fedepalma
CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO

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

Esta publicación cuenta
con el patrocinio del
Fondo de Fomento Palmero

Fotografía: archivo Fedepalma

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

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

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

Jens Mesa Dishington
Presidente Ejecutivo de Fedepalma

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
Carolina Gómez Celis

Comité Científico
Álvaro Campo Cabal, *Ph.D.*
Álvaro Silva Carreño, *Ph.D.*
Carlos Beltrán Roldán, *M.Sc.*
Fernando Munévar Martínez, *Ph.D.*
Luis Eduardo Zapata Munévar, *Ph.D.*

Coordinación Editorial
Ana Marcela Hernández Calderón

Responsable de Publicaciones
Yolanda Moreno Muñoz

Centro de Información y Documentación
Martha Helena Arango de Villegas

Traductor
Carlos Arenas

Diagramación
Fredy Johan Espitia B.

Impresión
Estudio 45-8 S. A. S.

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

Contenido

Editorial

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

Valor agregado

13 Innovación en el tratamiento de la fibra prensada de la palma de aceite mediante la separación de su fase granular
Innovation in the Treatment of Oil Palm Pressed Fiber through the Separation of its Granular Phase
Niño M. Andrés F., Cadena G. Omar, Pineda R. Julieth K., Latorre R. Sergio J., Rojas R. Oscar J., Durán S. Christian E., Mateus Luis A.

Memorias XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Acto de instalación

28 Retos y oportunidades de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia
Challenges and Opportunities of the Oil Palm Agribusiness in Colombia
Jens Mesa Dishington

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

Sesiones plenarias

39 Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente

How to Get 10 Tons of Oil per Hectare: Management Technologies of the Interspecific OxG Hybrids towards a Highly Efficient Production

Romero Hernán M., Ayala Iván M.

49 La calidad del aceite de palma como un nuevo reto para la palmicultura mundial

Palm Oil Quality as a New Challenge for Palm Cultivation Worldwide

Baena S. María A., García N. Jesús A., González D. Alexis, Mondragón Alexandra, Caballero B. Kennyher

65 Agua y nutrición: eficiencias necesarias frente al cambio y la variabilidad climática

Water and Nutrition: Necessary Efficiencies Facing of Climate Change and Variability

Arias Nolver A.

80 Validación de tecnologías a escala comercial: el salto peligroso de la tecnología

Scaling up Technologies: The Mortal Leap of Technologies

Mosquera-Montoya Mauricio

83 Retos para el fortalecimiento de la asistencia técnica y oportunidades en la producción de aceite de palma sostenible

Challenges for Strengthening Technical Assistance and Opportunities in the Production of Sustainable Palm Oil

Hinestroza C. Alcibiades, Baracaldo José L., Rodríguez Ana K., Obando M. Carolina

Módulo 1. Retos y oportunidades para la palmicultura colombiana: híbridos OxG y su procesamiento

91 Contribución al diseño de racimos con ácido α-naftalenacético (ANA)

Contribution to Bunch Design with α-naphthaleneacetic Acid (NAA)

Ochoa C. Iván E., Palacio M. Norberto

103 Diseño de fruta en cultivares OxG con el uso estratégico de ANA

Fruit Design in OxG Cultivars with the Strategic Use of NAA

Corredor M. Jorge E.

114 Polinización, criterios de cosecha y procesamiento del híbrido OxG en Palmas y Extractora Monterrey S. A.
Pollination, Harvest Criteria and Processing of the OxG Hybrid in Palmas and Extractora Monterrey S. A.
Niño E. Andrés, García P. Alejandra M., Pulido Á. Néstor F., Mendoza Jorge, Cruz Luis C., Torrecilla R. Enerilson

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

Módulo 2: Mejoras en planta de beneficio para incrementar calidad de aceite y sostenibilidad

125 Masa que pasa al digestor, una metodología para la toma de decisiones gerenciales durante el procesamiento de fruto de palma de aceite
Mass Going to Digester, a Methodology for Managerial Decision-making during Palm Oil Fruit Processing
Ossa M. Mario A.

133 Experiencia en el uso de tecnología TD-NRM en Unipalma S. A.
Experience in the Use of TD-NRM Technology in Unipalma S. A.
Sierra Z. Wilder F.

142 Relación de las demás presentaciones
Other Presentations

Otros

147 Premiación a los mejores pósteres de investigación
Award for the Best Research Posters
Fedepalma

150 Premio al Productor de Pequeña Escala con Mejor Productividad 2020
Award for the Small-Scale Producer with Best Productivity 2020
Enríquez C. Gabriel E., Beltrán G. Jorge A.

153 Resumen y conclusiones de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite
Overview and Concluding on the XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite
Beltrán G. Jorge A.

157 Expopalma

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.

Política editorial revista Palmas

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

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

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

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

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

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

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

Guía para la elaboración de artículos en revista Palmas

Presentación de artículos

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

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

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

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

Editorial Policy for Palmas Journal

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

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

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

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

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

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

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

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

Articles Submission

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

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

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

EDITORIAL

Balance 2020 del sector en un entorno de COVID-19

Hace un año no hubiéramos imaginado el cambio que tendría la humanidad con la aparición de la pandemia del COVID-19. En marzo de 2020 iniciamos en casi todo el mundo cuarentenas estrictas que tuvieron como prioridad preservar la salud y la vida, y mitigar el contagio y la propagación del virus, procurando el bienestar de los ciudadanos.

Ante esta situación, el sector agro recobró su importancia estratégica y las naciones entraron a revisar su autoabastecimiento y la seguridad alimentaria de su población, como ocurre en las crisis cuando se mira hacia la preservación de lo fundamental. En el caso del mercado internacional de aceites y grasas, la caída inicial de la demanda deterioró los precios internacionales en más de un 30 % entre enero y mayo de 2020, pero posteriormente se dio una recuperación inesperada de los mismos, a niveles récord en los últimos 8 años. Esto, por la reapertura de las economías en los principales países consumidores, una inesperada demanda de aceites vegetales en usos alimenticios y no alimenticios, y a que las producciones estuvieron por debajo de las expectativas, entre otros.

En el caso de Colombia, el sector palmero, al proveer un producto básico de la canasta familiar como el aceite de palma, continuó operando y priorizó los protocolos de bioseguridad que le permitieran su adecuado funcionamiento. En ese sentido, la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma) organizó una estrategia para la mitigación del impacto del COVID-19, para lo cual se nombró un Gerente *ad hoc* y se creó un comité técnico interdisciplinario y uno de implementación y seguimiento de las medidas, con la participación de todos los Núcleos Palmeros.

Apoyados en la normatividad nacional, se elaboraron 19 procedimientos que contemplaron toda la cadena de producción, de la mano de una estrategia de comunicación y de pedagogía, para asegurar el conocimiento y la apropiación de estas medidas de mitigación por parte de los 68 Núcleos Palmeros, más de 6.000 productores y alrededor de 189.000 empleados vinculados directa e indirectamente a la actividad de la palma de aceite en nuestro país. También se desarrolló la nueva plataforma de extensión de Cenipalma "Colombia Palmera en Línea", diseñada para facilitar el contacto con los palmicultores, a pesar de las limitaciones de la presencialidad.

Como resultado del trabajo conjunto entre Fedepalma, Cenipalma y los palmicultores se logró que los 68 Núcleos Palmeros mantuvieran su operación en 2020. Fue así como el área sembrada alcanzó más de 590.000 hectáreas; el mayor y mejor uso del ácido naftalenacético (ANA), regulador de crecimiento en los cultivares OxG, incrementó la extracción de aceite hasta en 26 %; la producción de aceite de palma estuvo alrededor de 1.559.000 toneladas, con un crecimiento de

2 % frente al año anterior; las ventas de aceite de palma en el mercado local llegaron a 848.000 toneladas, mostrando una tasa de crecimiento similar, razón por la cual el 55 % de la producción se destinó al mercado doméstico y el 45 % al de exportación.

Así mismo, el valor de la producción presentó un aumento de 32 %, llegando a 4,1 billones, por efecto de una devaluación del 12 % y a un incremento de los precios internacionales. Además, se registraron 75.402 empleos directos y 113.104 indirectos.

Igualmente, se evidenció un buen desempeño de la institucionalidad gremial, así como de la parafiscalidad palmera ante la crisis del COVID-19, logrando: la aprobación de la Interpretación Nacional de los Principios y Criterios de la RSPO; la firma del Acuerdo de Cofinanciación del Proyecto para la Sostenibilidad de la Agroindustria de Aceite de Palma entre Fedepalma, Cenipalma e IDH, con una inversión de $ 5.000 millones; la campaña de consumo de Aceite de Palma 100% Colombiano, que obtuvo un crecimiento significativo de participación de marcas vinculadas que alcanzaron el 26 % del mercado de aceites comestibles en el país; y la entrada en vigor de la mezcla de biodiésel de 2 % (B2) en marzo y 5 % (B5) en septiembre a la gran minería, con lo cual se espera una mayor demanda de aceite de palma en el mercado nacional.

Sin embargo, no todo fue tan positivo

En el segundo semestre se presentó una desaceleración de la producción de aceite de palma, debido en mayor medida a la presencia de plagas y enfermedades como la Pudrición del cogollo (PC), que afecta especialmente a los palmicultores del Magdalena, y la Marchitez letal (ML) que afecta a los de la Zona Oriental, las cuales históricamente han implicado pérdidas económicas importantes. Se estima que entre 2009 y 2020 son cerca de USD 3 billones.

De otro lado, Fedepalma continuó gestionando ante el Gobierno la aprobación de la propuesta de universalización de las operaciones del FEP Palmero a todas las ventas en el mercado local, para resolver las perforaciones que enfrenta este mecanismo. Así mismo, se solicitaron ajustes en materia de regulación de precios del biodiésel; continuaron las acciones de diplomacia comercial, dadas las iniciativas de política comercial en Europa que buscan disminuir la demanda de aceite de palma en biodiésel y las de carácter privado que, a través de etiquetados, estigmatizan el consumo de aceite de palma en alimentos, desconociendo que este también se produce de manera sostenible y que la ingesta de grasas es fundamental para la salud y la nutrición humana.

Finalmente, vale la pena destacar que en el marco de esta difícil situación derivada de la pandemia del COVID-19, las empresas palmeras colombianas, bajo el marco de la estrategia de solidaridad palmera y del Fondo de Solidaridad Palmero de Fedepalma, entregaron más de $ 4.000 millones, en una acción que estuvo concentrada en donaciones de aceites comestibles y apoyos para mejorar las condiciones de salud de las comunidades vulnerables en las regiones palmeras, en 2020.

Sin duda, el COVID-19 dejó muchos aprendizajes en lo gremial y en lo sectorial, pero también nos demostró que contamos con una institucionalidad gremial, un tejido empresarial fuerte y una actividad productiva resiliente con buenos mercados, cuyos productos son demandados por los consumidores todos los días.

2020 Balance of the Sector in a COVID-19 Environment

A year ago, we would not have imagined how the emergence of COVID-19 as a pandemic would change humanity. In March 2020, we initiated strict lockdowns almost everywhere globally, with the priority of preserving health and life and mitigating the contagion and spread of the virus while ensuring citizens' well-being.

Faced with this situation, the agricultural sector regained its strategic importance. Countries began to examine their self-sufficiency and the food security of their people, as in crises preserving the fundamentals becomes a priority. In the international market for oils and fats, the initial drop in the demand caused the international prices to drop more than 30% between January and May of 2020. There was a spontaneous recovery, however, to record levels in the last eight years. This resulted from reopening economies in the main consumer countries, an unexpected demand for vegetable oils in food and non-food uses, and because the output was below expectations, among others.

In the case of Colombia, the oil palm sector, which supplies an essential product for the basket of goods, continued working and prioritized biosafety protocols for its adequate operation. In this regard, the National Federation of Oil Palm Growers (Fedepalma) organized a strategy to mitigate the impact of the COVID-19 pandemic, including the appointment of an *ad hoc* manager, the creation of a multidisciplinary technical committee and a committee to implement and monitor the measures, with the participation of all palm-growing hubs.

Based on the national regulations, we developed 19 procedures that covered the entire production chain and a communications and pedagogical strategy to ensure that the 68 palm-growing hubs, over 6,000 producers, and around 189.000 direct and indirect employees in oil palm activities in Colombia learned and adopted these mitigation measures. We also developed "*Colombia Palmera en Línea*," Cenipalma's new outreach platform, designed to facilitate contact with palm growers despite the limitations on face-to-face encounters.

As a result of the joint work between Fedepalma, Cenipalma and palm growers, 68 Palm hubs maintained their operations throughout 2020. Thus, the sown area reached over 590,000 hectares; the greater and better use of naphthaleneacetic acid (NAA), a growth regulator in OxG cultivars, increased oil extraction by up to 26%; the production of palm oil grew about 2% from last year, for a total output of approximately 1,559,000 tons; palm oil sales in the local market reached 848,000 tons, showing similar growth. Therefore, 55% of the production went to the domestic market and 45% to the export market.

The production value increased by 32% to COP 4.1 trillion due to a 12% devaluation and higher international prices. Furthermore, records showed 75,402 direct and 113,104 indirect jobs in the sector.

The institutional performance of the trade association and the palm parafiscal system in the face of the COVID-19 crisis was also good. The actions included the approval of the National Interpretation of the RSPO Principles & Criteria; the singing of the Agreement to Co-finance the Project for the Sustainability of the Palm Oil Agribusiness between Fedepalma, Cenipalma and IDH, with a COP 5 billion investment; the campaign to promote the consumption of 100% Colombian Palm Oil, which experienced significant growth in the participation of related brands, reaching 26% of the edible oils market in Colombia; and the enactment of the 2% (B2) and 5% (B5) biodiesel blends in March and September, respectively for the mining sector, which is expected to increase demand for palm oil in the domestic market.

There were some bad news, however

The palm oil production decreased during the second half of the year, primarily due to pests and diseases such as bud rot (BR), which especially affects palm farmers in Magdalena, and lethal wilt (LW) in the Eastern Zone, which have historically led to significant economic losses. Between 2009 and 2020, it is estimated to be close to USD 3 billion.

On the other hand, Fedepalma continued to lobby the government to approve the proposal to universalize the operations of the Price Stabilization Fund for all sales in the domestic market to solve the difficulties faced by this mechanism. Likewise, adjustments were requested to the biodiesel prices regulation; commercial diplomacy actions continued, given the commercial policy initiatives in Europe that seek to reduce the demand for palm oil in biodiesel and private initiatives that, through labeling, stigmatize the consumption of palm oil in food, ignoring that palm oil is also produced sustainably and that the intake of fats is essential for human health and nutrition.

Finally, it is worth noting that in the context of this challenging situation derived from the COVID-19 pandemic, Colombian oil palm companies, within the framework of the palm solidarity strategy and Fedepalma's Palm Solidarity Fund, delivered over COP 4 billion in an action that focused on donations of edible oils and economic support to improve the health conditions of vulnerable communities in palm regions in 2020.

The COVID-19 pandemic certainly taught us many lessons in terms of the trade association and the sector. Still, it also showed us that we have a strong institution and business fabric, and a resilient and productive activity with good markets whose products are demanded by consumers every day.

ESTAMOS TRABAJANDO POR CONSOLIDAR Y POSICIONAR LOS ATRIBUTOS QUE DIFERENCIAN NUESTRO PRODUCTO

Principios del Aceite de Palma Sostenible de Colombia*

1. Agroindustria productiva, competitiva y resiliente
2. Uso adecuado y eficiente del suelo, el agua y la energía
3. Cero deforestación y no reemplazo de AVC
4. Palmicultura armónica con su entorno natural y la biodiversidad
5. Prevención y mitigación de la contaminación ambiental
6. Generación de valor a partir de la biomasa
7. Trabajo decente y derechos de los trabajadores
8. Esquemas de suministro responsable y negocios inclusivos
9. Relacionamiento responsable con comunidades y protección de derechos humanos
10. Comportamiento ético, legal y transparente

* Condiciones que enmarcan la producción palmera colombiana y que se despliegan con la aplicación de las mejores prácticas productivas, ambientales y sociales

PROGRAMA DE ACEITE DE PALMA SOSTENIBLE DE COLOMBIA

Innovación en el tratamiento de la fibra prensada de la palma de aceite mediante la separación de su fase granular*

Innovation in the Treatment of Oil Palm Pressed Fiber through the Separation of its Granular Phase

Citación: Niño-M., A. F., Cadena-G., O., Pineda-R., J. K., Latorre-R, S. J., Rojas-R., O. J., Durán-S., C. E. & Mateus-J., L. A. Innovación en el tratamiento de la fibra prensada de la palma de aceite mediante la separación de su fase granular. *Palmas, 42*(1), 29-42.

Palabras clave: Plantas beneficio de aceite de palma, Valorización de subproductos, Fibra de mesocarpio prensada, Alimentación de ganado bovino y NutPalm.

Keywords: Palm oil mill, By-product recovery, Oil palm fiber, Cattle feed, NutPalm.

* Artículo de investigación científica y tecnológica.

Recibido: julio de 2020.
Aprobado: septiembre de 2020.

Niño M. Andrés F.
Departamento de I+D+i, Phina Biosoluciones S. A. S.

Cadena G. Omar
Gerencia General, Phina Biosoluciones S. A. S.

Pineda R. Julieth K.
Unidad de Innovación, Penagos Hermanos S. A. S.

Latorre R. Sergio J.
Unidad Científica, Nutratech S. A. S.

Rojas R. Oscar J.
Departamento de Diseño e Ingeniería, Phina Biosoluciones S. A. S.

Durán S. Christian E.
Unidad de Innovación, Penagos Hermanos S. A. S.

Mateus Luis A.
Departamento de I+D+i, Phina Biosoluciones S. A. S.

Resumen

El sector palmicultor es un renglón importante en la economía colombiana, siendo el fruto de la palma de aceite la principal materia prima en el proceso industrial de extracción de aceite rojo o de palma, que a su vez genera subproductos como la fibra de mesocarpio. Este es uno de los principales residuos del proceso, el cual durante años ha sido ignorado por la industria, lo que representa costos logísticos para su disposición final y afecta de manera negativa al medio ambiente. Sin embargo, a partir de la investigación desarrollada por Phina Biosoluciones S. A. S. y Agroince Ltda. se creó y patentó un proceso de separación de la fracción granular de la fibra de

mesocarpio denominado NutPalm. A partir de los resultados obtenidos se validó que esta tecnología agrega valor, pues transforma en materia prima para alimentación animal hasta un 60 % del flujo másico de la fibra que se dispone en campo, convirtiéndose en una nueva fuente de ingresos para las plantas de beneficio y en una alternativa para la disminución del impacto ambiental sobre el ecosistema de las plantaciones.

En este sentido la presente investigación se realiza con la finalidad de demostrar que la fracción granular proveniente de la fibra de mesocarpio prensada de palma de aceite puede ser utilizada en la alimentación animal obteniendo resultados competitivos.

Abstract

The palm sector is one of the most influential in the Colombian economy, the fruit of the oil palm is the main raw material in the industrial process of extraction of palm oil, that processes high quantities of raw material that in turn generate by-products. Such as mesocarp fiber, one of the main residues of the process, which for years has been ignored by the industry, the fiber represents logistical costs for its final disposal and negatively affecting the environment. However, the research carried out by Phina Biosoluciones S. A. S. and Agroince Ltda., a process for separating the granular fraction of the mesocarp fiber called NutPalm they could create and patent a new process. From the results obtained, it was validated that the technology adds value, transforming up to 60% the mass flow of the fiber available in the field into raw material for animal feed, it became a new source of income for palm extraction plants of oil and an alternative to reduce the environmental impact on the plantation ecosystem.

In this sense, the present investigation was carried out in order to demonstrate that the granular fraction from the pressed mesocarp fiber of the oil palm can be used in animal feed, obtaining competitive results.

Introducción

La industria palmera se desarrolla en diferentes países de África, América y Asia, siendo uno de los cultivos de mayor producción de aceite por hectárea sembrada en el mundo, lo que permite vincular a diferentes poblaciones dentro del proceso productivo y, de igual modo, favorece el incremento efectivo de los productos y residuos provenientes del proceso de extracción de aceite (Fedepalma, 2015). Estos factores han contribuido al crecimiento del número de cultivos, de la cantidad de plantas de beneficio en operación y del aceite rojo.

Colombia es uno de los principales productores mundiales de aceite donde existen 64 plantas de beneficio, las cuales son las encargadas de obtener el aceite crudo, utilizando el fruto de la palma *Elaeis guineensis* como materia prima (Aldana y Crespo, 2018). En el proceso de extracción se generan cantidades significativas de subproductos que no son aprovechados en su totalidad, por lo tanto, para la mayoría de plantas se han convertido en una fuente de residuos que afectan de manera negativa el medio ambiente y generan costos de disposición que disminuyen la productividad y la competitividad del sector.

Es el caso particular de la fibra de mesocarpio, la cual se ha destacado por su capacidad calorífica, lo que le ha permitido convertirse en el principal combustible orgánico que alimenta las calderas productoras de vapor y energía de cualquier planta de beneficio, y que además, contiene características bromatológicas que podrían ser aprovechadas en la alimentación de rumiantes, pero que en este caso presenta una deficiencia nutricional relacionada con la dificultad para ser digerida debido a los niveles de pared celular y a su contenido de nitrógeno (Beltrán, 1999).

Teniendo en cuenta los ejemplos anteriores, diferentes actores del sector de la palma de aceite han buscado aprovechar algunos de sus subproductos. Es así como la empresa de base tecnológica Phina Biosoluciones S. A. S. y Agroince Ltda., a partir de varias investigaciones, decidieron crear el proceso de obtención del NutPalm, un material granular obtenido a partir de la fibra prensada, que busca agregar valor a un subproducto a través de su uso en la suplementación animal, en el caso puntual de esta investigación, en la alimentación de ganado bovino. Esto se ha traducido en oportunidades de negocio sostenible y procesos de producción limpia para la agroindustria de la palma de aceite.

Debido a su carácter inventivo y a su impacto social, económico y ambiental en el sector palmero, la tecnología para la obtención de NutPalm ha sido cofinanciada por actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) como el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) Estratégica de Oriente y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), fortaleciendo con esto el proceso de maduración de esta tecnología.

Metodología

El *Design Thinking* o pensamiento de diseño ha sido considerado un proceso útil en diferentes disciplinas: en el sector manufacturero, en el diseño de nuevos productos (Lockwood, 2010), en la gestión de la práctica legal, en la banca, en el desarrollo de *software*, en el diseño de nuevos dispositivos electrónicos, en la gestión del *Big Data*, en la aeronáutica, en las telecomunicaciones, en el sector alimenticio, en el energético, en el farmacéutico, en la agroindustria (Purnomo, Bunyamin, Nawawi, Danuwidjadja y Izzatulloh, 2020) y en procesos orientados a la innovación social. En general, se ha integrado en la práctica de la gestión organizativa, convirtiéndose en una herramienta clave en el contexto empresarial, al influenciar el diseño de estrategias de desarrollo social y tecnológico.

De acuerdo con Brown (2018) pensar como un diseñador puede transformar la forma en que se desarrollan los productos, servicios y procesos. El pensamiento de diseño se realiza de manera iterativa y no lineal en tres etapas: 1) entender las circunstancias, ya sean un problema o una oportunidad, que motiva la búsqueda de soluciones; 2) idear o explorar el proceso de generar, desarrollar y probar ideas que pueden conducir a soluciones; y 3) implementar o materializar, el trazado de una ruta al mercado (Brown, 2018; Macedo y Casarotto Filho, 2015).

En coherencia con lo anterior, el pensamiento de diseño es una herramienta aplicable en la creación de nuevos productos y procesos relacionados con las grasas y aceites, la alimentación animal, el manejo de residuos y la agroindustria en general, por este motivo la metodología para la investigación se fundamentó estructuralmente en la filosofía *Design Thinking*, planteándose tres etapas generales para el desarrollo del proyecto: 1) entender, 2) explorar y 3) materializar (Figura 1). Cada una tiene asociado el cumplimiento de los objetivos de investigación, así como las herramientas y los conceptos técnicos obtenidos como resultado de la revisión bibliográfica.

Para la primera etapa: entender, se realizó una fase de inmersión dentro del proceso de extracción de la palma de aceite. A partir de la observación se identificó la heterogeneidad de la fibra prensada, por tanto, se tomaron muestras de diferentes plantas de beneficio del país, incluyendo tres que utilizan como materia prima únicamente fruta proveniente de materiales *guineensis* y dos que procesan variedades OxG. Posteriormente, se realizaron pruebas preliminares de laboratorio y se obtuvieron manualmente muestras de la fracción granular de la fibra proveniente de cada planta. Adicionalmente, se realizó una revisión bibliográfica que facilitó tanto la comprensión de los procesos, los subproductos, los posibles usos, así como su composición teórica.

En la segunda etapa: explorar, se revisó la posibilidad de separar la fracción granular de la fibra a mayor escala, a través del diseño y construcción de prototipos manuales y mecanizados para extraer el material a grandes volúmenes, luego de realizar pruebas nutricionales y utilizarlo como materia prima en la producción de fórmulas alimenticias o concentrados.

En la etapa final: materializar, una vez se identificaron los componentes nutricionales del NutPalm, como se le denominó a la fracción granular de la fibra, se procedió al desarrollo de pruebas de palatabilidad y ganancia en peso de bovinos, utilizando suplementos a base del mismo.

Figura 1. Estructura metodológica: diseño del proyecto de investigación centrado en el pensamiento de diseño o *Design Thinking*

Resultados

El fundamento teórico del proyecto se deriva principalmente de documentación científica indexada en Scopus, la base de datos consultada. Para el estudio de los documentos se definió un protocolo de revisión de literatura, siguiendo la metodología de Randolph (2009), la cual orientó el análisis de los resultados y la identificación del marco de referencia, que se dividió en tres aspectos: subproductos de palma de aceite, tratamientos de la fibra de mesocarpio y suplementación con subproductos derivados de la industria del aceite de palma. La ecuación seleccionada ((feed*OR nutrition OR supplement* OR bolster OR give OR maintain OR nourish OR provide OR supply OR satisfy OR fatten OR nurture) AND (products OR byproducts OR derivative OR offshoot) AND ("oil palm" OR "palm oil") AND (bovine OR beef OR cattle)) permitió obtener 53 artículos, a los cuales se les realizó una prueba de calidad al leer títulos, resumen y conclusiones, quedando para el análisis completo un total de 13 que abordaban la temática de interés y algunos que se añadieron mediante la técnica bola de nieve.

De acuerdo con lo identificado en las bases de datos, la palma africana es uno de los cultivos de mayor expansión en el mundo, con un crecimiento promedio anual de área cultivada por encima del 5 %, durante los últimos 5 años. En 2017, se produjeron 67 millones de toneladas de aceite de palma, aproximadamente, según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, siendo Indonesia, Malasia y Tailandia los principales productores con un 88,5 % del total. La palma de aceite da el segundo tipo de aceite con mayor volumen de producción y es la planta más productiva del planeta, una hectárea sembrada genera entre 6 y 10 veces más aceite que las demás oleaginosas (Aldana y Crespo, 2018).

En Colombia, existen aproximadamente 64 plantas de beneficio, las cuales suman una capacidad instalada de alrededor de 6.049 toneladas de racimos de fruta fresca (RFF)/hora (Aldana y Crespo, 2018). A medida que se incrementa la producción de RFF en dichas plantas, aumenta el volumen de desechos o subproductos, los cuales requieren de un tratamiento para reducir la contaminación ambiental generada por la descomposición de los residuos (Aldana y Crespo, 2018).

Los RFF de la palma de aceite son la materia prima principal en el proceso de extracción de aceite rojo o de palma, este genera corrientes de subproductos sólidos y líquidos que representan hasta un 80 % del peso sobre RFF, algunos de los subproductos orgánicos más representativos son el raquis o tusa (racimos vacíos), los efluentes líquidos, la fibra de mesocarpio prensado o fibra de fruta (FF), las cenizas, la harina o torta de palmiste y los efluentes líquidos.

Los RFF se esterilizan, desfrutan y prensan para extraer el aceite, dejando así 20 kg de raquis y 14 kg de mesocarpio prensado o fibra de fruta por cada 100 kg de RFF que ingresan al proceso (García *et al*., 2010). A partir de lo anterior, se evidencia que en términos de volumen, uno de los principales retos de la industria es el manejo de la fibra, por tanto, se convierte en el foco de análisis de las investigaciones de Phina Biosoluciones S. A. S. y Agroince Ltda.

La fibra de mesocarpio prensada se genera al someter los frutos de la palma a altas presiones con el uso de prensas de tornillo, con lo cual, se extrae el aceite rojo y se obtiene como subproducto la pulpa seca o fibra de mesocarpio. Esta representa entre el 11 % y el 17 % sobre RFF y es utilizada generalmente como combustible de las calderas de vapor (Wambeck *et al*., 2005).

Las necesidades de vapor en una planta de beneficio se satisfacen con la combustión del 50 % de la fibra, y el 50 % restante generalmente es dispuesta en campo con la finalidad de liberar sus nutrientes, supliendo las necesidades nutricionales del suelo (Wambeck *et al*., 2005; Calimán *et al*., 2001); sin embargo, las investigaciones han identificado deficiencias microbianas, que conllevan a tiempos de proceso de hasta 1 año y bajos porcentajes de fijación de nutrientes en el suelo, es decir, no se cumple el objetivo de fertilización (Chiew, 2013; García, 2010). Entonces se concluye que la disposición es un proceso inviable debido a que no agrega valor al suelo y sí representa costos asociados al transporte y a la mano de obra para su disposición final.

Otras alternativas utilizadas para tratar la fibra han sido el compostaje, la amonificación (Cuesta, 2000) y el consumo directo de la fibra para alimentación animal en razón a su apariencia similar a pastos secos; sin embargo, estas alternativas no han logrado posicionarse en la práctica debido principalmente a: 1) las grandes inversiones que requiere una planta de compostaje, 2) las altas temperaturas de la fase exotérmica del proceso que limita el crecimiento de distintas clases de bacterias que tienen la capacidad de metabolizar la lignina y celulosa presente en la fibra y 3) el elevado contenido de fibra cruda y lignina que hacen lenta e ineficiente la digestión de la fibra (García, 2010).

Según Cuesta (2000) la amonificación apunta a ser una solución al problema de digestibilidad, pues en dicho proceso se mezcla la fibra con sustancias nitrogenadas como la urea (en concentraciones entre el 5 al 10 %) o el sulfato de amonio (entre 10 al 15 %). Esta mezcla fibra-nitrógeno aumenta la calidad nutricional en 20 % y la digestibilidad en la fibra en 40 %, pues al elevar el nitrógeno dentro del cuerpo del animal facilita el crecimiento microbiano relacionado con el rumen bovino y el aprovechamiento de nutrientes (a mayor desarrollo microbiano, mayor velocidad de descomposición del material fibroso).

A pesar de los resultados obtenidos, la tecnología no ha logrado ser escalable a un entorno relevante debido a que el mezclado mecánico de la fibra prensada con las sustancias nitrogenadas implica altas inversiones, que han hecho inviable la llegada de esta tecnología al mercado (Cuesta *et al.*, 2000).

En paralelo, se ha identificado un aumento en la demanda de proteína animal como alimento para humanos (FAO, 2019; Devendra, 2011), por esta razón, se busca identificar nuevas fuentes de alimentación que suplan los volúmenes que se requieren de ganado bovino, porcino, avícola, entre otros.

Debido a la tolerancia de niveles superiores del 20 % de fibra cruda, los rumiantes han sido el mercado objetivo de la industria de aceite, que apunta a ser el mayor oferente de la materias primas para alimentación animal en continentes como Asia y Oceanía, debido al volumen, costo y calidad de subproductos orgánicos que genera, con los cuales, se ha logrado diseñar y probar dietas conformadas por hasta un 85 % (de composición másica) de subproductos de la palma en una solución viable para la alimentación de rumiantes (Institut Penyaledikan Minyak Kelapasawit Malaysia, 1992).

Adicionalmente, Durán *et al.* (1990) y Durán (1994) también afirmaron que utilizar los subproductos del procesamiento de extracción de aceite como fuente energética en programas de alimentación animal, en el caso de los cerdos de engorde, ha demostrado ser viable y presenta ventajas económicas, a causa de que existe la necesidad de alimentar una población creciente y esto ha generado una presión constante en las producciones con animales, la cría industrial de pollos, cerdos y peces que están en continua expansión y su crecimiento depende en una gran proporción de la disponibilidad de fuentes de proteínas (Caruso *et al*., 2014).

En coherencia con lo anterior y como se ha descrito previamente, se han desarrollado diversas metodologías para tratar o agregar valor a la fibra. Una de las soluciones no exploradas ha sido la separación de la fracción granular de la fibra de mesocarpio denominada NutPalm, con la cual, se obtiene un insumo con características bromatológicas, comerciales y físicoquímicas, comparables con la torta de palmiste. Esta última, es un subproducto utilizado frecuentemente en la alimentación de ganado bovino en Colombia y en otras partes del mundo donde la industria hace presencia.

Según Nugi (2018) en Papúa Nueva Guinea, país de donde se originó la palma africana, al utilizar la metodología de ciclo pastoreo en híbridos de ganado Droughtmaster y Brahman se utilizan fórmulas de alimentación donde la torta de palmiste representa entre un 70 % y 80 % de la composición, desplazando a otras materias primas de la agroindustria local como la cascarilla de arroz, la pulpa de café y las moliendas de trigo y cacao, debido a su competitividad en precio, volumen y rendimientos.

Con esta investigación fue posible concluir que el desarrollo de la tecnología de separación de la fracción de fibra de mesocarpio (obtención de NutPalm) agrega valor a cerca del 30 % del flujo de la fibra total, convirtiéndola es una fuente de alimentación alternativa para la industria de producción animal. En la primera etapa de la investigación se realizó una fase de inmersión dentro del proceso de extracción de la palma de aceite, y a partir de la observación se identificó que la fibra de mesocarpio prensada era una mezcla sólida heterogénea, es decir, este subproducto estaba conformado por hebras de tejido vegetal y celdas que almacenaban aceite; estas últimas estaban presentes en la pulpa del fruto, tenían un aspecto granular, sabor dulce y apariencia aceitosa.

Se tomaron muestras de NutPalm de cinco plantas de beneficio del país; aprovechando su naturaleza granular, densidad y tamaño de partícula, fue posible obtenerlas a través del uso de mallas de filtro de cocina (primer prototipo manual a escala de laboratorio). Posteriormente, estas fueron analizadas bromatológicamente y comparadas con la fibra de mesocarpio en términos de contenido de humedad, ceniza, grasa, proteína cruda, fibra cruda, fibra en detergente ácido (FDA) y fibra en detergente neutra (FDN). Lo anterior se realizó teniendo en cuenta que la caracterización nutricional de un producto dirigido a la alimentación animal se desarrolla principal e inicialmente mediante análisis bromatológicos, por esta razón, se contrataron los servicios tecnológicos de un laboratorio de alimentos certificado (Laboratorio de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos (CICTA), acreditado según el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia), que ha diseñado cada uno de sus experimentos, según la normativa NTC 1363 del 2017. De igual manera, la selección de muestras se realizó tomando como base las metodologías de muestreo de sólidos presentes en el *Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio* de Cenipalma, de acuerdo con esto se consideró que cada muestra era representativa y aleatoria.

Los datos obtenidos, tanto para el NutPalm extraído como para la fibra prensada, fueron promediados y tabulados para su análisis (Tabla 1), lo que evidenció que el material granular presentaba un mayor contenido de grasa y proteína respecto a la fibra de mesocarpio, así como, valores inferiores de fibra cruda, FDA y FDN. Lo anterior permitió concluir que era un material con alto potencial de uso debido a su velocidad de degradación y propiedades nutricionales. De forma análoga, se tomaron muestras de torta de palmiste en cuatro de las cinco plantas de beneficio para analizar su comportamiento nutricional en términos de contenido de humedad, cenizas, grasa, proteína cruda, fibra cruda, carbohidratos totales y valor calorífico, los resultados de dichos análisis fueron promediados y comparados con el NutPalm (Tabla 2).

El resultado de las pruebas bromatológicas y el uso tradicional de la torta de palmiste como materia prima para alimentación bovina permitió inferir que el NutPalm podía tener un aprovechamiento similar, por tanto, se dio continuidad a la segunda etapa de la investigación donde se exploraron y desarrollaron prototipos y pruebas para validar su comportamiento a mayor escala; de acuerdo con esto, se continuó la investigación realizando pruebas de granulometría con las diferentes muestras de fibra prensada.

Para lo anterior, se utilizó una zaranda mecánica para estratificar las sustancias, identificar las fracciones másicas presentes en la fibra de mesocarpio y determinar la representatividad del NutPalm sobre el

total del caudal de fruta procesada para cada una de las plantas de beneficio analizadas. Como resultado, se determinó que el material granular en base húmeda del 30 % podía representar entre 18 % a 38 % total de la fibra de mesocarpio prensada, o entre un 2,4 % a 4,4 % del total de un RFF (Tabla 3).

Tabla 1. Comparativo de datos bromatológicos promedio para el material granular NutPalm separado a mano y la fibra de mesocarpio prensado

Resultados promedio del análisis bromatológico				
Parámetros	Fibra mesocarpio	Desviación estándar	NutPalm	Desviación estándar
% humedad	20,6	4,43	12,84	3,21
% ceniza	4,9	2,12	10,23	2,87
% grasa	4,1	1,67	10,91	3,45
% proteína	5,9	1,98	9,07	1,28
% fibra cruda	31,7	4,67	22	4,12
% FDN	66	6,4	43	3,6
% FDA	42	5,2	34	3,1

Tabla 2. Análisis bromatológico NutPalm separado a mano vs. torta de palmiste

Resultados promedio del análisis bromatológico				
Parámetros	Torta de palmiste	Desviación estándar	NutPalm	Desviación estándar
% humedad	9,5	1,12	12,84	3,21
% ceniza	5,21	1,88	10,23	2,87
% grasa	9, 12	1,5	10,91	3,45
% proteína	12,5	2,25	9,07	1,28
% fibra cruda	20	10,67	22,3	4,12
Carbohidratos totales	45	4,78	56,95	6,81
Valor calorífico (kcal/100g) energía bruta	359,02	30,12	362,27	27,81
Energía aprovechable (kcal/100 g)	253,47	30,12	243,97	27,81

Tabla 3. Resultados prueba granulometría granulada presente en fibra de mesocarpio

Granulometría promedio								
Tamiz 1	Desviación estándar	Coeficiente de desviación	Tamiz 2	Desviación estándar	Coeficiente de desviación	Tamiz 3	Desviación estándar	Coeficiente de desviación
38,21 %	4,56	10,46 %	33,18 %	5,32	16,03 %	18,07%	2,19	12,11 %

Al evidenciar la representatividad de NutPalm sobre el flujo total de fibra, se decidió nuevamente validar las propiedades bromatológicas del material en conjunto con la empresa Agroince Ltda. Se tomaron 30 muestras de mayor volumen (1.300 kg en promedio de fibra prensada diariamente). Para lo anterior se desarrolló un prototipo de sistema de extracción manual (segundo prototipo manual) conformado por dos tamices tipo angeo ubicados en serie y con calibre de malla distinto, con el cual, se separó el granulado para posteriormente ser expuesto a la radiación solar con el fin de secar el material. De esta manera fue posible elevar la cantidad de fibra analizada (40 kg de granulado en promedio/día durante un mes), disminuir el tiempo de separación de mayores caudales y aumentar tanto la frecuencia como el tiempo de muestreo.

Al subir la cantidad de la muestra se validó que las propiedades bromatológicas obtenidas inicialmente en el granulado no presentaban cambios significativos (Tabla 4). Con este resultado, se decidió prototipar un nuevo sistema de mayor capacidad y de funcionamiento autónomo.

Debido a que se desconocía la aceptabilidad en términos de ganancia en peso y palatabilidad del material granulado en animales bovinos (en el mercado potencial del NutPalm), se determinó que era necesario diseñar un prototipo a mayor escala que permitiera validar las propiedades nutricionales, así como, tener el insumo suficiente para realizar pruebas de palatabilidad en animales.

Derivado del análisis de los distintos equipos de separación diseñados por los investigadores, se seleccionó el tambor clasificador para ser instalado en la planta de Agroince Ltda. y de esta manera tratar el flujo de fibra residual, es decir, procesar la fibra sobrante del flujo una vez el 50 % de la misma se hubiera utilizado en la caldera de vapor.

Dentro del tambor se genera un movimiento angular que transporta la fibra de forma tangencial por la superficie cilíndrica constituida por láminas perforadas; el movimiento del tambor eleva y choca la fibra de mesocarpio contra el cilindro produciendo una separación por diferencia de tamaños de partícula similar a la función de los tamices en el segundo prototipo. En este tercero, de forma mecánica se procesaron 120 kg granulado/hora y este último presentó un mayor porcentaje de impurezas respecto a lo obtenido en los anteriores debido a la velocidad de giro del tambor.

De acuerdo con los resultados del tercer prototipo se decidió analizar el impacto de las impurezas en las propiedades bromatológicas del granulado a partir de muestras puntuales del material, con lo cual se evidenció que existe una relación directamente proporcional entre el porcentaje de impurezas y contenido de cenizas, fibra cruda, FDN, FDA. Por otra parte se observa una leve relación inversa entre el porcentaje de

Tabla 4. Análisis bromatológico material granular separado con el segundo prototipo manual (tamices)

Resultados promedio de análisis bromatológico		
Parámetros	**Muestra 1 NutPalm**	**Desviación estándar**
% humedad	10,64	1,91
% ceniza	10,31	1,12
% grasa	7,21	0,87
% proteína	8,47	1,75
% fibra	27,81	0,87
Carbohidratos totales	64,73	3,4
Valor calorífico (kcal/100 g)	347,25	12,3
Energía metabolizable kcal/100 g)	212,56	12,3

impurezas y las propiedades nutricionales de mayor relevancia (% proteína cruda y % grasa) (Tabla 5).

Adicional a lo anterior, se decidió realizar un cuarto prototipo al tratar de disminuir el porcentaje de humedad del granulado, ya que concentraciones superiores al 10 % de humedad promovían el crecimiento de microorganismos que descomponían el material, por este motivo, se diseñó, construyó y puso en marcha un sistema de secado.

Una vez probado en diferentes momentos del día y bajo la variabilidad de las condiciones climatológicas del municipio de San Martín-Cesar, ubicación de la planta extractora Agroince, se logró obtener la humedad requerida para el almacenamiento de alimentos para animales. Dentro del análisis se tomaron tres muestras compuestas de NutPalm para cada corrida de secado, de igual manera se realizaron dos corridas por intervalo de tiempo analizado (Tabla 6).

Tabla 5. Análisis bromatológico de material granular con diferentes porcentajes de impurezas

Resultados del análisis bromatológico a diferentes porcentajes de impurezas				
Impurezas	5 %	10 %	15 %	20 %
% humedad	36,76	36,55	36,12	36,2
% ceniza	7,6	8,9	9,1	9,6
% grasa	10,54	10,32	10,21	9,87
% proteína	9,65	9,12	9,08	8,87
% fibra cruda	22,12	23,14	23,45	24,12
% FDN	43,12	43,22	44,12	47,65
% FDA	34,21	34,65	35,12	36,54

Tabla 6 . Análisis de humedad material granular después del sistema de secado

Análisis de humedad promedio en NutPalm húmedo y seco					
Muestra	**Hora**	**Humedad promedio inicial**	**Desviación estándar**	**Humedad promedio final**	**Desviación estándar**
1	2:00 p. m.	39,45	2,43	9,87	1,03
2	2:00 p. m.	39,21	2,67	9,78	0,87
3	4:00 p. m.	39,23	2,87	9,89	0,92
4	4:00 p. m.	38,78	3,12	9,91	1,21
5	6:00 p. m.	38,65	2,87	9,87	0,93
6	6:00 p. m.	38,89	2,77	9,83	1,32
Promedio	NA	39,04	2,78	9,86	1,05

En la etapa final de la investigación, se identificaron los componentes nutricionales de la fracción granular y se logró obtener el volumen suficiente (120 kg/hora) para pruebas en bovinos, se procedió a materializar el producto mediante el desarrollo de pruebas de palatabilidad y ganancia en peso de estos animales.

Considerando que el eficiente crecimiento metabólico de un bovino está influenciado por el consumo de forraje y suplementos nutricionales balanceados, fue necesario diseñar fórmulas alimenticias que cumplieran con las demandas y estuviesen compuestas por materias primas derivadas de la agroindustria de la palma (Tabla 7). En el suplemento diseñado para animales de engorde o ceba se utilizó cerca de un 70 % de granulado NutPalm mezclado con torta de palmiste y un 15 % de aceite rojo de palma, para un total de 85 % de la mezcla compuesta por derivados del proceso de extracción de aceite de palma.

De acuerdo con los balances teóricos realizados, la fórmula diseñada aportaba un 15 % de proteína y 3.092,6 kcal de energía, sin embargo, el análisis bromatológico evidenció que el suplemento presentaba un mayor valor energético al teórico y menores contenidos de proteína de lo esperado (Tabla 8).

Tabla 7. Composición suplemento para ceba

Materia prima	%	% proteína	kcal
Harina de despojos	5%	34,0 %	2.900
Torta	37 %	12,0 %	2.300
Urea	2,5 %	187,5 %	0
NutPalm	38,3 %	9,0 %	2.200
Minerales	0,0 %	0,0 %	0
Aceite	15 %	0,0 %	7.800
Azufre	0,1 %	0,0 %	0
Glicerol	2 %	0,0 %	4.200
Total	100 %	15,0 %	3.092,6

Tabla 8. Análisis bromatológico suplemento ceba

Análisis bromatológico	
Parámetros	Ceba
% humedad	26,45
% ceniza	7,57
% grasa	14,86
% proteína	13,45
% fibra cruda	10,13
Carbohidratos	44,19
Valor calórico	3.130
Energía metabolizable kcal/100 g)	3.099

Resultados en campo

Para la experimentación con bovinos se contó con el soporte técnico y logístico de una empresa agroganadera de la región del Magdalena Medio, la cual permitió alimentar un lote de animales de engorde con el suplemento diseñado en esta investigación y compararlo con otro grupo que fue alimentado con su fórmula de concentrado habitual. La empresa suplementaba la alimentación de sus animales con 2 kilos de concentrados alimenticios diarios conformados por una base de pollinaza de hasta el 70 % (Tabla 9), históricamente la ganancia en gramos diario promedio de dicho suplemento era de 536 g/día.

Para el experimento se tomó una muestra de 240 novillos en etapa de finalización, los cuales fueron divididos en 2 lotes de 120 novillos, los animales del primero fueron alimentados con 2 kg de suplemento basado principalmente en pollinaza (Tabla 9) y el otro con el suplemento basado principalmente en NutPalm (Tabla 7). Para el experimento se fijaron parámetros como raza del animal y el aporte nutricional de las pasturas teniendo en cuenta los análisis de caracterización realizados a las mismas (Latorre *et al*., 2019), el periodo de alimentación fue de 4,5 meses y se definió un protocolo de pesaje al inicio y al final para registrar las ganancias de peso de los 2 lotes de novillos (Tabla 10), tal y como se realiza habitualmente en todas las industrias dedicadas a la producción de carne, esta forma de medición se estableció con la asesoría de un experto en nutrición animal y basados en las experiencias recopiladas por la empresa agroganadera.

Tabla 9. Composición del concentrado utilizado habitualmente con sustrato principal de pollinaza

Materia prima	%
Pollinaza	70
Sebo	16
Glicerol	7
Promotor	0,2
Azufre	0,2
Grasa	6,6
Total	100
Costo mezclado	NA
Costo final	NA

Tabla 10. Resultados del experimento con bovinos en etapa de finalización

Variable	Concentrado con NutPalm	Desviación estándar	Coeficiente de variación	Concentrado con pollinaza	Desviación estándar	Coeficiente de variación
Peso inicial (kg)	379,10	9,83	2,59 %	380,45	30,05	7,90 %
Peso final (kg)	457,90	20,15	4,40 %	449,89	19,66	4,15 %
Ganancia (g/día)	597,64	142,40	23,83 %	522,12	93,30	17,87 %
Días evaluados	133			133		

Como resultado del experimento de alimentación en bovinos (Tabla 10), el lote de animales con el suplemento basado principalmente en NutPalm obtuvo una ganancia en gramos/día relativamente superior a lo observado en los animales del lote blanco o testigo alimentados con pollinaza, lo cual permite concluir que NutPalm es una materia prima competitiva, teniendo en cuenta que la pollinaza es un insumo abundante pero que debe someterse a procesos de estabilización, con el fin de disminuir riesgos sanitarios, y además, cumplir con la normativa NTC 5167 propuesta por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para su comercialización.

Adicionalmente, los resultados del experimento fueron validados a partir de inspecciones diarias realizadas por el veterinario y el personal operativo a cargo de la nutrición animal en la empresa agroganadera, donde se evidenció: 1) una aceptación del alimento a base de NutPalm en términos de palatabilidad, a través de la medición del consumo de alimento diario por cada animal y 2) que las características físicas de desarrollo del animal en la etapa de finalización fueran sobresalientes de acuerdo con los análisis realizados por el nutricionista.

Por otro lado, cabe agregar que los resultados de ganancia en peso son significativamente superiores cuando se suplementa, comparado con los resultados obtenidos en una dieta basada únicamente en forrajes (sin ningún tipo de suplementación), ya que en la misma época del año (verano) y utilizando animales con genotipos similares al de la experimentación, la empresa agroganadera había obtenido ganancias de peso cercanas a los 320 g por día.

Conclusiones

La investigación logra validar en primera instancia que la fibra de mesocarpio prensada es una mezcla heterogénea, compuesta por hebras vegetales y fracción granular. Adicionalmente, se valida que el proceso de separación de la fase granular de la fibra de mesocarpio NutPalm es una tecnología viable y novedosa para el sector de la extracción de aceite de palma y el aprovechamiento de residuos fibrosos, ya que logra obtener un insumo para alimentación animal, a partir de la separación mecánica de la fracción granular de la fibra de mesocarpio prensada NutPalm.

En coherencia con lo anterior, el equipo de investigación logra obtener una patente de invención que protege la propiedad intelectual alrededor de una serie de métodos físico-mecánicos, algunos de los cuales no fueron expuestos en este documento.

Por otra parte, se evidencia que el desarrollo metodológico propuesto en la investigación facilita la construcción de conocimiento y lleva a la tecnología a niveles de madurez cercanos al despliegue comercial o de transferencia, puesto que se logra comprobar que la fase granular de la fibra de mesocarpio es digerible por parte de rumiantes, es aceptada por los bovinos y tiene un rendimiento en términos de producción de carne viable.

Finalmente, se concluye que comparativamente con la torta de palmiste, la fase granular de la fibra de mesocarpio puede ser aprovechada en la alimentación de animales en proporciones similares a las utilizadas por la torta de palmiste, ya que sus características nutricionales son parecidas; por tanto, la tecnología representa una alternativa de ingresos para las plantas de beneficio a partir de una ruta tecnológica que disminuye la disposición de residuos en campo.

Referencias

Abu, H., Ishida, I., Mohd, S. & Ahmad, T. (1994). *Oil Palm Fronds as Roughage Feed Source for Ruminants in Malaysia*. Livestock Research Division, Malaysian Agriculture Research and Development Institute (mardi).

Aldana, R. A. & Crespo, D. C. M. (2018). Evaluación económica y financiera de las alternativas de uso de los residuos de la materia prima de una planta industrial de extracción de palma de aceite. *Dictamen Libre*, (22), 81-101.

Beltrán, L. S. & Loredo, O. C. (1999). *Rehabilitación y manejo de pastizales de zonas áridas y semiáridas*. Informe final de proyecto. San Luis Potosí: SLP CE Palma de la Cruz.

Brown, T. (2008). Design Thinking. *Harvard business review*, *86*(6), 84.

Cala, S. L., García, J. A. & Yañez, E. E. (2011). Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio (No. L-0865). Colombia: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma.

Calimán, J. P., Dubos, B., Tailliez, B., Robin, P., Bonneau, X. & De Barros, I. (2004). Manejo de nutrición mineral en palma de aceite: situación actual y perspectivas. *Palmas, 2004* (25), 42-60.

Cárdenas, A. G. (2016). La agroindustria de la palma de aceite en América. *Revista Palmas*, 215-228.

Caruso, D., Devic, E., Subamia, I., Talamond, P. & Baras, E. (2014). Technical Handbook of Domestication and Production of Diptera Black Soldier Fly (BSF). *Hermetia Illucens*, Stratiomyidae.

Chiew, Y. L. & Shimada, S. (2013). *Current State and Environmental Impact Assessment for Utilizing Oil Palm Empty Fruit Bunches for Fuel, Fiber and Fertilizer- A Case Study of Malaysia, Biomass and Bioenergy.*

Cuesta, A., Conde, A. & Moreno, M. L. (2000). Tratamiento y calidad nutritiva de subproductos fibrosos de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Palmas*, *21*(especial), 264-274.

Cuesta, A., Manjarres, R. E. & Conde, A. (2000). Consumo y comportamiento ruminal de ovinos alimentados con fibra de palma de aceite amonificada con urea al 10. *Revista Palmas*, *21*(especial), 275-28.

Devendra, C. & Leng, R. A. (2011). Feed Resources for Animals in Asia: Issues, Strategies for Use, Intensification and Integration for Increased Productivity. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 24*(3), 303-321.

Durán, A. O., Castro, C. E. & Alfonso, L. C. (1990). Determinación del nivel óptimo de proteína al utilizar cachaza de palma africana como fuente de energía en raciones para cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*, *2*(2).

Durán, A. O. (1994). Utilización del fruto de palma africana como fuente de energía con niveles restringidos de proteína en la alimentación de cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*, *6*(1).

FAO, FIDA, OMS, PMA & UNICEF. (2019). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía*. Roma: FAO.

García, J. A., *et al*. (2010). Generación y uso de biomasa en plantas de beneficio de plantas de aceite en Colombia. *Revista Palmas*, *31*(2). Modificado por autor.

Hee Kum W. & Wan M. (2011). Utilisation of Oil Palm By-products as Ruminant Feed in Malaysia. *Journal of Oil Palm Research, 23*, 1029-1035.

Institut Penyaledikan Minyak Kelapasawit Malaysia. (1992). Características y usos de la torta de palmiste en Malasia. Kementerian Perusahaan Utama, Malasia. Traducido por Fedepalma *Revista Palmas*, *13* (2).

Latorre, S., Jiménez, F. & Ochoa, J. (2019). Suplementar si paga, especial forrajes. *De Carne*, *41*, 56-58.

Lockwood, T. (2010). *Design Thinking: Integrating Innovation, Customer Experience, and Brand Value.* Simon and Schuste.

Macedo, M. A., Miguel, P. A. C. & Casarotto Filho, N. (2015). A caracterização do design thinking como um modelo de inovação. *RAI Revista de Administração e Inovação*, *12*(3), 157-182.

Nugi, A. & Danbaro, G. *Growth of Beef Cattle Fed Palm Kernel Meal on a Feedlot in Papua New Guinea*.

Ocampo, A. (1992). *Oil-rich Fibrous Residue from African Oil Palm as Basal Diet of Pigs; Effects of Supplementation with Methionine*. Villavicencio: Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales.

Ocampo, A. (1994). Utilización del fruto de palma africana como fuente de energía con niveles restringidos de proteína en la alimentación de cerdos de engorde. *Livestock Research for Rural Development*, 6(1).

Ordóñez, R. & Valencia, P. (2018). Apoyando a la palma sostenible en América Latina y el Caribe. Blog invest bid. Banco interamericano de desarrollo. Recuperado de https://blogs.iadb.org/bidinvest/es/apoyando-la-palma-sostenible-en-america-latina-y- el-caribe/

Paredes-O., F. (2011). *Plantas extractores*. Palmeras de los andes, p 11.

Purnomo, D., Bunyamin, A., Nawawi, M., Danuwidjadja, T. G. & Izzatulloh, M. H. (2020). Innovative Post-harvested Processing Activation Program for Potential Local Agro-based Food Commodity Using Design Thinking Approach (Case Study: Keladi Tuber (Caladium bicolor Vent.) commodity in Manokwari, West Papua). *E & ES*, *443*(1), 012082.

Randolph, J. J. (2009). A. Guide to Writing the Dissertation Literature Review. Practical Assessment. *Research & Evaluation*, *14*(13), 1-13.

Talero Rojas, G. F. *Evaluación del proceso de torrefacción de tusa y fibra de palma africana (Elaeis guineensis).*

Wambeck, N., Bernal, C., Guillermo, A. & Cala, G. (2005). *Sinopsis del proceso de la palma de aceite [manual wambeck] (no. L-0605)*. Colombia: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC).

Memorias

XVI REUNIÓN TÉCNICA NACIONAL DE Palma de Aceite

Retos y oportunidades de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia

Challenges and Opportunities of the Oil Palm Agribusiness in Colombia

Jens Mesa Dishington

Presidente Ejecutivo de Fedepalma
XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Sean todos bienvenidos a esta décimo sexta versión de la Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Una vez más nos encontramos de manera virtual, adaptándonos a esta nueva realidad que, si bien nos plantea el reto de cuidarnos los unos a los otros, nos ha permitido sacar provecho de las tecnologías y la conectividad, y demostrar que cuando existe el interés, es posible encontrar la manera de estar vinculados activa y colectivamente. En estos eventos gremiales de 2020, venimos contando con una buena participación de los palmicultores y distintos grupos afines, y este espacio nos abre además la posibilidad de contar con la asistencia de los equipos técnicos de las empresas palmeras, compartiendo valiosas experiencias.

Retos y oportunidades de la agroindustria

En días pasados, en el marco de la sesión de 2020 de la Asamblea de Fedepalma y la Sala General de Cenipalma, tuve la oportunidad de compartir con los palmicultores algunas reflexiones sobre los retos y oportunidades de nuestro sector, de cara a desarrollar su gran potencial y propender por un futuro promisorio. Frente a ellos, el rol de Cenipalma resulta fundamental, así como el de los palmicultores quienes tienen la decisión final de adoptar e implementar los modelos, tecnologías y prácticas. Es por esto que hoy quisiera resaltar algunos de estos desafíos y oportunidades, de la mayor pertinencia a la luz del propósito y la agenda de esta Reunión Técnica, como son los enfocados al mejoramiento de la productividad y la sostenibilidad de la agroindustria.

Hacia una mayor eficiencia

Es evidente el desarrollo de la frontera de productividad en el cultivo durante los últimos años, lo que genera la oportunidad de ser mucho más eficientes en distintos procesos.

En aspectos agronómicos, la optimización del uso de los recursos, en especial de aquellos limitados como son el suelo y el agua, sigue teniendo la mayor relevancia. El módulo de *Eficiencia en la nutrición y el manejo del agua en el cultivo de palma de aceite* nos permitirá conocer prácticas que contribuyen a ese uso adecuado, así como los avances en tecnologías que pueden facilitar las labores en campo, como los que se vienen identificando y evaluando desde las herramientas geomáticas. Estos conocimientos reflejan importantes avances, aunque es necesario continuar trabajando en otros frentes que son una oportunidad de aumentar la eficiencia, asociada a la mecanización y al uso inteligente de la información.

De igual manera, cobra relevancia seguir propendiendo por una mayor productividad de la mano de obra y de los procesos claves en el negocio palmero. Los temas que se abordarán en el módulo *Costos, mano de obra y administración de plantación* apuntan a mejorar las metodologías y herramientas para medir y optimizar los rubros que más impactan la estructura de costos de la palmicultura y facilitar la toma de decisiones de los empresarios palmeros. En cuanto a la productividad laboral, no podemos dejar de lado la importancia de promover una mayor eficiencia de la mano de obra y cerrar las brechas entre las necesidades de la actividad palmera y las calidades del recurso humano disponible. Seguir evolucionando en las acciones de formación y capacitación sectorial es un gran desafío, es por esto que reitero la relevancia de dar un fuerte impulso a la iniciativa de la academia de la palma, con una visión integral y de futuro.

La afectación por plagas y enfermedades sigue siendo una de las principales amenazas a la productividad de los cultivos de palma de aceite en las diferentes zonas. Las altas incidencias de la Pudrición del cogollo (PC) y la Marchitez letal (ML) en regiones como el departamento de Magdalena y los Llanos Orientales, respectivamente, representan grandes pérdidas económicas y comprometen el futuro de muchas de estas plantaciones, además, traen a nuestra memoria experiencias desafortunadas como las vividas en el pasado en municipios como Tumaco, Puerto Wilches y Cantagallo. Las conferencias y ponencias del módulo *Manejo fitosanitario de la palma de aceite, un propósito sectorial*, nos llevarán a conocer más no solo de prácticas exitosas a nivel de cultivo, sino de la importancia de trabajar de manera coordinada y articulada en las distintas regiones, entendiendo que las acciones de algunos afectan a los demás de su entorno.

Por otra parte, en distintas regiones del país la palmicultura le viene apostando a los híbridos OxG, lo que implica desarrollar soluciones que lleven a optimizar la producción de estos materiales. Gracias a la aplicación de tecnologías y prácticas innovadoras, al alcance de los palmicultores colombianos, hoy en día es posible llegar a rendimientos de 10 toneladas de aceite de palma crudo por hectárea, triplicando la productividad promedio actual del país. Estos importantes avances los podremos conocer con el módulo sobre *Híbridos OxG y su procesamiento*.

Calidad

En cuanto al procesamiento del fruto, la búsqueda de mayor eficiencia y calidad en las plantas de beneficio también es un desafío que el sector debe superar prontamente.

Por una parte, si bien los esfuerzos se han orientado a estandarizar, medir y mejorar distintos procesos, se le debe sumar la optimización de su escala, pues además de llevar a mejores indicadores de eficiencia, esto también incidirá en la capacidad de almacenamiento y en la comercialización misma de los aceites de palma.

De otro lado, el aseguramiento de la calidad y la inocuidad ya no son más un factor optativo. En la actualidad vemos como un hecho que la normatividad nacional e internacional establece requisitos asociados a la adopción de prácticas de proceso rigurosas y a límites de presencia de residuos y contaminantes como los MOSH, MOA y 3MCPD. Esto implica la necesidad de tener mediciones para asegurar el cumplimiento de estos límites y entender los posibles efectos de las prácticas que se realizan tanto en el cultivo como en la planta de beneficio.

No quisiera dejar de mencionar que la eficiencia en el procesamiento también va de la mano con desarrollar nuevas oportunidades de agregar valor, de avanzar en procesos innovadores enmarcados en conceptos como la bioeconomía y la economía circular, donde existen claros ejemplos del potencial de esta agroindustria por generar y aprovechar al máximo una amplia gama de productos derivados de la palma de aceite. Esto nos va a permitir apuntar a una diversificación de nuestra actividad en el mediano y largo plazo, que se acople a las tendencias globales de consumo de bioproductos y a la generación de negocios sostenibles.

Sostenibilidad

Haciendo referencia a la sostenibilidad, en los distintos eventos de las últimas semanas hemos resaltado la importancia de que la palmicultura colombiana avance y se posicione, a nivel nacional y global, en el ámbito de la producción y el comercio responsables. Hemos compartido significativos adelantos que se vienen obteniendo en el marco de nuestra estrategia de origen sostenible y del Programa de Aceite de Palma Sostenible de Colombia.

Estamos en el camino de contarle a Colombia y al mundo que este es un sector único y diferenciado, que genera un producto con atributos especiales, los cuales hemos recogido en los Principios del Aceite de Palma Sostenible de Colombia y en un conjunto de prácticas productivas, ambientales y sociales, que vienen siendo impulsadas desde Fedepalma y Cenipalma en los Núcleos Palmeros.

Es por esto que, seguir generando, transfiriendo e impulsando la adopción de estas prácticas, con una visión integral, es parte fundamental de continuar el desarrollo de esta estrategia y asegurar que detrás de esa promesa de valor hay una realidad, un sector que hace las cosas bien y está en capacidad de demostrarlo. A lo largo de los seis módulos de esta Reunión Técnica, evidenciaremos cómo muchas de estas prácticas y tecnologías contribuyen a una actividad más sostenible. La invitación es a que abordemos siempre estos análisis con un carácter integral, con la capacidad de identificar y generar los mejores impactos no solo en nuestro cultivo sino en los trabajadores, las comunidades y el entorno en el cual nos encontramos.

Cenipalma, 30 años trabajando por el sector

No es redundante reiterar, como lo hice en el marco de los demás eventos gremiales y sectoriales que nos han congregado, la importancia de contar con una institucionalidad sólida que sustente los esfuerzos de los palmicultores. Y dentro de la institucionalidad palmera, hoy quisiera destacar el rol de Cenipalma que, nacida del seno de los palmicultores, por 30 años ha trabajado arduamente al liderar los esfuerzos de ciencia, tecnología e innovación, generando soluciones con un alto retorno para el sector.

En la actualidad, Cenipalma cuenta con amplio reconocimiento en el ámbito de la investigación y la extensión, no solo en Colombia sino en el mundo. De igual manera, el sector reconoce que muchos de los desafíos superados en estas últimas décadas obedecen a los conocimientos desarrollados por la Corporación, lo cual incluso ha sido ilustrado en diversos estudios que han valorado sus impactos positivos.

Por lo anterior, los invito a conmemorar estos 30 años de servicio de Cenipalma, a continuar creyendo en la institución y a apostarle a su fortalecimiento. Por supuesto, a Cenipalma también le hago la invitación

a seguir siendo consciente de las necesidades de los palmicultores y a no descansar en la búsqueda de respuestas a las mismas, así como a ver más allá y mostrar el camino hacia una agroindustria cada vez más productiva y sostenible.

Felicitaciones y un agradecimiento a todos los ponentes que nos van a compartir sus experiencias durante estos cinco días. A todos ustedes, espero que saquen el mayor provecho de esta interesante agenda.

Bienvenidos.

Innovación sectorial para una palmicultura sostenible y resiliente, objetivo de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Sectorial Innovation for Sustainable and Resilient Oil Palm Cultivation, Purpose of the XVI National Technical Meeting in Oil Palm

Citación: Cooman, A. P. (2021). Innovación sectorial para una palmicultura sostenible y resiliente, objetivo de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. *Palmas, 42*(1), 48-54.

Alexandre Patrick Cooman

Director General de Cenipalma
XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Palabras de bienvenida

Es un gusto saludar a los dignatarios que nos acompañan en este acto de instalación, así como a nuestros miembros de las Juntas Directivas de la Federación, a todos los palmicultores, gerentes y técnicos de plantación y de plantas de beneficio, a los colegas de Fedepalma y Cenipalma, amigos todos, les doy la bienvenida a la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite (RTN). Esta es la primera versión que se realiza de forma no presencial y a través de una plataforma web, por lo que esperamos no sea menos interesante y se le saque el mejor provecho para todos.

Como se dijo en la presentación de Jens Mesa Dishington, Presidente Ejecutivo de Fedepalma, los retos y oportunidades son grandes o, más bien, monumentales. Y de nuestra capacidad de enfrentarlos y convertirlos en nuevos conocimientos, tecnologías y procesos, junto con una buena dinámica innovadora en las empresas, dependerá nuestra competitividad a mediano y largo plazo.

Desde Cenipalma, además de brindar soluciones tecnológicas a los palmeros, tenemos la misión de propender por un sector motivado y capacitado, pues consideramos que estos son dos elementos fundamentales para tener empresas con alto grado de innovación en procesos y en tecnología. En este sentido, organiza un gran número de eventos, con diferentes temas y enfoques, dirigido a múltiples públicos, pero la RTN se destaca, sin lugar a duda, como el acontecimiento técnico-científico más relevante del sector palmicultor colombiano, intercalado cada tres años con la Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite.

En la RTN las empresas del sector son las protagonistas, con 24 ponencias de un total de 37 presentaciones técnicas de la cuales quiero destacar el alto grado de calidad con aplicabilidad de la información, siendo esta compartida por técnicos de plantación y plantas de beneficio. Me complace indicar que 12 de las 24 ponencias serán realizadas por personas que no habían intervenido en la Reunión en anteriores ocasiones, lo que evidencia un sano balance entre experiencia, juventud y cambios de conferencistas.

Estas ponencias se complementan con unas conferencias por parte de Cenipalma, lo que da un balance del estado del arte y de los últimos avances en los temas que abarcamos en los 6 módulos que corresponden a los procesos en cultivo y planta de beneficio, tanto en sus aspectos productivos como de sostenibilidad.

Iniciamos, después del Acto de Instalación, con un primer módulo dedicado a los retos y oportunidades que se desprenden de los cultivares híbridos interespecíficos OxG, tanto en plantación como en planta de beneficio. Estimamos que hay más del 12 % de área sembrada del país con estos cultivares, por lo cual son una realidad cada vez más importante, y en donde se ha consolidado un paquete tecnológico bien estructurado.

Este primer módulo entra en paralelo con otro sobre tecnologías para plantas de beneficio, en los que se abarcan temas de productividad con sostenibilidad y calidad del aceite. Este último punto está en plena evolución, por lo cual nos pareció importante hacer énfasis en la presentación magistral.

El tercer módulo es dedicado a la nutrición y manejo del agua en el cultivo. En este, es importante resaltar que los esfuerzos en mejorar la productividad tienen que venir, cada vez más, de mejor eficiencia en el uso de los recursos: tierra, agua y fertilizantes, para así combinar la parte productiva con un menor impacto ambiental y mejores costos unitarios.

Esto enlaza con el cuarto módulo, el cual trata temas de administración de plantación, productividad de mano de obra y costos. Dada las grandes variaciones que hemos observado al precio del aceite de palma en los mercados, la búsqueda en el manejo de costos es de vital importancia.

El quinto módulo es sobre el manejo fitosanitario del cultivo. Además de la Pudrición del cogollo (PC) y la Marchitez letal (ML), que ponen las empresas a veces contra las cuerdas, hay muchas otras plagas y enfermedades que afectan negativamente la producción y el ingreso. El tema es tan importante que ha dado origen a Cenipalma, y sigue siendo de la más alta prioridad en los trabajos del sector.

El último módulo comparte experiencias de la asistencia técnica para la implementación de mejores prácticas y para optimizar la productividad sostenible. Como parte de este, se hará la entrega del Premio al Productor de Pequeña Escala con Mejor Productividad 2020, que en su segunda edición duplicó el número de postulados a 54. Es importante resaltar esta labor de excelencia realizada por los productores de pequeña escala, y motivar así a otros para que sigan por el mismo camino.

Aprovecho el espacio para dar un agradecimiento especial a las 22 empresas que nos acompañan en Expopalma y a quienes patrocinan el evento. Estas son una muestra importante de la oferta en soluciones tecnológicas y de servicios al sector, y espero que su participación resulte de mutuo beneficio.

La innovación sectorial para una palmicultura, sostenible y resiliente

Hoy voy a conectar lo que hacemos en temas de investigación, con la realidad de la innovación y con la aplicación de lo que necesitamos lograr en el sector. Me gustaría hablar de los retos y de cómo estos están influenciados por su entorno y, luego, cómo el sector y el gremio, Fedepalma y Cenipalma, aportan soluciones y tratan de luchar por la competitividad de las empresas.

Lo primero que hay que resaltar es que, a pesar de los momentos difíciles en producción, presencia de enfermedades y temas relacionados con precios, este es un sector ganador, pues hay una clara tendencia hacia el aumento de la demanda. En la Figura 1, la barra naranja muestra el crecimiento previsto para los aceites vegetales que, comparados con otros sectores agrícolas, muestra un aumento más rápido que los demás porque hay una demanda con tendencia fuerte hacia los aceites vegetales.

En la Figura 2 hay una comparación entre 1990 y 2018 que refleja cómo el aceite de palma ha aumentado su proporción en la producción total de aceites vegetales y, dentro de este subsector, cómo se ha acrecentado su demanda. Lo que demuestra que a largo plazo tiene un futuro asegurado.

Retos e incertidumbres

Pero a la vez, el cultivo de palma de aceite también tiene muchos retos relacionados con su sanidad vegetal, productividad, eficiencia en costos, en temas ambientales y sociales y, además, en insertar al sector en la economía circular y en la bioeconomía, dando más utilidad a los coproductos que se generan, básicamente a la biomasa en el proceso de producción del aceite de palma. Esto, sin dejar de lado los desafíos que quedan frente a la calidad del aceite y a las oportunidades que tienen los nuevos productos de valor agregado que surgen a partir del aceite de palma crudo.

A estos retos se le suman una cantidad de incertidumbres que no somos capaces de manejar, como por ejemplo, la evolución de los precios en un cultivo de ciclo largo como la palma de aceite; el clima, cada vez más incierto por el cambio climático y con tendencia a menos pluviosidad, sobre todo en la Zona Norte; la demanda, con un consumidor que varía en cuanto a exigencias de calidad, nuevos productos con características específicas; los temas políticos, tanto a nivel nacional como internacional, que ponen en riesgo la actividad productiva y, además; cuando se pensaba que se había visto todo, la llegada de la pandemia

Figura 1. Demanda por tipo de alimentos

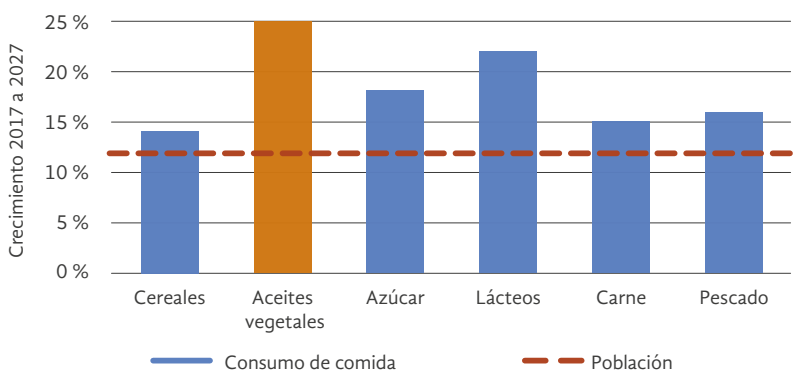
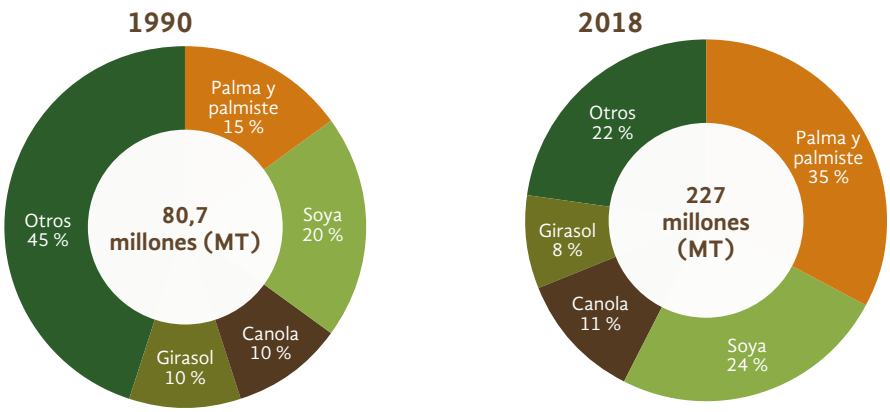


Figura 2. La participación del aceite de palma en el segmento aceites vegetales va en aumento



global, como otro factor adicional, que aunque no podemos manejar, nos está enseñando a vivir en una nueva realidad en cuanto a procesos de gestión administrativa, de logística y de otras tecnologías para hacer seguimiento a las plantaciones. Y son estas incertidumbres las que, aunque no sea fácil, se deben tratar de monitorear y de prever, para saber cómo reaccionar cuando realmente llegue el momento de enfrentarlas.

Aquí cabe la claridad de que, si bien estamos en un sector ganador, no es garantía de que todas las empresas lo sean, lo que me permite dar paso a un término importante en las organizaciones: las empresas resilientes. Estas, están definidas como las que tienen la capacidad no solamente de sobrevivir en situaciones adversas sino, además, salir mejor de ellas, buscando cómo ser más competitivas en costos y otros factores.

A nivel internacional, cuando se revisa lo relacionado a empresas resilientes, se observa que estas se mueven en tres dimensiones (Figura 3): la primera, relacionada con la ética empresarial, realmente como una base importante de cómo debemos comportarnos; la segunda, conectada con aprendizaje e innovación, de lo cual se ha tratado esta Reunión Técnica, de adquirir nuevo conocimiento, de aplicarlo y convertirlo en tecnología, de hacer cambios para procesos mejores y más robustos que nos ayuden a ser más competitivos; y la tercera, congruente con tener un propósito que vaya más allá del balance financiero pues, aunque esto es muy importante, también lo es contribuir al bienestar de los trabajadores y de la sociedad, en la medida en que la empresa realmente tenga esta claridad, se podrá contar con personas sumamente motivadas y comprometidas con la labor y con aportar a procesos de innovación.

¿Cómo estamos en inversión y organización para la innovación?

Para responder esta pregunta es necesario saber, ¿por qué innovamos?, y en esto hay que tener claro que invertir en ciencia, tecnología e innovación no es un buen negocio, es un excelente negocio. Eso está comprobado a nivel mundial y tenemos tres resultados que lo evidencian. El primero es un trabajo realizado en 1999 por la Corporación de Estudios Ganaderos y Agrícolas, que al observar el impacto de la investigación de Cenipalma, atribuyó por lo menos el 20 % del excedente económico del sector, en la década de los noventa, a los avances en investigación y transferencia tecnológica desarrollados por la Corporación. El segundo fue realizado por Mosquera, Rodríguez y Martínez en 2006, quienes buscaron la relación beneficio-costo de la inversión realizada en ciencia y tecnología para la palmicultura colombiana, en el cual se concluyó que por cada peso invertido en estos ítems, los palmicultores obtuvieron una retribución de $ 3,4 en contraprestación. El tercero fue de 2017, pues el Fondo de Fomento Palmero contrató de forma directa una consultoría enfocada en la Pudrición del cogollo (PC) desde todos los aspectos, no únicamente en evaluar los estudios fitopatológicos,

Figura 3. Tres ejes en los que se mueven las empresas resilientes

Fuente: adaptado de Alexandre Di Miceli (2020)

sino también desde la agronomía, el mejoramiento genético y la extensión con la coordinación fitosanitaria en las regiones. En esta investigación, realizada por el Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales (CRECE), que también evaluó el impacto de este trabajo, se logró identificar que por cada peso que los palmicultores invirtieron en investigación y desarrollo y la aplicación del control de la PC, hubo un beneficio de $ 3 de retorno.

Sin embargo, a partir de un estudio publicado por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, se ha concluido que los esfuerzos económicos en actividades de ciencia, tecnología e innovación en el país son muy bajos (Figura 4). Colombia invirtió en el 2019, en promedio, 0,28 % de su producto interno bruto (PIB) en investigación y desarrollo (I+D) y aquí están incluidos todos los sectores a nivel nacional. Esto es sumamente bajo cuando se compara con, por un lado, la meta que ha trazado el país para 2022 que es de 0,7 % y, por el otro, la realidad de América Latina en la que se invierten el 0,64 %, más del doble de lo que se hace aquí. Para los países que forman parte de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), de la cual Colombia es miembro desde hace muy poco tiempo, esa inversión en investigación y desarrollo estaba en 2,37 % y, para ser una buena práctica a nivel mundial debería estar en el 3 %.

Y esto es solo en investigación y desarrollo, pues no se incluye capacitación, formación, servicios tecnológicos y administración de la misma ciencia y tecnología, con los cuales son, más o menos, el doble de lo que es solo investigación. La propuesta es que estas cifras y metas se realicen en un cofinanciamiento 50 % público y 50 % sector privado.

Se puede observar que en 2018, según una información publicada por Agrosavia en su Boletín de Indicadores del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (Figura 5), Colombia invirtió 0,83 % de su PIB sectorial en investigación y desarrollo, el más alto del promedio nacional para todos los sectores cuando se comparan los dos estudios, pero muy bajo si se hace referencia a los estándares internacionales. Desafortunadamente, como se puede ver en la Figura 5, en la segunda barra, el país no tiene una meta clara ni definida sobre cuánto debería invertir en investigación y desarrollo para el sector agrícola, pero se estima que debería ser entre 1,4 % y 1,5 % del PIB.

Al poner los ojos en el sector palmicultor y específicamente en el Fondo de Fomento Palmero, al cual contribuyen todos los palmicultores, se observa que la inversión hoy en día en I+D es de 0,55 % del valor de la producción del sector, esto teniendo en cuenta que se refiere solo a investigación y desarrollo, pues aquí no entra lo que se hace en los diferentes programas de extensión con las actividades de capacitación, formación y coordinación.

También se puede estimar que las organizaciones invierten de forma directa en I+D, por lo cual, se calcula alrededor del 0,8 % al 0,85 % en inversión privada total entre el Fondo de Fomento Palmero y lo que aportan las empresas directamente en ciencia, tecnología e innovación.

Vemos, entonces, una gran brecha que para cerrarla necesita todavía de más inversión en investigación y desarrollo sobre la palma, pero especialmente por parte del sector público, porque a través del Fondo y las empresas hay un aporte sumamente importante.

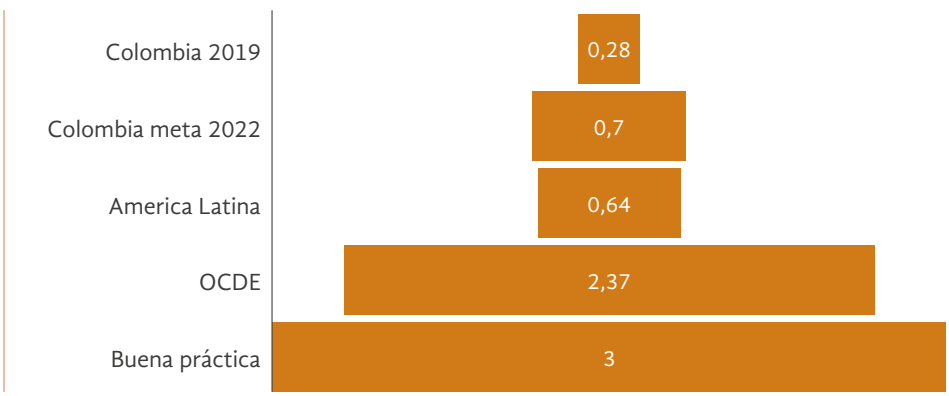


Figura 4. Inversión en investigación y desarrollo de todos los sectores (% PIB)

Fuente: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología (2019)

Cabe aclarar que, el centro de este sistema de innovación sectorial son los palmicultores, de la mano de la Federación, en el cual Cenipalma es el motor para que las necesidades de conocimiento y de tecnología realmente se suplan para los productores. En este caso, el Gobierno tiene que proveer un entorno con bienes públicos generales para hacer realidad esta producción de bienes públicos y sectoriales, y así, aportar a la producción de bienes privados por parte de los productores (Figura 6).

Pero además de Gobierno, Federación y Palmicultores, en el sistema de innovación hay muchísimos más actores que participan en el sector como: los que aportan al financiamiento; las universidades nacionales e internacionales con las cuales también hay acuerdos de investigación conjunta; y las instituciones de investigación y desarrollo a nivel nacional e internacional como Agrosavia en Colombia, el MPOB en Malasia y el CIRAD en Francia, entre otras.

Este es un sistema complejo, en el cual Cenipalma quiere tener un rol central en cuanto a la definición de la agenda de investigación y desarrollo para nuestro sector, de la mano de los palmicultores, y en la que se buscan diferentes aliados con el fin de suministrar información y suplir parte de esas necesidades de conocimiento.

Apoyo para llegar a la meta

En el círculo virtuoso de investigación, validación y extensión, el palmicultor es el centro de la imagen (Figura 7), y tiene como objetivo apoyar la meta de llegar a una producción media nacional de 5 toneladas de aceite por hectárea. Este genera actividades en las que se diseñan soluciones tecnológicas, propuestas de validación para poner a prueba esos resultados de investigación en condiciones comerciales en campo y, por supuesto, todas las acciones de extensión

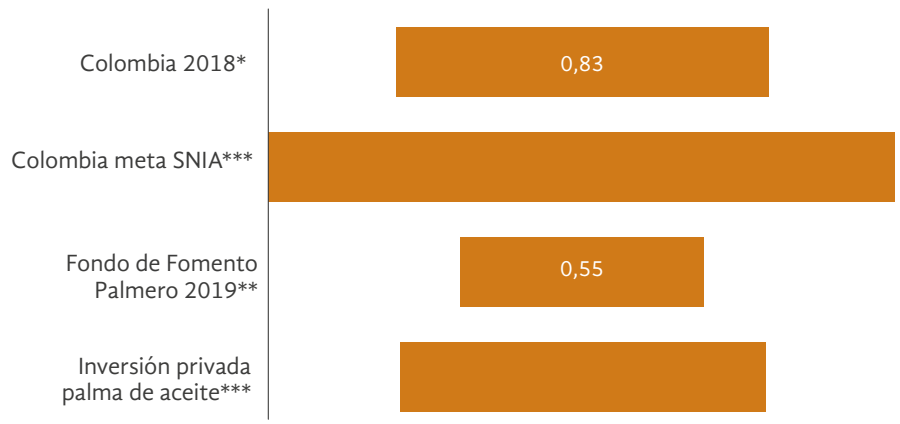


Figura 5. Investigación y desarrollo del sector agrícola y el de palma de aceite (% PIB sectorial)

Fuentes: * Boletín de Indicadores en Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), Agrosavia (2019); ** Fedepalma (2019); *** meta sugerida a mediano plazo

Figura 6. Los productores y la organización gremial en el centro de un sistema de innovación sectorial

Figura 7. Círculo virtuoso para lograr alta productividad y eficiencia

para transferir las tecnologías. Es importante resaltar que en cada etapa de ese círculo virtuoso se busca una conexión con el palmicultor y una retroalimentación permanente de investigación con experiencias y conocimientos de los cultivadores. De igual forma, desde validación y extensión, también se recogen esas nuevas necesidades y prioridades, para así tener una agenda siempre actualizada en cuanto a los requerimientos de investigación del país.

Para hacer realmente eficaz ese proceso de generación, Cenipalma se está transformando en una entidad mucho más centrada alrededor de los 10 mayores retos y oportunidades que tiene el sector: Pudrición del cogollo, Marchitez letal, otras enfermedades, plagas, agua, nutrición, la optimización de los procesos productivos, procesamiento y valor agregado, híbrido OxG y sostenibilidad ambiental y social. Es así como los programas de investigación y extensión aportan su tiempo y trabajo a los diferentes temas, pero siempre centrados en estos problemas y oportunidades.

De igual forma, la Corporación está reforzando las acciones de extensión y asistencia técnica, al buscar, cada vez, mayor eficacia en la entrega de resultados para el palmicultor. En este tema hay una apuesta de mayor inversión de recursos, y de direccionar dicha asistencia técnica no específicamente a científicos y extensionistas sino a técnicos y agrónomos de plantas de beneficio y de plantación del sector, potenciando el conocimiento que se entrega desde Cenipalma y apalancándose en el relacionamiento que tienen los técnicos de las empresas ancla del sector palmicultor, con los grupos de palmicultores asociados a dichas empresas.

Por último, es importante mencionar a Tecnopalma, la unidad de Cenipalma que provee servicios y productos tecnológicos especializados. Aquí hay un aporte importante a futuro, porque está en plena expansión y porque se quiere ampliar su portafolio con mejores productos y servicios, para así poder aportar con soluciones muy prácticas a las necesidades de las empresas.

Quería compartir estas reflexiones y avances, e invitarlos a que confíen en su centro de investigación, a que participen en nuestros procesos y a que se comuniquen con nosotros para aportar con sus observaciones y recomendaciones.

Muchas gracias.

Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente

How to Get 10 Tons of Oil per Hectare: Management Technologies of the Interspecific OxG Hybrids towards a Highly Efficient Production

Citación: Romero, H. M. & Ayala, I. M. (2021). Cómo alcanzar 10 toneladas de aceite por hectárea: tecnologías de manejo de los híbridos interespecíficos OxG hacia una producción altamente eficiente. *Palmas, 42*(1), 55-64.

Romero Hernán M.
Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma, Cenipalma.
Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia
hromero@cenipalma.org

Ayala Iván M.
Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma, Cenipalma

Introducción

La palma de aceite es la oleaginosa más productiva, superando a los demás cultivos como la soya, canola, maíz y otros (Corley y Tinker, 2016). Tiene un potencial teórico productivo de 18,5 toneladas de aceite por hectárea por año (Woittiez *et al*., 2017). Sin embargo, la productividad real de los diferentes países que la cultivan está muy por debajo de ese potencial, con un máximo de 5 t ha^{-1} $año^{-1}$ como promedio país para Guatemala (Fedepalma, 2020) y reportes de plantaciones pequeñas que han alcanzado hasta 12 t ha^{-1} $año^{-1}$ (Woittiez *et al*., 2017).

Las plagas y enfermedades son quizás las máximas responsables de la baja productividad de las plantaciones de palma de aceite respecto al potencial teórico. Esto es especialmente cierto en América del Sur, en donde su cultivo es fuertemente afectado por plagas y enfermedades, en mayor medida frente a lo que ocurre en el Sudeste Asiático (Sundram y Intan-Nur, 2017), siendo la Pudrición del cogollo (PC), causada por el oomicete *Phytophthora palmivora* (Torres *et al*., 2016), la enfermedad más devastadora para el cultivo en América (Ávila-Méndez *et al*., 2019). En efecto, a lo largo de la historia de la palmicultura en el continente, numerosas plantaciones sembradas con

palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) han sido completamente destruidas por la PC (Benítez y García, 2015). Así, se estima que para Colombia las pérdidas causadas por la enfermedad en la última década estarían por encima de USD 2.600 millones.

En algunas plantaciones en las que se presentó la PC había palmas de híbridos interespecíficos OxG que se sembraron por curiosidad, para determinar la compatibilidad entre la palma americana (*E. oleifera*) y la palma africana (*E. guineensis*), en busca de aprovechar la baja tasa de crecimiento de la primera en comparación con la segunda (Figura 1). En estas plantaciones, mientras la palma africana fue arrasada por la PC, los híbridos en su mayoría no fueron afectados, lo cual llevó a postular la hipótesis de que los híbridos interespecíficos OxG eran resistentes a dicha enfermedad. Así, cuando la PC destruyó cerca de 35.000 ha de palma africana en Tumaco-Nariño, varios industriales de la zona decidieron apostarle a resembrar con este híbrido para aprovechar las posibles ventajas de los cultivares (Tabla 1) y como única alternativa para mantenerse en el negocio, en una zona con un potencial de inóculo de *P. palmivora* muy alto que hacía inviable las resiembras con palma africana.

Figura 1. Comparativo del crecimiento de la palma africana (*E. guineensis*) y palma americana (*E. oleifera*). Estas, fueron sembradas en el mismo año en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína, en Barrancabermeja, Santander, Colombia. Observar la menor altura de las palmas americanas, en comparación con las palmas africanas

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los híbridos interespecíficos OxG en comparación con los cultivares de palma africana, al inicio de la producción comercial de híbridos interespecíficos OxG para las resiembras del municipio de Tumaco-Nariño, Colombia

Aspectos positivos	Aspectos negativos
• Baja tasa de crecimiento del estípite (< 35 cm por año) • Vida comercial útil más larga • Resistencia a la PC • Alta producción de RFF (> 33 t ha^{-1} $año^{-1}$) • Alta calidad de aceite (contenido de ácido oleico más alto y menor proporción de grasas saturadas • Altos contenidos de carotenoides y vitamina E • Menor porcentaje de acidez del aceite (< 2 %)	• Polinización natural obstaculizada dada por baja viabilidad y germinabilidad del polen y características de la inflorescencia • **Requiere polinización asistida** • Formación pobre de los racimos (bajo condiciones de polinización natural) • Baja tasa de extracción • Desconocimiento sobre plagas y enfermedades • Desconocimiento del manejo agronómico que es diferente al de la palma africana • Desconocimiento del punto óptimo de cosecha

Los híbridos interespecíficos OxG

Derivados del cruzamiento entre la palma americana y la palma africana (Figura 2), fueron inicialmente desarrollados al final de la década de los 50 y en la de los 60 del siglo XX (Hardon, 1969; Hurtado y Ramos, 1970). Las palmas *E. oleifera* procedían de Colombia, de la hoya del río Sinú, y fueron usadas para hacer cruzamientos inicialmente con Deli duras y luego con polen de origen La Mé. Así se originaron los primeros híbridos bautizados Sinú x La Mé. Hacia el año 1977, Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD por sus siglas en francés) realizó una colecta de palmas americanas en la zona brasilera de Coari, con lo cual se inició el desarrollo de los híbridos Coari x La Mé. Con la necesidad de producir semillas para suplir las demandas derivadas de las resiembras que empezaban en Tumaco, se producirían muchos híbridos diferentes, en los cuales se utilizaron madres *E. oleifera* procedentes de varias localidades que fueron cruzadas con las principales fuentes de polen de diferentes casas comerciales. Así, se llegaría a una composición diversa de híbridos interespecíficos OxG en la cual se ha visto la dominancia de los Coari x La Mé (Figura 3).

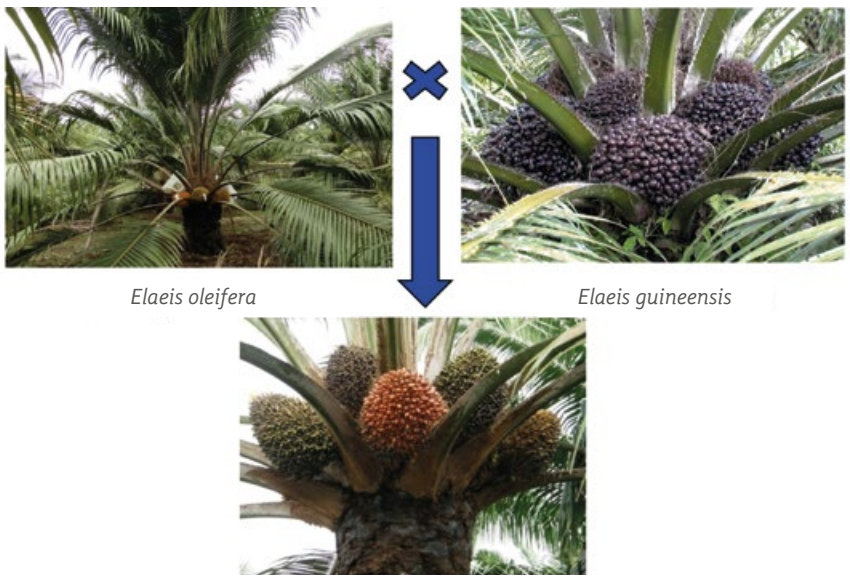


Figura 2. Generación de híbridos interespecíficos OxG. Estos son el resultado del cruce de palmas americanas (*E. oleifera*) con palmas africanas (*E. guineensis*)

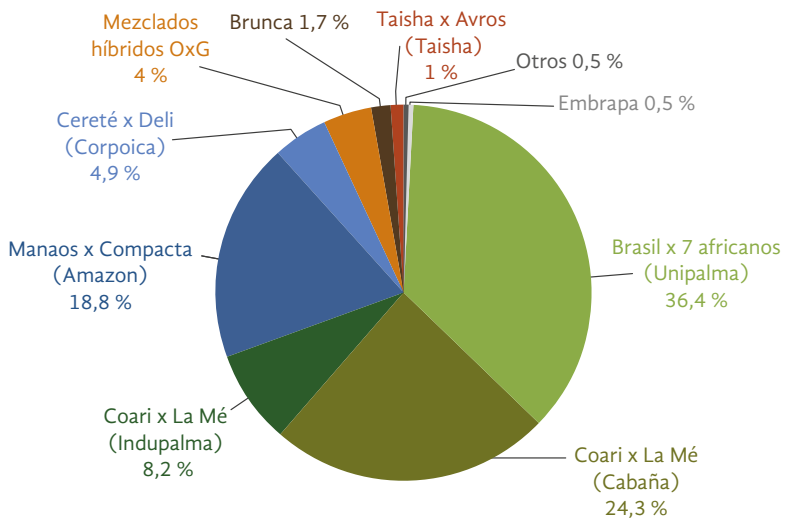


Figura 3. Principales híbridos interespecíficos sembrados en Tumaco-Nariño, Colombia, en 2019 y su participación en la superficie plantada. Para ese año se estimaba que había en Tumaco 22.243 ha sembradas con híbridos interespecíficos OxG, de las cuales 17.984 ha estaban en producción y 4.259 ha en desarrollo (Fedepalma, 2020)

La siembra de los diferentes híbridos OxG desencadenaría retos muy grandes para la palmicultura, toda vez que estos se comportan de manera diferente a los cultivares de palma africana, con lo cual fue necesario iniciar programas de investigación que permitieran desarrollar las pautas de su manejo agronómico y sanitario, además de superar muchas de las dificultades propias de estos nuevos cultivos (Tabla 1). Esto, aunado al hecho de que los resultados de estas investigaciones no pueden ser aplicados de manera genérica, ya que cada híbrido es diferente a los demás.

En efecto, los estudios desarrollados por Arias *et al.* (2015) han mostrado que existe una gran variabilidad genética entre las palmas de *E. oleifera* de diferentes procedencias (Figura 4) que da como resultado una gran diversidad fenotípica, no solo entre las madres *E. oleifera*, sino también entre los híbridos interespecíficos OxG derivados (Figura 5).

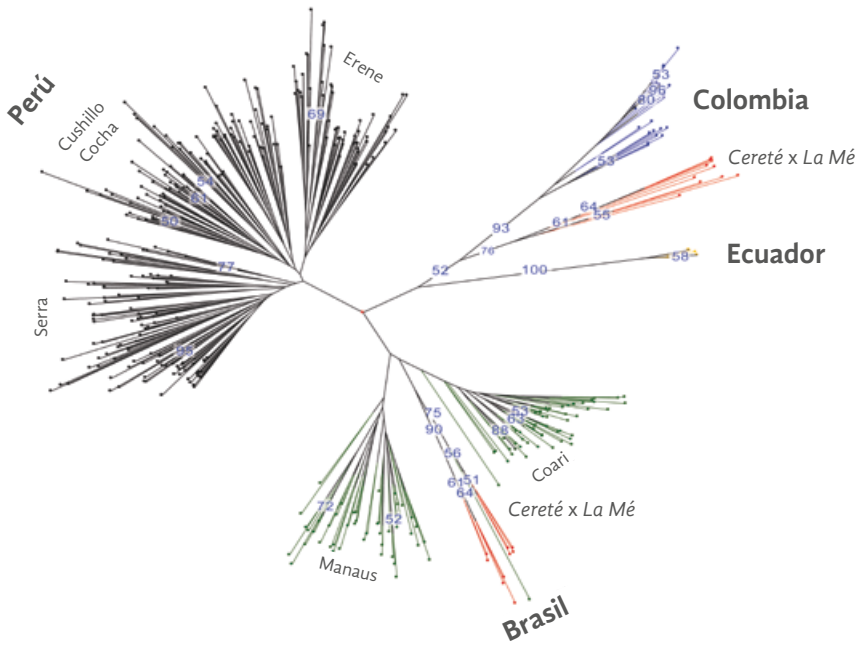


Figura 4. Variabilidad genética de palmas de aceite americanas (*Elaeis oleifera*) de diferentes procedencias. La topología fue basada en el método de agrupamiento de conglomerados y el índice de disimilaridad de accesiones de *E. oleifera* de diferentes orígenes incluidos híbridos interespecíficos OxG, el análisis fue basado en SSRs (Arias *et al.*, 2015)

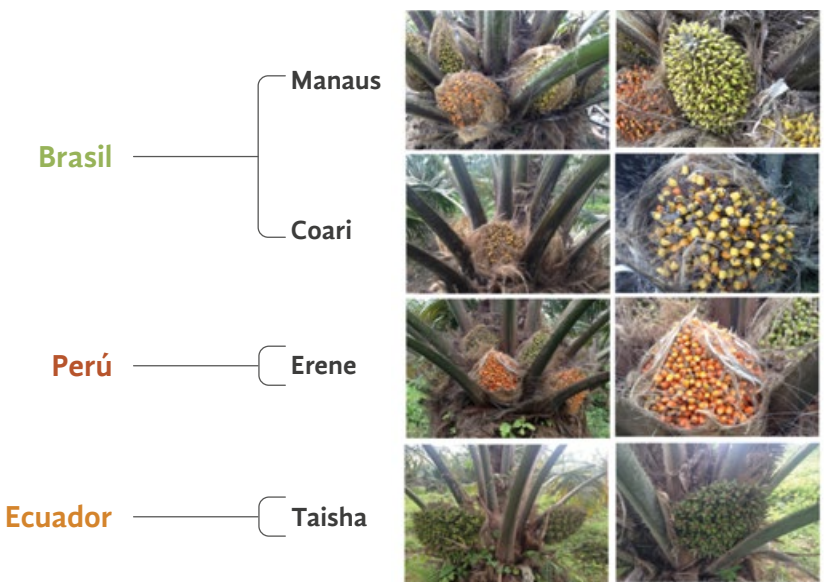


Figura 5. Variabilidad fenotípica entre palmas americanas (*Elaeis oleifera*) de diferentes orígenes geográficos

Aspectos sanitarios

Los híbridos interespecíficos OxG son atacados por numerosas plagas entre las que se encuentran barrenadores, como *Sagalassa valida* y *Strategus aloeus*; defoliadores, como *Opsiphanes cassina, Stenoma cecropia, Loxotoma elegans y Leucothyreus femoratus*; chupadores, como *Leptopharsa gibbicarina* y *Haplaxius crudus*; así como, raspadores de flecha (*Cephaloleia vagelineata*) y de fruto (*Demotispa neivai*).

Se ha visto que los híbridos pueden presentar enfermedades sistémicas como Marchitez sorpresiva causada por *Phytomonas* sp., Marchitez letal (ML), cuyo agente causal aún no se ha determinado, y Anillo rojo. También se ha observado la presencia de enfermedades de la hoja (manchas foliares) causadas por *Uwemyces elaeidis*, o por especies del género *pestalotiopsis*. Así mismo es posible observar la presencia de diferentes pudriciones de estípite, cuyos agentes causales son motivo de estudio.

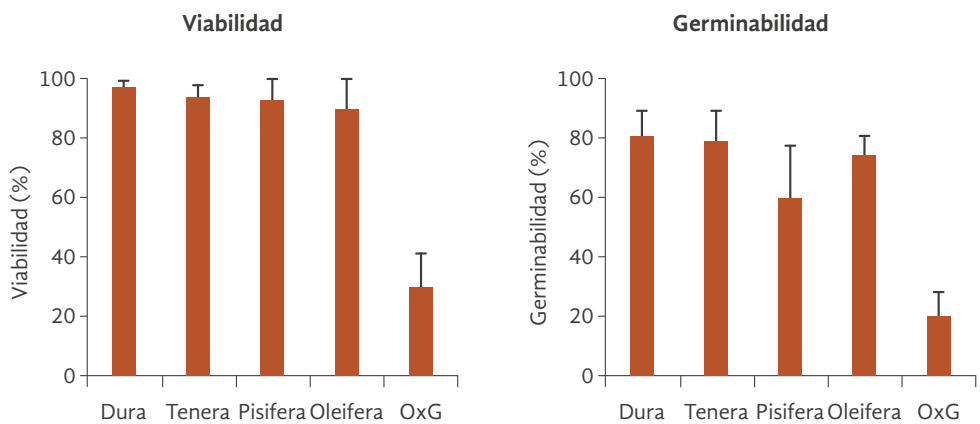
En cuanto a la Pudrición del cogollo (PC), los híbridos interespecíficos OxG no son inmunes a la enfermedad, aunque en su mayoría presentan una alta resistencia. Sin embargo, se ha visto que esta es muy variable, llegando a encontrarse diferencias muy marcadas en el grado de resistencia entre híbridos derivados de madres del mismo origen geográfico (Avila-Diazgranados *et al*., 2016).

Polinización

La hibridación entre especies diferentes normalmente resulta en individuos con problemas de fertilidad. El caso de los híbridos interespecíficos OxG no es la excepción, lo cual se ve reflejado en porcentajes muy bajos de viabilidad y germinabilidad del polen (Figura 6), que aunado a limitaciones morfológicas de las inflorescencias femeninas (Meléndez y Ponce, 2016) y de atracción de insectos polinizadores, hace obligatoria la polinización asistida de las flores femeninas mediante la aplicación manual de polen derivado de plantas de *E. guineensis*, para que se formen frutos normales. Sin esta, los racimos son pobremente conformados, lo que resulta en bajas producciones de fruto y tasas de extracción. Sin embargo, la polinización asistida es un procedimiento muy intensivo en mano de obra y relativamente costoso (Mosquera-Montoya *et al*., 2020) que debe ser realizado cuando las flores están abiertas y receptivas (antesis o estadio fenológico 607) en una ventana de tiempo muy corta (Hormaza *et al.,* 2012). Si la polinización asistida se realiza antes o después de que ha pasado ese estadio, las flores difícilmente desarrollarán frutos, con lo cual el porcentaje de aceite en el racimo se verá drásticamente reducido (Forero *et al*., 2012).

Los racimos de los híbridos interespecíficos OxG, formados con la ayuda de la polinización asistida,

Figura 6. Viabilidad y germinabilidad de polen de palma africana *Elaeis guineensis* (dura, tenera, pisifera), de palma americana *Elaeis oleifera* (oleifera) y del híbrido interespecífico entre las dos especies (OxG). La viabilidad fue medida por la metodología del acetocarmín y, la germinabilidad, mediante germinación y siembra en agar suplementado con 8 % de sacarosa, según Guataquira *et al*. (2019)



contienen frutos partenocárpicos (sin semilla) que se desarrollan sin que haya fertilización de la ovocélula por parte de los granos de polen. A diferencia de los frutos partenocárpicos, que naturalmente se forman en la palma africana, los de los híbridos OxG contienen aceite que contribuye, en buena medida, al aceite total que se produce en estos racimos (Rincón *et al*., 2013). En muchas especies se ha visto que la formación de frutos partenocárpicos se encuentra regulada hormonalmente, con lo cual inducir su formación mediante la aplicación de hormonas es una alternativa interesante a las limitaciones en tiempo (ventana corta de receptividad del polen por parte de las flores femeninas) y en logística (dada por la vida útil del polen que es corta, y por las limitaciones de hacer la labor de la polinización en fines de semana o en otros momentos, que trae consigo una mala conformación de los racimos).

Los estudios de Daza *et al*. (2020) mostraron que entre diferentes hormonas, las auxinas son altamente eficientes en inducir la formación de los frutos partenocárpicos, lográndose producir racimos de buena conformación, sin la aplicación de polen (práctica a la que se le ha dado el nombre de polinización artificial) (Figura 7). Más aún, en estudios posteriores se logró establecer que el ácido naftalenacético, aplicado tres veces a intervalos de siete días, inducía la producción de racimos bien conformados, con *fruit set* por encima del 93 % y frutos partenocárpicos de tamaño superior a los obtenidos en la polinización asistida (Romero *et al*., 2021). Adicionalmente, se logró obtener un mayor número de racimos por hectárea, con contenidos de aceite a racimo 36 % más altos, que en los obtenidos cuando se usó polen (Figura 8).

Cosecha

La cosecha constituye una de las labores más importantes para asegurar la productividad y el rendimiento de aceite en el cultivo de la palma de aceite. En los híbridos interespecíficos OxG, el 33 % de los costos de producción están asociados a esta labor (Mosquera-Montoya *et al*., 2019), que debe ser realizada cuando los frutos en los racimos tienen el nivel más alto de aceite acumulado. Este punto, en el cual se alcanzan los mayores contenidos, se ha denominado el punto óptimo de cosecha (Rincón *et al*., 2013) y es diferente en los híbridos interespecíficos OxG de los cultivares de palma africana.

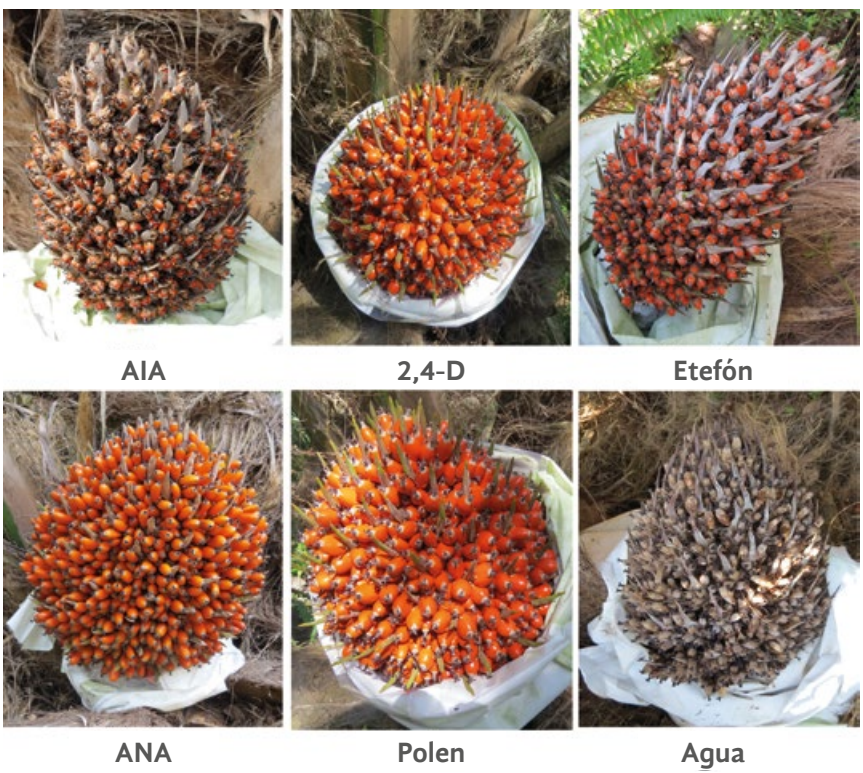


Figura 7. Efecto de la aplicación de diferentes hormonas y de polen en la formación de frutos y racimos en híbridos interespecíficos OxG. Se aplicaron soluciones hormonales de forma líquida a inflorescencias en estadio fenológico PS 607. AIA: ácido indol acético; 2,4-D: ácido 2,4-diclorofenoxiacético; ANA: ácido naftalenacético (Daza *et al*., 2020)

Normalmente, los palmicultores cosechaban los racimos de híbridos utilizando los criterios de *E. guineensis*, sin embargo, cuando se ajusta el punto óptimo de cosecha en los híbridos OxG, se pueden lograr incrementos substanciales en el potencial de aceite a racimo y en la tasa de extracción de aceite, que va de 4 a 11 puntos porcentuales de aceite a racimo, dependiendo del cultivar híbrido OxG (Figura 9). Así, la cosecha debe hacerse en el estadio fenológico 807, que ha sido definido para cada uno de los híbridos. Para ello Cenipalma ha publicado los criterios para identificar los racimos en punto óptimo cosecha de los principales híbridos interespecíficos OxG que se cultivan en el país (Caicedo-Zambrano *et al.*, 2020).

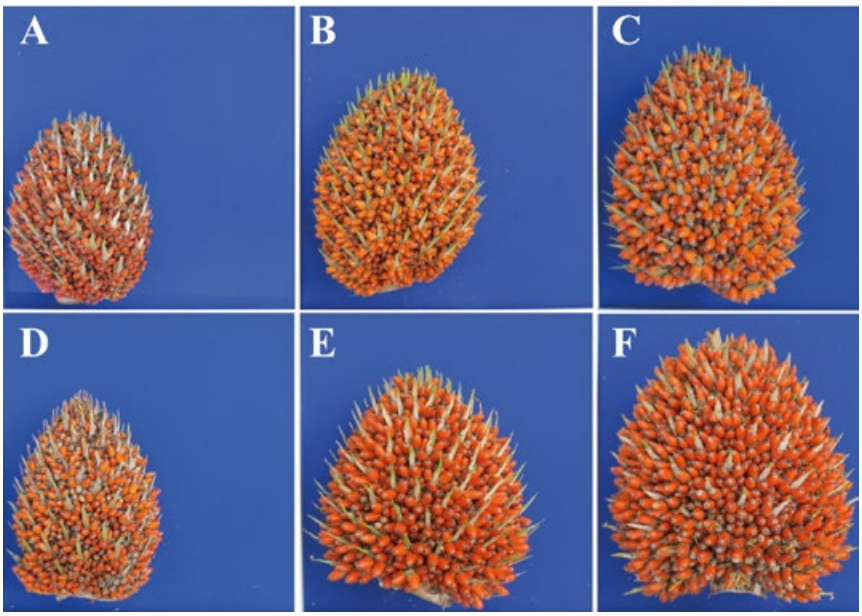
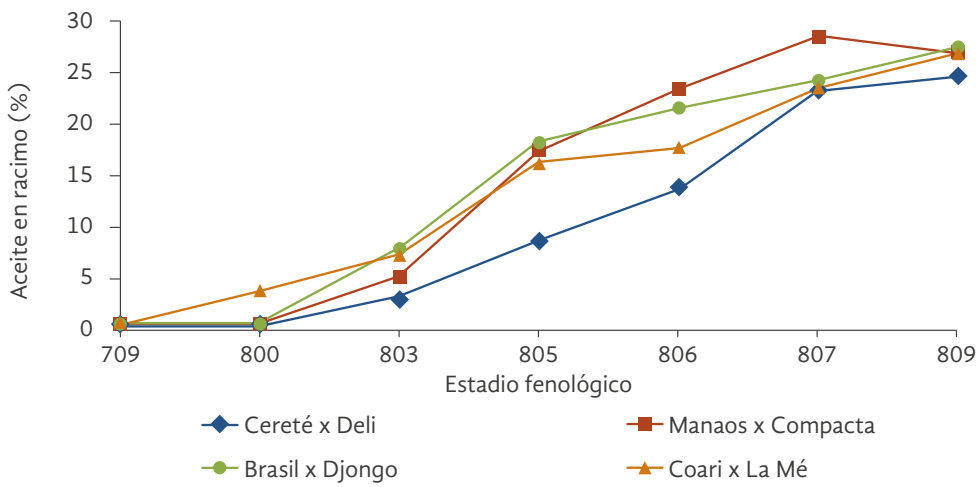


Figura 8. Efecto de la aplicación de 600 ppm (A, B, C) o 1.200 ppm (D, E, F) de ANA en la formación de racimos de frutos partenocárpicos en híbridos interespecíficos OxG. Estas aplicaciones se hicieron una vez (A, D), dos veces (B, E) o tres veces (C, F), a intervalos de siete días entre aplicaciones, en inflorescencias del híbrido interespecífico OxG, Coari x La Mé (Romero *et al.*, 2021)

Figura 9. Acumulación de aceite en el racimo en diferentes estadios fenológicos de maduración de los híbridos interespecíficos OxG. Las inflorescencias en estadio fenológico 607 fueron polinizadas con una mezcla de polen:talco, y los racimos fueron cosechados en cada estadio fenológico, según la escala desarrollada por Cenipalma (Caicedo-Zambrano *et al.*, 2020; Hormaza *et al.*, 2012)



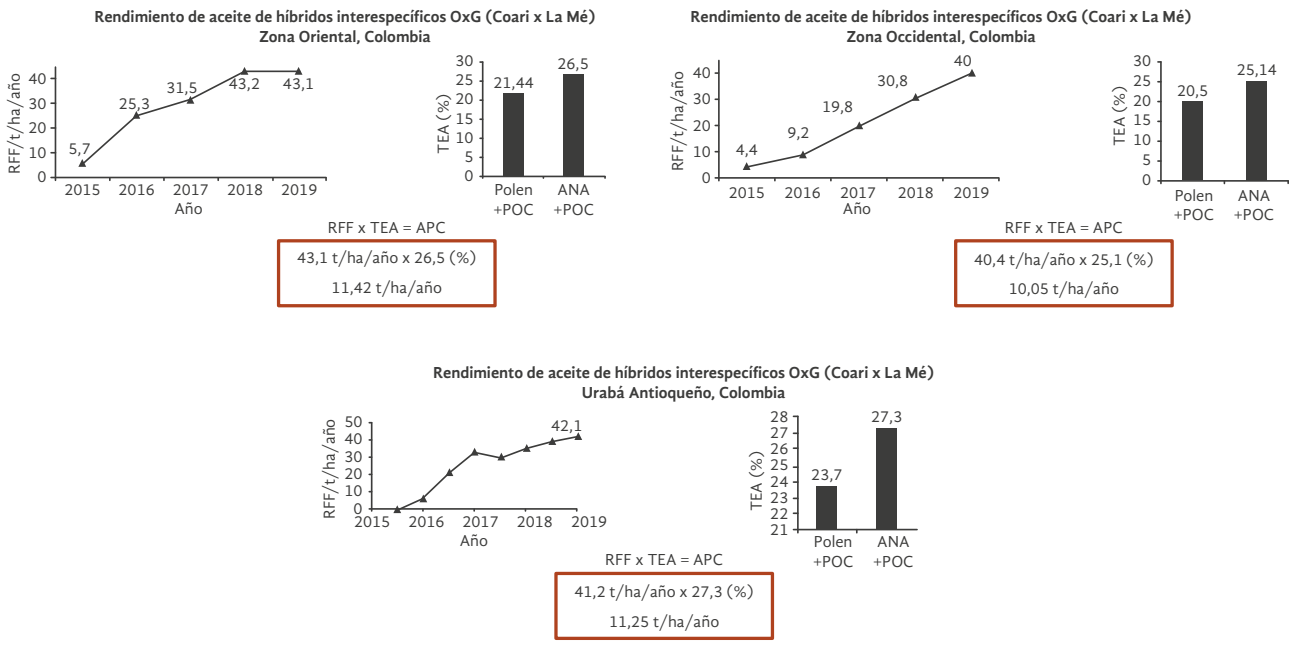
¿Cuál es la realidad hoy?

Cenipalma ha desarrollado numerosas investigaciones que, junto con los avances logrados por plantaciones, han mejorado la competitividad de los híbridos interespecíficos OxG. Los desarrollos en el control de plagas y enfermedades, así como en el manejo del agua y la nutrición han disminuido las limitantes más importantes para alcanzar buenos rendimientos de frutos. Así mismo, la identificación del punto óptimo de cosecha para cada uno de los híbridos y la implementación de la tecnología ANA (polinización artificial) han posibilitado rendimientos de aceite no vistos antes. De esta manera, en las diferentes zonas en las que se siembran los híbridos interespecíficos OxG se están logrando producciones de 40 y más toneladas de fruto, que junto con tasas de extracción (en planta, comerciales) de más del 25 % han llevado a cultivos que hoy producen más de 10 toneladas de aceite por hectárea por año (Figura 10). Por ello, sin incrementar la zona plantada en el mundo con palma de aceite, el uso de los híbridos interespecíficos OxG, junto con las buenas prácticas agronómicas, la implementación del punto óptimo de cosecha y las aplicaciones de ANA, puede suplir las demandas de aceites y grasas del planeta.

Agradecimientos

A los investigadores y tecnólogos de los programas de Biología y Mejoramiento, Plagas y Enfermedades, Procesamiento, Agronomía, Validación y Extensión de Cenipalma. A la Coordinación Fitosanitaria de Cenipalma. A los comités y subcomités agronómicos y de plantas de beneficio. A las empresas palmicultoras y a los pequeños y medianos cultivadores. La investigación de Cenipalma es financiada por el Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.

Figura 10. Producción de aceite de híbridos interespecíficos OxG en plantaciones de las diferentes zonas palmeras de Colombia. Para lograr las altas producciones de aceite se implementaron las mejores prácticas agronómicas, la cosecha bajo criterios del punto óptimo de cosecha y la aplicación de ANA



Referencias

Arias, D., González, M., Prada, F., Ayala-Díaz, I., Montoya, C., Daza, E. & Romero, H. M. (2015). Genetic and Phenotypic Diversity of Natural American Oil Palm (*Elaeis oleifera* (HBK) Cortés) accessions. *Tree Genetics & Genomes*, *11*(6), 122.

Ávila-Diazgranados, R. A., Daza, E. S., Navia, E. & Romero, H. M. (2016). Response of Various Oil Palm Materials (*Elaeis guineensis* and *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* interspecific hybrids) to Bud Rot Disease in the Southwestern Oil Palm-growing Area of Colombia. *Agronomia Colombiana*, *34*(1), 74-81. Recuperado de https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1.53760

Ávila-Méndez, K., Ávila-Diazgranados, R., Pardo, A., Herrera, M., Sarria, G. & Romero, H. M. (2019). Response of *in vitro* Obtained Oil Palm and Interspecific OxG Hybrids to Inoculation with *Phytophthora palmivora*. *Forest Pathology*, *49*(2), e12486.

Benítez, E. & García, C. (2015). The History of Research on Oil Palm Bud Rot (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Colombia. *Agronomía Colombiana*, *32*(3), 390-398. Recuperado de https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n3.46240

Caicedo-Zambrano, A., Millan-Orozco, E., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. M. (2020). *Criterios de cosecha en cultivares híbrido: características que evalúan el punto óptimo de cosecha en palma de aceite* (Segunda Edición).

Corley, R. H. V. & Tinker, P. B. (2016). *The Oil Palm* (Quinta Edición). Wiley Blackwell.

Daza, E., Ayala-Díaz, I., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. M. (2020). Effect of the Application of Plant Hormones on the Formation of Parthenocarpic Fruits and Oil Production in Oil Palm Interspecific Hybrids (*Elaeis oleifera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, 1-9. Recuperado de https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1862681

Fedepalma. (2020). *Statistical Yearbook 2019*. Federación Colombiana de Cultivadores de Palma de Aceite.

Forero, D. C., Hormaza, P. A., Moreno, L. P. & Ruíz, R. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite*.

Guataquira, S., Mesa-Fuquen, E., Ruíz-Romero, R. & Romero-Angulo, H. M. (2019). Evaluación de la viabilidad y germinabilidad del polen durante la labor de polinización asistida en campo. *Revista Palmas*, *40*(1), 13-20.

Hardon, J. J. (1969). Interspecific Hybrids in the Genus *Elaeis* II. Vegetative Growth and Yield of F1 Hybrids *E. guineensis* x *E. oleifera*. *Euphytica*, *18*, 380-388. Recuperado de https://doi.org/10.1007/BF00397785

Hormaza, P., Fuquen, E. M. & Romero, H. M. (2012). Phenology of the Oil Palm Interspecific Hybrid *Elaeis oleifera x Elaeis guineensis*. *Scientia Agricola*, *69*(4), 275-280. Recuperado de https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000400007

Hurtado, J. & Ramos, G. (1970). Estudio de la palmera Nolí (*Elaeis melanococca* Gaert.) y preliminares de su fitomejoramiento en Colombia. *Acta Agronómica*, *20*(1, 2), 9-23.

Meléndez, M. R. & Ponce, W. P. (2016). Pollination in the Oil Palms *Elaeis guineensis*, *E. oleifera* and their Hybrids (OxG), in Tropical America. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, *46*(1), 102-110. Recuperado de https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4638196

Mosquera-Montoya, M., Lopéz-Alfonso, D., Ruíz-Álvarez, E., Valderrama-Villanobona, M. & Luis, E. (2019). Mano de obra en cultivos de palma aceitera de Colombia: participación en el costo de producción y demanda. *Revista Palmas*, *40*(1), 46-53.

Mosquera-Montoya, M., Ruiz, E., Munévar-Martínez, D. E., Castro, L., Moreno, L. P. & López-Alfonso, D. F. (2020). Oil Palm Agroindustry 2019 Production Costs: a Benchmarking Study among Companies that Have Adopted Good Practices *Revista Palmas*, *41*(4), 4-14.

Rincon, S. M., Hormaza, P. A., Moreno, L. P., Prada, F., Portillo, D. J., García, J. A. & Romero, H. M. (2013). Use of Phenological Stages of the Fruits and Physicochemical Characteristics of the Oil to Determine the Optimal Harvest Time of Oil Palm Interspecific OxG Hybrid Fruits. *Industrial Crops and Products*, *49*, 204-210.

Romero, H. M., Daza, E., Ayala-Díaz, I. & Ruiz-Romero, R. (2021). High-Oleic Palm Oil (HOPO) Production from Parthenocarpic Fruits in Oil Palm Interspecific Hybrids Using Naphthalene Acetic Acid. *Agronomy*, *11*(2), 290. Recuperado de https://doi.org/10.3390/agronomy11020290

Sundram, S. & Intan-Nur, A. M. A. (2017). South American Bud Rot: A Biosecurity Threat to South East Asian Oil Palm. *Crop Protection*, *101*, 58-67. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.07.010

Torres, G., Sarria, G., Martínez, G., Varón, F., Drenth, A. & Guest, D. (2016). Bud Rot Caused by *Phytophthora palmivora*: A Destructive Emerging Disease of Oil Palm. *Phytopathology*, *106*(4), 320-329. Recuperado de https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-15-0243-RVW

Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M. & Giller, K. E. (2017). Yield Gaps in Oil Palm: A Quantitative Review of Contributing Factors. *European Journal of Agronomy*, *83*, 57-77.

La calidad del aceite de palma como un nuevo reto para la palmicultura mundial

Palm Oil Quality as a New Challenge for Palm Cultivation Worldwide

Citación: Baena-S., M. A., García-Nunez, J. A., González-D., A., Mondragón, A. & Caballero-B., K. (2021). La calidad del aceite de palma como un nuevo reto para la palmicultura mundial. *Palmas*, *42*(1), 65-80.

Palabras clave: Aceite de palma, Calidad, Comercialización, Fitonutrientes, Precursores de contaminantes, Contaminantes del aceite de palma.

Keywords: Palm oil, Quality, Trade, Phytonutrients, Pollutant precursors, Palm oil pollutants.

Baena S. María A.
Analista del Proyecto Especial de Salud y Nutrición de Cenipalma

García-N. Jesús A.
Coordinador del Programa de Procesamiento de Cenipalma
jgarcia@cenipalma.org

González D. Alexis
Asistente de Investigación II de Cenipalma

Mondragón Alexandra
Responsable del Proyecto Especial de Salud y Nutrición de Cenipalma

Caballero B. Kennyher
Auxiliar de Investigación I de Cenipalma

Resumen

A nivel mundial, los productores de aceite de palma crudo (APC) se han visto en la necesidad de adaptarse a las más recientes exigencias de calidad de los distintos mercados, al igual que a los requisitos normativos pedidos por los países en donde se comercializa este tipo de aceite. Actualmente, más y nuevos parámetros de calidad conforman el grupo de requerimientos exigidos por los compradores durante las negociaciones del APC, materia prima indispensable para la producción de distintos alimentos. Hoy por hoy, los metales pesados, trazas de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, cloropropanoles y compuestos de cloro y fósforo son monitoreados con mayor frecuencia durante la evaluación de las propiedades y características del aceite de palma

crudo y refinado para su comercialización. Adicional a estos parámetros de calidad, es necesario tener en cuenta los que comúnmente se utilizan como el contenido de ácidos grasos libres (AGL), el índice de deterioro de la blanqueabilidad (DOBI) y la humedad e impurezas. En la actualidad, se trabaja de manera exhaustiva en la búsqueda de buenas prácticas de cultivo, procesamiento y refinación que garanticen la reducción de compuestos contaminantes del APC y de los precursores de contaminantes para los aceites refinados. De otro lado, el APC tiene una gran cantidad de compuestos menores con alto potencial nutricional y la capacidad de generar elementos de alto valor agregado que no han sido debidamente utilizados. El objetivo del presente artículo es dar a conocer parte de las características que atribuyen valor nutricional al aceite de palma y los nuevos retos que enfrenta el sector palmero en lo referente a la presencia y disminución de precursores de contaminantes y de contaminantes formados durante la producción del aceite de palma, asimismo, pretende resaltar las prácticas que han dado buenos resultados en la mitigación de estos compuestos.

Abstract

Producers of crude palm oil (CPO) worldwide have seen the need to adapt to the latest quality requirements of various markets and the regulatory requirements of the countries where this oil is marketed. Buyers are demanding more and new quality parameters when negotiating CPO, a raw material that is essential to produce different foods. Today, heavy metals, traces of aromatic and aliphatic hydrocarbons, chloropropanols, and chlorine and phosphorus compounds are most frequently monitored during the evaluation of the properties and characteristics of crude and refined palm oil for marketing. In addition to these quality parameters, other commonly used parameters, such as the free fatty acids (FFA) content, the deterioration o bleachability index (DOBI), and humidity and impurities, should also be considered. Currently, extensive work is being carried out in the search for good cultivation, processing and refining practices that guarantee the reduction of CPO contaminant compounds and pollutant precursors for refined oils. On the other hand, CPO has many minor compounds with high nutritional potential and the capacity to generate high value-added elements that have not been adequately utilized. This article aims to present some of the characteristics that contribute nutritional value to palm oil and the new challenges the oil palm sector faces regarding the presence and reduction of pollutant precursors and pollutants formed during palm oil production. Likewise, it aims to highlight the practices that have been successful in mitigating these compounds.

Introducción

El cultivo de palma de aceite en Colombia ha tenido una expansión importante en los últimos años, pasando de 540.687 hectáreas sembradas en 2018 a 559.582, a finales de 2019, 18.895 hectáreas adicionales que representan un incremento del 3,49 % en el cultivo (Fedepalma, 2020). Asimismo, la producción de aceite de palma crudo (APC) en Colombia alcanzó 1.528.739 toneladas para el 2019 (Fedepalma, 2020). En las plantas de beneficio de palma de aceite en Colombia, el APC se produce mediante extracción mecánica, bajo condiciones específicas de presión y de temperatura, de los frutos maduros producidos por los cultivares de palma tipo tenera cruce dura x pisifera (DxP) (*Elaeis guineensis* Jacq.) o de los híbridos interespecíficos OxG (*Elaeis oleifera x Elaeis guineensis*) (Gesteiro *et al*., 2018). En cuanto al mercado del APC en Colombia, entre los años 2014 y 2019, la mayor parte de esta materia prima fue aprovechada en la manufactura de productos alimenticios, seguido por la producción de biodiésel, concentrados para animales y, por último, para la obtención de productos cosméticos (Fedepalma, 2019).

Desde el punto de vista de los compuestos benéficos que contiene el APC, se puede mencionar que es graso y rico en tocotrienoles, una forma de vitamina E caracterizada por su alto poder antioxidante (Mba *et al.*, 2015). Además, es fuente natural de carotenos, un pigmento que actúa como provitamina A, el cual es necesario para el sistema inmunológico y es esencial durante el desarrollo de la visión (Chaves *et al.*, 2018; Estiasih y Ahmadi, 2018). De manera adicional, contiene otros compuestos minoritarios como escualeno, polifenoles, fitoesteroles y, en algunos reportes, se ha indicado la presencia de coenzima Q-10 (Koufaki, 2016; Ribeiro *et al.*, 2018; Sampaio *et al.*, 2017; Uddin *et al.*, 2015; Zhou *et al.*, 2019). Estos fitoquímicos agregan valor al APC, y hacen de este un atractivo para su inclusión en productos con potencial funcional (S. C. Chew *et al.*, 2019; Dian *et al.*, 2017).

En contraste, metales pesados como el cobre (Cu), el plomo (Pb), el hierro (Fe) y el arsénico (As), al igual que los hidrocarburos aromáticos de aceite mineral (MOAH por sus siglas en inglés) y alifáticos hidrocarburos aromáticos de aceite mineral (MOSH por sus siglas en inglés), los bifenilos policlorados (PCB's por sus siglas en inglés), las trazas de dioxinas, de plaguicidas, de hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos clorados y fosforados repercuten en las especificaciones de calidad del APC (C. L. Chew *et al.*, 2021; Santiago *et al.*, 2021). Además, una concentración elevada de compuestos organoclorados y de mono y diglicéridos en el APC durante su refinación, conduce a la formación de ésteres de 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPD), de 2-monocloropropano-1,3-diol (2-MPCD) y de ésteres glicidílicos (EG), respectivamente (Hew *et al.*, 2020; Velisek *et al.*, 2011; Vispute y Dabhade, 2018).

En cuanto a la salud de los consumidores, la garantía de la inocuidad de los alimentos es una característica indispensable para los distintos clientes (Kushairi *et al.*, 2019). Según las tendencias de las conductas alimentarias actuales, con mayor frecuencia, un número más grande de personas se interesa en conocer la forma de producción, el origen de las materias primas, la manera en cómo se comercializa, el contenido nutricional, los ingredientes naturales y los adicionados artificiales que se encuentran en los productos que consumen (FAO *et al.*, 2019). Siendo todo lo anterior, factores que se han vuelto determinantes durante la decisión de compra de un producto alimenticio (Piernas *et al.*, 2014). De forma tal que los consumidores se han tornado más críticos y consientes en temas relacionados con la nutrición y la alimentación (Barrera *et al.*, 2014), buscando prevenir la aparición o el desarrollo de enfermedades crónicas o el envejecimiento prematuro de órganos y tejidos (Simpson *et al.*, 2017; Springmann *et al.*, 2018). Por lo que la adquisición de alimentos a buen precio y de buena calidad, funcionales y que aporten al sustento de la salud, ahora son protagonistas. Como consecuencia de estas nuevas tendencias, la industria alimentaria se encuentra en renovación e innovación constante, y en la búsqueda de nuevas o de mejoradas materias primas que hagan sus productos más atractivos (Vicentini *et al.*, 2016).

Hoy por hoy, gran parte de los esfuerzos del sector palmero a nivel internacional se han centrado en la mitigación de precursores de contaminantes organoclorados, al igual que en la obtención de APC con características de calidad superiores a las establecidas, para su negociación y comercialización en los distintos mercados. De modo que, continúa trabajando constantemente en el desarrollo de prácticas aplicables a lo largo de la cadena de producción del APC para la mitigación del contenido de contaminantes y de precursores de estos compuestos (Code of Practice for the Reduction of 3-Monochloropropane-1,2-Diol Esters (3-MCPDE) and Glycidyl Esters (GEs) in Refined Oils and Food Products Made with Refined Oils, 2019). Dichas prácticas incluyen medidas que pueden ser aplicadas en el cultivo, en la planta de beneficio y en la refinadora.

En Colombia, todos estos esfuerzos se han centralizado en la obtención de APC de mejores características, con propiedades diferenciables y con atributos nutricionales y funcionales únicos. Sin dejar de mencionar las acciones que desde el sector palmero colombiano se llevan a cabo para garantizar que estas mejoras aseguren la sostenibilidad del sector y generen impactos mínimos en el ambiente. Por todo lo anterior, el objetivo del presente documento es resaltar los trabajos más relevantes, desarrollados por parte del Programa de Procesamiento de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), en lo referente a mejorar y mantener la calidad, además de potenciar las propiedades que atribuyen valor nutricional al aceite de palma, dando prioridad a los

nuevos retos que enfrenta el sector ante la presencia y disminución de contaminantes formados durante su producción, además, pretende destacar las prácticas que han dado buenos resultados en la mitigación de estos compuestos.

Composición general del aceite de palma crudo

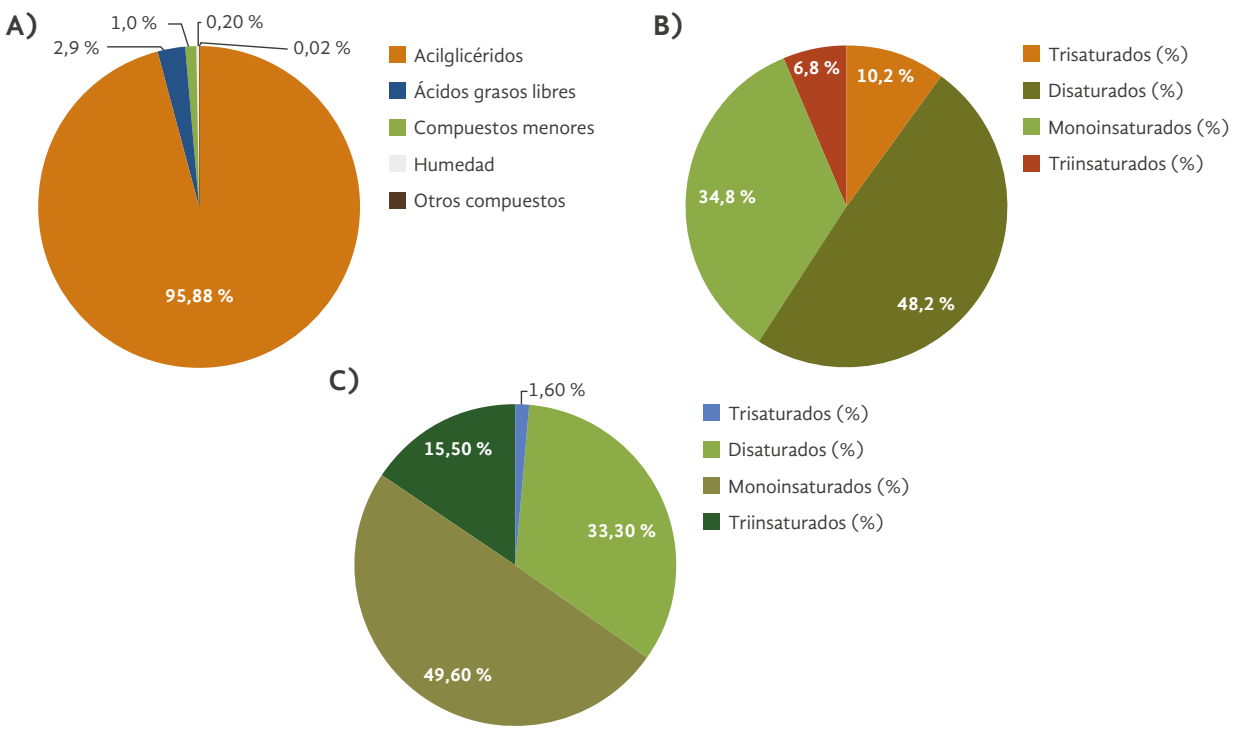
Los acilglicéridos conforman cerca del 95,9 % del APC (Mba *et al.*, 2015) (Figura 1), mientras que los ácidos grasos libres (AGL) forman parte de un 2,9 % adicional (Chinenye, 2020). Asimismo, el grupo de compuestos menores, integrado por carotenoides, tocoferoles, tocotrienoles, polifenoles, escualeno, entre otros, constituyen alrededor del 1,0 % del APC (Rodríguez *et al.*, 2016) (Figura 2). Entre tanto, el contenido de humedad y de otros compuestos en el APC de buena calidad, no superan el 0,20 % ni el 0,02 %, respectivamente (Prasanth Kumar y Gopala Krishna, 2014) (Figura 1-A).

De otro lado, los acilglicéridos en el APC DxP son en 10,2 % trisaturados, 48 % disaturados, 34,6 % monoinsaturados y 6,8 % triinsaturados (Figura 1-B), en contraste, en el APC extraído del cultivar híbrido OxG Coari x La Mé, estos compuestos son en un 1,6 % trisaturados, 33,3 % disaturados, 49,6 % monoinsaturados y 15,5 % triinsaturados (Figura 1-C). En consecuencia, ciertas propiedades fisicoquímicas en el APC, tales como: punto de fusión, índice de refracción, índice de yodo y perfil lipídico varían dependiendo del cultivar del cual haya sido extraído (Mozzon *et al.*, 2013, 2018).

Compuestos menores en el aceite de palma crudo

La vitamina E y los carotenoides hacen parte del grupo de constituyentes minoritarios del APC, con cerca de 600 ppm a 1.000 ppm (Md Sarip *et al.*, 2016) y de 500 ppm a 700 ppm (Han y Choo, 2015),

Figura 1. A. Composición general del APC. B. Acilglicéridos en el APC DxP (%p/p). C. Acilglicéridos en el APC OxG, cultivar Coari x La Mé. Adaptado de: Chinenye, 2020; Mba *et al.*, 2015; Prasanth Kumar y Gopala Krishna, 2014; Rodríguez *et al.*, 2016



respectivamente. Estas son sustancias importantes para el correcto funcionamiento fisiológico de los organismos, pues son antioxidantes fuertes, esenciales para el crecimiento y la visión (Bennett *et al.*, 2012; Karmowski *et al.*, 2015; Koushki *et al.*, 2015; Rubin *et al.*, 2017). El APC contiene, además, entre 300 ppm a 620 ppm de fitoesteroles (Chang *et al.*, 2016), 250 ppm a 540 ppm de escualeno (terpeno hipocolesterolémico) (May y Nesaretnam, 2014), 18 ppm a 80 ppm de ubiquinona o coenzima Q10 (CoQ10) (Zou *et al.*, 2012), 20 ppm a 100 ppm de fosfolípidos y de 40 ppm a 70 ppm de polifenoles (Chang *et al.*, 2016). La Figura 2 presenta la composición aproximada del grupo de compuestos minoritarios presentes en el APC. Cabe aclarar que esta puede variar dependiendo del cultivar del cual haya sido extraído (Mozzon *et al.*, 2013, 2018).

La vitamina E es un antioxidante potente, capaz de neutralizar radicales libres al donar átomos de hidrógeno presentes en la estructura (Peh *et al.*, 2016). El α-tocoferol es considerado como la forma isomérica más dominante de la vitamina E, sin embargo, se ha demostrado que los tocotrienoles poseen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes superiores a las de los tocoferoles (Karmowski *et al.*, 2015). Estudios previos realizados en Colombia por Cenipalma encontraron que el contenido promedio de vitamina E (1.113 ppm) en los APC DxP, estuvo representado por aproximadamente 12,5 %$^{p/p}$ en tocoferoles y 87,5 %$^{p/p}$ en tocotrienoles (Rincón Miranda y Martínez Cárdenas, 2009). Algunos han reportado que la vitamina E tiene efectos positivos en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Goon *et al.*, 2017), óseas (Dutta y Dutta, 2003), oculares y neurológicas (Musa *et al.*, 2017), nefrológicas y diferentes tipos de cáncer (Peh *et al.*, 2016).

De otro lado, los carotenos son pigmentos de estructura orgánica que se encuentran en las plantas y en otros organismos fotosintéticos (Qian *et al.*, 2012). El α- y β-caroteno son provitaminas que actúan como sustancias importantes requeridas por el cuerpo humano para la síntesis de la vitamina A, grupo conformado por compuestos orgánicos insaturados como el retinol, retinal, el ácido retinoico y otros carotenoides provitamina A (Gul *et al.*, 2015). Por otra parte, el escualeno es un precursor bioquímico del colesterol y de otros esteroides en el cuerpo humano (Buddhan *et al.*, 2007). También es una sustancia bioactiva perteneciente a la clase de antioxidantes denominados como isoprenoides, que tienen la capacidad de prevenir los efectos nocivos de los radicales libres presentes en el cuerpo (Buddhan *et al.*, 2007; Narayan Bhilwade *et al.*, 2010).

Además, el colesterol, uno de los fitoesteroles de mayor concentración en el APC, es un componente importante de las membranas celulares y es el precursor de moléculas bioquímicamente activas como: hormonas (Šošić-Jurjević *et al.*, 2017), vitamina D (Prabhu *et al.*, 2016) y ácidos biliares (Hanel y Carlberg, 2020; Nuno M. F. S. A *et al.*, 2016; Zerbinati y Iuliano, 2017).

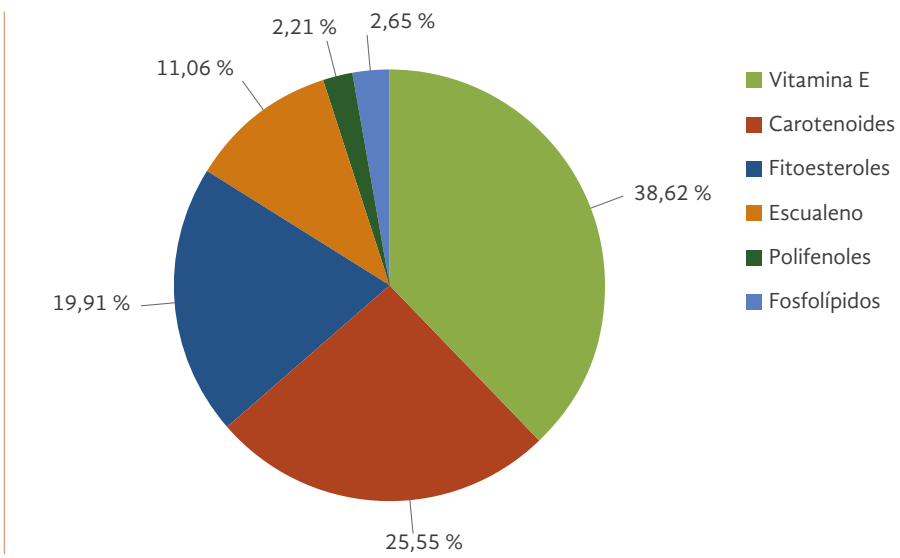


Figura 2. Porcentajes aproximados de compuestos menores en el APC

Antioxidantes y compuestos fenólicos y polifenólicos totales en el APC con la capacidad de combatir el estrés oxidativo y las especies reactivas de oxígeno

El APC con mayor contenido de ácido oleico extraído del cultivar híbrido OxG Coari x La Mé (APAO) es un sustrato rico en compuestos menores con actividad biológica y funcional que, en dosis adecuadas, estimula el sistema inmunitario y brinda protección frente a especies reactivas de oxígeno (EROs), como los radicales libres (Liochev, 2013). Las EROs pueden causar perturbaciones a nivel celular, facilitar la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y de los aminoácidos que constituyen las proteínas (Goon *et al*., 2017). El consumo de alimentos con altas concentraciones de compuestos con actividad antioxidante como carotenoides, fenoles, polifenoles e isoprenoides, minimiza la reactivad de las EROs a nivel celular y son aliados para combatir el estrés oxidativo (Buddhan *et al*., 2007; Narayan Bhilwade *et al*., 2010).

En estudios desarrollados por el Programa de Procesamiento de Cenipalma, se determinó el contenido de compuestos fenólicos y polifenólicos totales al igual que la capacidad antioxidante en APAO crudo y comercial de distinta procedencia, por medio del ensayo de Folin-Ciocalteu y del método del radical libre DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidracilo), respectivamente. En extractos metanólicos de APAO crudo, recolectado en dos plantas de beneficio de palma de aceite (A y B), se estimaron concentraciones medias de fenoles totales, expresadas en términos equivalentes de ácido gálico (AG), de 169,8±4,12 µmol AG·100g^{-1} y de 173,2±3,21 µmol AG·100g^{-1}, respectivamente, mientras que en los extractos metanólicos de APAO comercial Nolí se determinó un contenido promedio equivalente de 125,3±4,63 µmol AG·100g^{-1} (Figura 3).

De otro lado, los extractos metanólicos de APAO crudo de las plantas de beneficio A y B inhibieron el radical libre DPPH• en cerca del 77,7 % y del 74,0 %, respectivamente. Asimismo, los extractos metanólicos del APAO comercial Nolí lograron inhibir el radical libre DPPH• en un promedio de 76,4 % (Figura 4).

Figura 3. Compuestos fenólicos y polifenólicos totales en APAO crudo y comercial, y en APC DxP

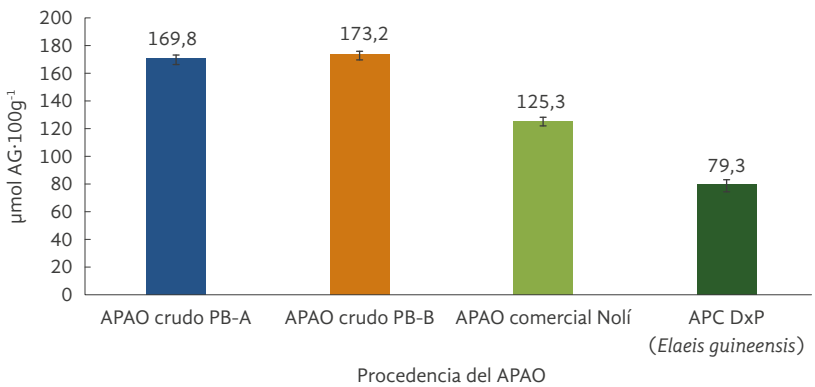
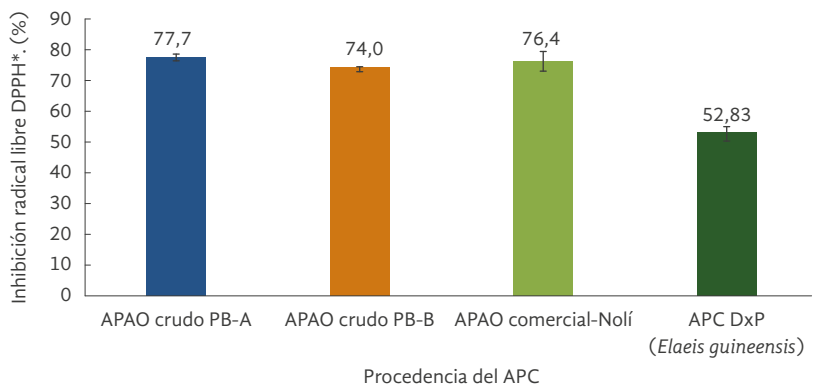


Figura 4. Porcentaje de inhibición del radical libre DPPH• por extractos metanólicos de APAO crudo (PB-A: planta de beneficio A; PB-B: planta de beneficio B), de APAO comercial Nolí y de APC DxP



Tanto el contenido de fenoles totales como el porcentaje de inhibición del radical libre DPPH· fueron propiedades que se mostraron superiores en los extractos metanólicos de APAO crudo y comercial, al hacer un contraste con estas mismas características, pero determinadas en extractos metanólicos de aceite de palma crudo extraído de cultivares de palma tipo tenera dura x pisifera (*Elaeis guineensis* Jacq.).

El APAO es un sustrato rico en compuestos activos que tienen la capacidad de brindar protección a organismos biológicos frente a radicales libres, iones de oxígeno y peróxidos orgánicos e inorgánicos, resultantes del metabolismo celular y/o presentes de manera natural en el ambiente. Los compuestos fenólicos metilados (tocoferoles y tocotrienoles, principalmente), los carotenoides (α- y β-caroteno, mayormente) y el escualeno presente en el APAO son considerados como el principal grupo de fitonutrientes con actividad antioxidante presente en este tipo de aceites.

Mezclas entre APC procedente de cultivares de palma tipo DxP y OxG

En las plantas de beneficio, una práctica que se ha vuelto común es la mezcla entre APC DxP y APC OxG, por la proporción de fruta que se procesa de cada uno de ellos y/o la facilidad, o no, de separar los aceites durante el almacenamiento. Esta también depende de la facilidad, o no, de vender aceites mezclados (González-Diaz *et al*., 2019). Este último tiene un efecto directo en los clientes de las plantas de beneficio, es decir, las refinadoras de aceite. Un porcentaje alto de mezcla con aceite OxG puede llevar a un mayor consumo de tierras de blanqueo y a efectuar un cambio en la producción y calidad de las oleínas y las estearinas que se fabrican en las refinadoras, también disminuye la cantidad de estearina (fracción más sólida, compuesta principalmente por ácidos grasos saturados) y aumenta la proporción de oleína (fracción más líquida con un mayor contenido de ácidos grasos (AG) insaturados). Esto hace que se afecten los procesos que se tienen estandarizados en las refinadoras y que pueda haber un cambio en la composición de sus productos. Dependiendo de su mercado objetivo, estas mezclas podrían transformar las relaciones comerciales de estas industrias (González-Diaz *et al*., 2019; Rincón-Miranda *et al*., 2013).

Por otra parte, los valores asociados al índice de yodo (IY) del APC DxP (50 a 55) están directamente relacionados con el grado de insaturaciones presentes en la matriz lipídica. A razón de esto, el valor del IY en el APC OxG del cultivar Coari x La Mé se encuentra en un rango entre 60 a 72, al contener un número mayor de AG insaturados (Koushki *et al*., 2015; Ramírez, 2004). En la Tabla 1 se presenta el valor del IY encontrado en la caracterización de APC extraído de diferentes cultivares de híbridos interespecíficos OxG y de DxP.

Compuestos contaminantes en el aceite de palma

Cloro

Durante el cultivo, se puede evidenciar que entre las principales fuentes de cloro se encuentran las sales de cloro (agua de riego), remanentes de fertilizantes,

Tabla 1. Valores promedio máximos y mínimos encontrados en la determinación del IY en APC de diferentes cultivares de palma de aceite

Cultivar de palma de aceite	Índice de yodo (promedio)	IY máximo	IY mínimo
OxG Coari x La Mé	68,53	68,93	67,26
OxG Brasil x Djongo	63,01	69,66	56,38
OxG Cereté x Deli	61,68	66,75	52,95
OxG Manaos x Compacta	60,13	65,53	50,63
Elaeis guineensis	54,6	52,2	55,7

compuestos organoclorados como los pesticidas e insecticidas y lluvias. Adicionalmente, la presencia de sales de cloro más condiciones ácidas permiten la formación de ácidos grasos libres, diglicéridos y monoglicéridos, los cuales son considerados precursores para la formación de los contaminantes MCPD y GE. En la Figura 5 se puede observar cómo la descomposición de compuestos de cloro orgánico presentes en el APC influye en la formación de 3-MCPD diésteres (Taylor *et al.*, 2011).

Seguimiento en el contenido de contaminantes en aceite refinado a nivel nacional

Para la obtención de datos y seguimiento en el contenido de estos contaminantes, se decidió tomar una muestra inicial aleatoria a nivel nacional de aceite de palma terminado, esto con el fin de definir el contenido de 3-MCPD y GE, el ideal era identificar el cumplimiento de la regulación emitida por la Unión Europea de 2,5 ppm ($mg \cdot kg^{-1}$) de 3MCPD y 1,0 ppm ($mg \cdot kg^{-1}$) de GE. De acuerdo con las muestras identificadas se puede evidenciar el cumplimiento de 3MCPD en el 75 % de estas, y solo 1 de las 8 muestras cumplió con respecto al contenido de GE (Figura 6).

Otros compuestos contaminantes en el APC

Otro de los componentes presentes en el aceite de palma proveniente de lubricantes son los hidrocarburos saturados de aceite mineral (MOSH por sus siglas en inglés) y los hidrocarburos aromáticos de aceites minerales (MOAH por sus siglas en inglés), lo que se ha identificado frente a los riesgos y a los niveles máximos de exposición a estos contaminantes es que, con respecto a los MOSH, se acumulan en tejidos, nódulos linfáticos, bazo e hígado y pueden llegar a causar granulomas, y los MOAH son considerados como posibles sustancias carcinogénicas y mutagénicas (AECOSAN, 2016).

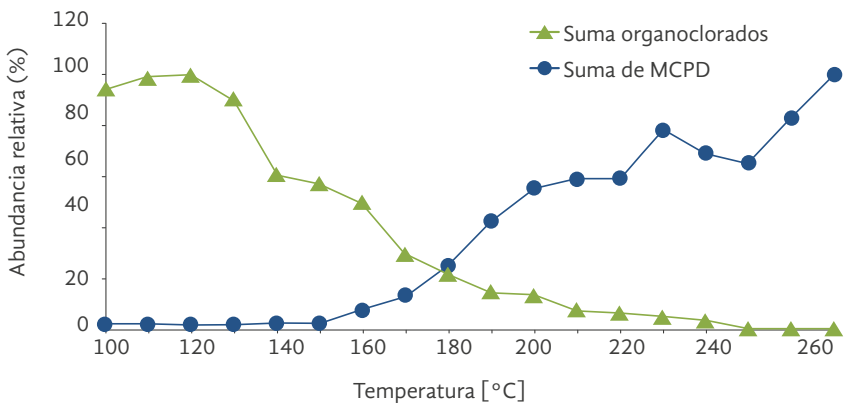


Figura 5. Relación entre temperatura y abundancia relativa de organoclorados y MCPD (Taylor *et al.*, 2011)

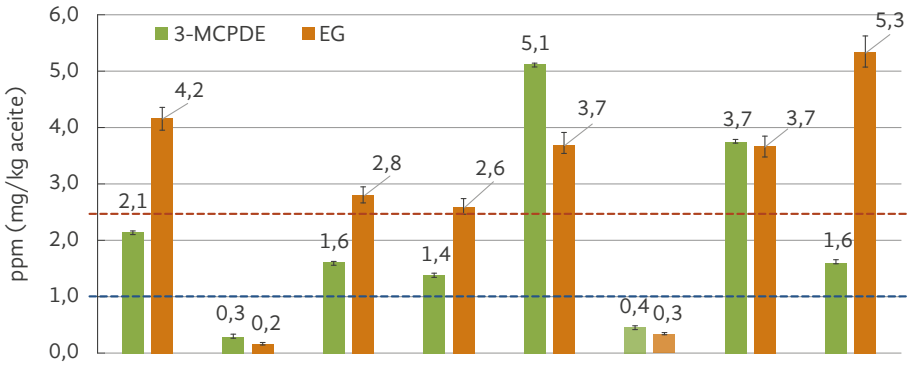


Figura 6. Ésteres de 2- y 3-MCPD y ésteres glicidílicos (EG) en aceites vegetales comerciales (muestras en estanterías)

Lo que se ha identificado es que la contaminación no requiere contacto directo entre el APC y el material que contiene los hidrocarburos, pues puede transferirse por evaporación, transporte en fase gaseosa o recondensación en los alimentos, por ejemplo, en proceso de esterilización es importante tener en cuenta que los aceites minerales para uso alimentario tienen contenidos de MOAH por debajo de 3 %, dentro de los requerimiento de clientes para el APC y el aceite de palmiste (PKO) para MOSH es menor a 10 ppm y para MOAH menor a 2 ppm (Figura 7).

Características encontradas en el aceite de palma crudo en Colombia

En la Tabla 2 se pueden observar las características encontradas en el APC en Colombia, donde se puede identificar un mínimo y un máximo por cada parámetro de calidad con respecto a ácidos grasos libres, cloro, MOSH, MOAH y fósforo, además, del contenido de metales como hierro, cobre, plomo y arsénico. De igual forma, se puede identificar el máximo permitido de acuerdo con la normatividad vigente a nivel mundial con respecto a cada uno de ellos (Tabla 2).

Características del aceite de palma de óptima calidad

Los países productores de aceite como Malasia o Indonesia están en la búsqueda de desarrollar un APC prémium, con unas especificaciones a tener en cuenta frente a los parámetros de calidad, como se puede observar en la Tabla 3.

Normatividad vigente y requerimientos de un comprador en Colombia

Es indispensable tener en cuenta que todo lo anteriormente mencionado va alineado a la normatividad técnica colombiana, la Resolución 2154 de 2021 la cual, "establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los aceites y grasas de origen vegetal o animal que se procesen, envasen, almacenen, transporten, exporten, importen y/o comercialicen en el país, destinados para el consumo humano y se dictan otras disposiciones", es de obligatorio cumplimiento, en la cual se fijan límites de hierro, cobre, plomo y arsénico. De igual forma, se debe reconocer que no solo la normatividad vigente y sus lineamientos podrían llegar a ser una barrera comercial, también está la relación compra-venta y las exigencias que tienen los compradores para la adquisición del aceite de palma. Dentro de los requerimientos en Colombia, estos exigen que el MOSH se encuentre menor a 10 ppm y el MOAH menos de 2 ppm. En cuanto los clientes europeos, se espera que tanto los 3MCPD como los GE se encuentren por debajo de 1 ppm. Sin embargo, hay otras especificaciones a nivel de Europa en las que algunos exigen que la suma de los 3MCPD más GE debe ser menor o igual a 1 ppm incluso, menor o igual a 0,5 ppm en aceite de palma RBD. En Estados Unidos la exigencia es que los 3MCPD presenten un rango menor o igual a 0,4 ppm y el GE menor o igual a 0,177 ppm en oleína de palma.

Figura 7. Contenido de MOSH y MOAH en aceite de palma crudo

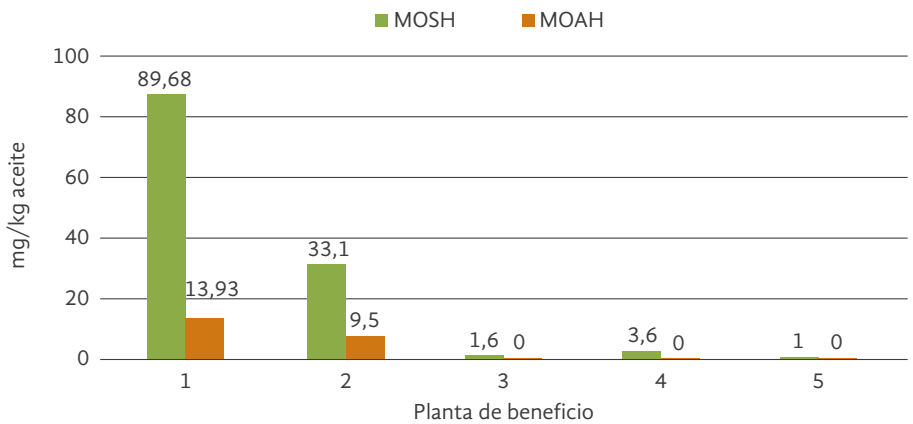


Tabla 2. Mínimos y máximos de los parámetros de calidad en el aceite de palma crudo en Colombia

Parámetro de calidad	Mínimo	Máximo	Máximo permitido (2154/2012) - EFSA CONTAM Panel, 2012
AGL (% Ácido palmítico)	2,0	5,0	5 %
Cl ($mg \cdot kg^{-1}$)	----	8,9	< 2
MOSH ($mg \cdot kg^{-1}$)	3,6	89,68	< 10
MOAH ($mg \cdot kg^{-1}$)	0	13,93	< 2
P ($mg \cdot kg^{-1}$)	7,6	37,8	< 10
Metales ($mg \cdot kg^{-1}$)			
Hierro (Fe)	1,01 ± 0,1	40,34 ± 0,1	5
Cobre (Cu)	0,12 ± 0,3	69,11 ± 0,1	0,4
Plomo (Pb)	0,0021 ± 0,2	1,9 ± 0,4	0,1
Arsénico (As)	0,0011 ± 0,3	0,23 ± 0,5	0,1

Fuente: (Olafisoye *et al*., 2020)

Tabla 3. Características del aceite de palma de óptima calidad

Parámetro de calidad	Aceite de palma crudo prémium (Especificaciones)
AGL (% ácido palmítico)	3,0 % máx.
Humedad e impurezas	0,25 % máx.
DOBI	2,80 mín.
Fósforo	10 ppm máx.
Hierro	5 ppm máx.
Cloro	2 ppm máx.
MOSH	< 10 ppm
MOAH	< 2 ppm
3 MCPD*	< 2,5 ppm
EG*	< 1,0 ppm

* Aceites refinados y producto final

Prevención y mitigación en planta de beneficio para mejorar la calidad de los aceites

Con respecto al manejo en planta de beneficio de los precursores de los contaminantes presentes en el aceite de palma, es importante tener en cuenta que la recirculación de corrientes dentro del proceso ha demostrado aumentar el contenido de cloro y esto es directamente proporcional al contenido de MCPD en el aceite al someterlo a altas temperaturas. También se ha concluido que los cloruros (Cl^-) se encuentran en mayor proporción en el licor de prensa de tusa y en la descarga de las centrífugas, al igual, se ha encontrado que en el primero se presenta un DOBI muy disminuido y el contenido de AGL es alto, lo cual implica y está directamente relacionado con la formación de contaminantes. Dentro de las estrategias de mitigación de estos se están buscando una serie de acciones que permitirán evitar la contaminación de los aceites minerales para el caso de MOSH y MOAH, al igual que la presencia de precursores para el caso de MCPD Y GE, sin embargo, se están trabajando en diferentes acciones o alternativas en plantas de beneficio para así encontrar la mejor estrategia en pro de mejorar la calidad de los aceites de palma.

Conclusiones

Es responsabilidad de toda la cadena productiva garantizar un aceite de palma colombiano de óptima calidad, trabajando de manera conjunta desde el campo hasta la refinación, pasando por la planta de beneficio. Si se hace de esta manera, se puede llegar a cumplir con los lineamientos exigidos por la normatividad y los compradores, y así evitar barreras comerciales para las ventas tanto del aceite crudo como de los productos terminados.

El aceite de palma contiene una gran cantidad de compuestos menores, los cuales no están siendo aprovechados de una mejor manera, ya sea para dar valor al mismo o para obtener productos de alto valor agregado.

Referencias

AECOSAN. Agencia Española de Consumo y Seguridad Alimentaria y Nutrición. (2016). *Aceites Minerales*, 4-7. Recuperado de http://americanoils.co/es/productos/aceites-minerales-usp.html

Barrera, C., Hamner, H. C., Perrine, C. G. & Scanlon, K. S. (2014). National Health and Nutrition Examination Survey. *Encyclopedia of Human Services and Diversity*, *118*(3), 464-470. doi: 10.4135/9781483346663.n401

Bennett, L. L., Rojas, S. & Seefeldt, T. (2012). Role of Antioxidants in the Prevention of Cancer. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, *4*(4), 215-222. doi: 10.1016/j.jecm.2012.06.001

Buddhan, S., Sivakumar, R., Dhandapani, N., Ganesan, B. & Anandan, R. (2007). Protective Effect of Detary Squalene Supplementation on Mitochondrial Function in Liver of Aged Rats. *Prostaglandins Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, *76*(6), 349-355. doi: 10.1016/j.plefa.2007.05.001

Chang, A. S., Sherazi, S. T. H., Kandhro, A. A., Mahesar, S. A., Chang, F., Shah, S. N., Laghari, Z. H. & Panhwar, T. (2016). Characterization of Palm Fatty Acid Distillate of Different Oil Proce ssing Industries of Pakistan. *Journal of Oleo Science*, *65*(11), 897-901. doi:10.5650/jos.ess16073

Chaves, G., Ligarreto-Moreno, G. A. & Cayon-Salinas, D. G. (2018). Physicochemical Characterization of Bunches from American Oil Palm (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes) and their Hybrids with African Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Acta Agronómica*, *67*(1), 168-176. doi: 10.15446/acag.v67n1.62028

Chew, C. L., Ab Karim, N. A., Kong, P. S., Tang, S. Y. & Chan, E.-S. (2021). A Sustainable *In situ* Treatment Method to Improve the Quality of Crude Palm Oil by Repurposing Treated Aerobic Liquor. *Food and Bioprocess Technology*. doi: 10.1007/s11947-021-02582-6

Chew, S. C., Tan, C. H., Pui, L. P., Chong, P. N., Gunasekaran, B. & Lin, N. K. (2019). Encapsulation Technologies: A Tool for Functional Foods Development. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, *8*(5s), 154-160.

Chinenye, C. (2020). Storage Oxidation Stability of Crude Palm Oil with some Traditional Nigerian Spices. *IOSR Journal of Environmental Science*, *14*(August), 1-09. doi: 10.9790/2402-1408020109

Code of Practice for the Reduction of 3-monochloropropane-1,2- diol esters (3-MCPDEs) and Glycidyl Esters (GEs) in Refined Oils and Food Products Made with Refined Oils, 6 (2019). Recuperado de https: www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B79-2019%252FCXC_079e.pdf

Dian, N. L. H. M., Hamid, R. A., Kanagaratnam, S., Isa, W. R. A., Hassim, N. A. M., Ismail, N. H., Omar, Z. & Sahri, M. M. (2017). Palm oil and Palm Kernel Oil: Versatile Ingredients for Food Applications. *Journal of Oil Palm Research*, *29*(4), 487-511. doi: 10.21894/jopr.2017.00014

Dutta, A. & Dutta, S. K. (2003). Vitamin E and its Role in the Prevention of Atherosclerosis and Carcinogenesis: A review. *Journal of the American College of Nutrition*, *22*(4), 258-268. doi: 10.1080/07315724.2003.10719302

Estiasih, T. & Ahmadi, K. (2018). Bioactive Compounds from Palm Fatty Acid Distillate and Crude Palm Oil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *131*(1). doi: 10.1088/1755-1315/131/1/012016

FAO, OPS, WFP & UNICEF. (2019). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2019. Hacia entornos alimentarios más saludables que hagan frente a todas las formas de malnutrición. En *Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2019*.

Fedepalma. (2019). *Anuario estadístico 2019. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo.*

Fedepalma. (2020). *Anuario estadístico 2020. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo.* 238.

Gesteiro, E., Galera-Gordo, J. & González-Gross, M. (2018). Palm Oil and Cardiovascular Health: Considerations to Evaluate the Literature Critically. *Nutrición Hospitalaria*, *35*(5), 1229-1242. doi: 10.20960/nh.1970

Gonzalez-Díaz, A., García-Núñez, J. A. & Dueñas-Solarte, J. (2019). *Índice de yodo: un parámetro determinante para establecer el nivel de mezcla entre aceites de palma crudos (APC) provenientes de cultivares DxP e híbridos OxG--"CxL"* (No. 0123-8353 Índice).

Goon, J. A., Nor Azman, N. H. E., Abdul Ghani, S. M., Hamid, Z. & Wan Ngah, W. Z. (2017). Comparing Palm Oil Tocotrienol Rich Fraction with α-tocopherol Supplementation on Oxidative Stress in Healthy Older Adults. *Clinical Nutrition ESPEN*, *21*, 1-12. doi: 10.1016/j.clnesp.2017.07.004

Gul, K., Tak, A., Singh, A. K., Singh, P., Yousuf, B. & Wani, A. A. (2015). Chemistry, Encapsulation, and Health Benefits of β-carotene-A review. *Cogent Food & Agriculture*, *1*(1), 1-12. doi: 10.1080/23311932.2015.1018696

Han, N. M. & Choo, M. Y. (2015). Enhancing the Separation and Purification Efficiency of Palm Oil Carotenes Using Supercritical Fluid Chromatography. *Journal of Oil Palm Research*, *27*(4), 387-392.

Hanel, A. & Carlberg, C. (2020). Vitamin D and Evolution: Pharmacologic Implications. *Biochemical Pharmacology*, *173*. doi: 10.1016/j.bcp.2019.07.024

Hew, K. S., Asis, A. J., Tan, T. B., Yusoff, M. M., Lai, O. M., Nehdi, I. A. & Tan, C. P. (2020). Revising Degumming and Bleaching Processes of Palm Oil Refining for the Mitigation of 3-monochloropropane-1,2-diol Esters (3-MCPDE) and Glycidyl Esters (GE) Contents in Refined Palm Oil. *Food Chemistry*, *307*, 125545. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125545

Karmowski, J., Hintze, V., Kschonsek, J., Killenberg, M. & Böhm, V. (2015). Antioxidant Activities of Tocopherols/tocotrienols and Lipophilic Antioxidant Capacity of Wheat, Vegetable Oils, Milk and Milk Cream by Using Photochemiluminescence. *Food Chemistry*, *175*, 593-600. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.12.010

Koufaki, M. (2016). Vitamin E Derivatives: A patent review (2010 - 2015). *Expert Opinion on Therapeutic Patents*, *26*(1), 35-47. doi: 10.1517/13543776.2016.1106476

Koushki, M., Nahidi, M. & Cheraghali, F. (2015). Physico-Chemical Properties, Fatty Acid Profile and Nutrition in Palm Oil Mohammadreza. *Journal of Paramedical Sciences (JPS)*, *6*(3), 117-134. doi: 10.22037/jps.v6i3.9772

Kushairi, A., Ong-Abdullah, M., Nambiappan, B., Hishamuddin, E., Bidin, M. N. I. Z., Ghazali, R., Subramaniam, V., Sundram, S. & Parveez, G. K. A. (2019). Oil Palm Economic Performance in Malaysia and R&D Progress in 2018. *Journal of Oil Palm Research*, *31*(2), 165-194. doi: 10.21894/jopr.2019.0026

Liochev, S. I. (2013). Reactive Oxygen Species and the Free Radical Theory of Aging. *Free Radical Biology and Medicine*, *60*, 1-4. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2013.02.011

May, C. Y. & Nesaretnam, K. (2014). Research Advancements in Palm Oil Nutrition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *116*(10), 1301-1315. doi: 10.1002/ejlt.201400076

Mba, O. I., Dumont, M. J. & Ngadi, M. (2015). Palm oil: Processing, Characterization and Utilization in the Food Industry. A review. En *Food Bioscience,* 10, Issue 1, 26-41. doi: 10.1016/j.fbio.2015.01.003

Md Sarip, M. S., Morad, N. A., Yamashita, Y., Tsuji, T., Yunus, M. A. C., Aziz, M. K. A. & Lam, H. L. (2016). Crude Palm Oil (CPO) Extraction Using Hot Compressed Water (HCW). *Separation and Purification Technology*, *169*, 103-112. doi: 10.1016/j.seppur.2016.06.001

Mozzon, M., Foligni, R. & Tylewicz, U. (2018). Chemical Characteristics and Nutritional Properties of Hybrid Palm Oils. En *Palm Oil* (pp. 149-170). IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.75421

Mozzon, M., Pacetti, D., Lucci, P., Balzano, M. & Frega, N. G. (2013). Crude Palm Oil from Interspecific Hybrid *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*: Fatty Acid Regiodistribution and Molecular Species of Glycerides. *Food Chemistry*, *141*(1), 245-252. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.03.016

Musa, I., Khaza'ai, H., Abdul Mutalib, M. S., Yusuf, F., Sanusi, J. & Chang, S. K. (2017). Effects of Oil Palm Tocotrienol Rich Fraction on the Viability and Morphology of Astrocytes Injured with Glutamate. *Food Bioscience*, *20*, 168-177. doi: 10.1016/j.fbio.2017.10.005

Narayan Bhilwade, H., Tatewaki, N., Nishida, H. & Konishi, T. (2010). Squalene as Novel Food Factor. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, *11*(8), 875-880. doi: 10.2174/138920110793262088

Nuno M. F. S. A., Cerquera, E. F., Oliveira, D. S., Gesto, D. S.-M., Cátia Moreira, H. N., Moorthy, M. J. R. & Fernandes, P. A. (2016). Cholesterol Biosynthesis: A Mechanistic Overview. *Biochemistry*, *55*(39), 5483-5506. doi: 10.1021/acs.biochem.6b00342

Olafisoye, O. B., Fatoki, O. S., Oguntibeju, O. O. & Osibote, O. A. (2020). Accumulation and Risk Assessment of Metals in Palm Oil Cultivated on Contaminated Oil Palm Plantation Soils. *Toxicology Reports*, *7* (enero), 324-334. doi: 10.1016/j.toxrep.2020.01.016

Peh, H. Y., Tan, W. S. D., Liao, W. & Wong, W. S. F. (2016). Vitamin E Therapy Beyond Cancer: Tocopherol Versus Tocotrienol. *Pharmacology and Therapeutics*, *162*, 152-169. doi: 10.1016/j.pharmthera.2015.12.003 Associate Editor: Y. Zhang

Piernas, C., Méndez, M. A., Ng, S. W., Gordon-Larsen, P. & Popkin, B. M. (2014). Low-calorie- and Calorie-sweetened Beverages: Diet Quality, Food Intake, and Purchase Patterns of US Household Consumers. *American Journal of Clinical Nutrition*, *99*(3), 567-577. doi: 10.3945/ajcn.113.072132

Prabhu, A. V., Luu, W., Sharpe, L. J. & Brown, A. J. (2016). Cholesterol-mediated Degradation of 7-dehydrocholesterol Reductase Switches the Balance from Cholesterol to Vitamin D Synthesis. *Journal of Biological Chemistry*, *291*(16), 8363-8376. doi:10.1074/jbc.M115.699546

Prasanth Kumar, P. K. & Gopala Krishna, A. G. (2014). Physico-chemical Characteristics and Nutraceutical Distribution of Crude Palm Oil and its Fractions. *Grasas y Aceites*, *65*(2). doi: 10.3989/gya.097413

Qian, C., Decker, E. A., Xiao, H. & McClements, D. J. (2012). Physical and Chemical Stability of β-carotene-enriched Nanoemulsions: Influence of pH, Ionic Strength, Temperature, and Emulsifier type. *Food Chemistry*, *132*(3), 1221-1229. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.11.091

Ramírez, O. (2004). Híbrido de la palma: una alternativa a la soya. *Revista Palmas, 25 (Especial Conferencia Internacional, Tomo I, 25)*, 295-300.

Ribeiro, D., Freitas, M., Silva, A. M. S., Carvalho, F. & Fernandes, E. (2018). Antioxidant and Pro-oxidant Activities of Carotenoids and their Oxidation Products. *Food and Chemical Toxicology*, *120*, 681-699. doi: 10.1016/j.fct.2018.07.060

Rincón-Miranda, S. M., Hormaza, P., Moreno, L., Prada, F., Portillo, D., García, J. A. & Romero, H. M. (2013). Use of Phenological Stages of the Fruits and Physicochemical Characteristics of the Oil to Determine the Optimal Harvest Time of Oil Palm Interspecific OxG Hybrid Fruits. *Industrial Crops and Products*, *49*, 204-210. doi: 10.1016/j.indcrop.2013.04.035

Rincón Miranda, S. M. & Martínez Cárdenas, D. M. (2009). An Analysis of the Properties of Oil Palm in the Development of the its Industry. *Revista Palmas*, *30*(2), 11-24.

Rodríguez, J. C., Gómez, D., Pacetti, D., Núnnez, O., Gagliardi, R., Frega, N. G., Ojeda, M. L., Loizzo, M. R., Tundis, R. & Lucci, P. (2016). Effects of the Fruit Ripening Stage on Antioxidant Capacity, Total Phenolics, and Polyphenolic Composition of Crude Palm Oil from Interspecific Hybrid *Elaeis oleifera* × *Elaeis guineensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(4), 852-859. doi: 10.1021/acs.jafc.5b04990

Rubin, L. P., Ross, A. C., Stephensen, C. B., Bohn, T. & Tanumihardjo, S. A. (2017). Metabolic Effects of Inflammation on Vitamin A and Carotenoids in Humans and Animal Models. *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, *8*(2), 197-212. doi: 10.3945/an.116.014167

Sampaio, K. A., Ayala, J. V., Van Hoed, V., Monteiro, S., Ceriani, R., Verhé, R. & Meirelles, A. J. A. (2017). Impact of Crude Oil Quality on the Refining Conditions and Composition of Nutraceuticals in Refined Palm Oil. *Journal of Food Science*, *82*(8), 1842-1850. doi: 10.1111/1750-3841.13805

Santiago, J. K., Silva, W. C., Capristo, M. F., Ferreira, M. C., Ferrari, R. A., Vicente, E., Meirelles, A. J. A., Arisseto, A. P. & Sampaio, K. A. (2021). Organic, Conventional and Sustainable Palm Oil (RSPO): Formation of 2- and 3-MCPD Esters and Glycidyl Esters and Influence of Aqueous Washing on their Reduction. *Food Research International*, *140*, 109998. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109998

Simpson, S. J., Le Couteur, D. G., Raubenheimer, D., Solon-Biet, S. M., Cooney, G. J., Cogger, V. C. & Fontana, L. (2017). Dietary Protein, Aging and Nutritional Geometry. *Ageing Research Reviews*, *39*, 78-86. doi: 10.1016/j.arr.2017.03.001

Šošić-Jurjević, B., Lütjohann, D., Jarić, I., Miler, M., Vojnović Milutinović, D., Filipović, B., Ajdžanović, V., Renko, K., Wirth, E. K., Janković, S., Köhrle, J. & Milošević, V. (2017). Effects of Age and Soybean Isoflavones on Hepatic Cholesterol Metabolism and Thyroid Hormone Availability in Acyclic Female Rats. *Experimental Gerontology*, *92*(October), 74-81. doi: 10.1016/j.exger.2017.03.016

Springmann, M., Wiebe, K., Mason-D'Croz, D., Sulser, T. B., Rayner, M. & Scarborough, P. (2018). Health and Nutritional Aspects of Sustainable Diet Strategies and their Association with Environmental Impacts: a Global Modelling Analysis with Country-Level Detail. *The Lancet Planetary Health*, *2*(10), e451-e461. doi: 10.1016/S2542-5196(18)30206-7

Taylor, P., Craft, B. D., Nagy, K., Sandoz, L. & Destaillats, F. (2011). *Food Additives & Contaminants: Part A Factors Impacting the formation of Monochloropropanediol (MCPD) Fatty Acid Diesters During Palm (Elaeis guineensis) oil production*. *April 2013*, 37-41.

Uddin, M. S., Sarker, M. Z. I., Ferdosh, S., Akanda, M. J. H., Easmin, M. S., Bt Shamsudin, S. H. & Yunus, K. Bin. (2015). Phytosterols and their Extraction from Various Plant Matrices Using Supercritical Carbon Dioxide. A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *95*(7), 1385-1394. doi: 10.1002/jsfa.6833

Velisek, J., Zelinkova, Z., Novotny, O., Schurek, J. & Hajslova, J. (2011). Occurrence of 3-MCPD Fatty Acid Esters in Human Breast Milk. *Food Additives & Contaminants: Part A*.

Vicentini, A., Liberatore, L. & Mastrocola, D. (2016). Functional Foods: Trends and Development. *Italian Journal of Food Science*, *28*, 338-352.

Vispute, P., & Dabhade, S. (2018). *Refining of palm oil: A Review on Palm Oil Refining Process, 3-MCPD Esters in Refined Palm Oil, and Possible Reduction Tactics for 3-MCPD Esters, 11*(149), 149-154. doi: 10.15740/HAS/IJAE/11.Sp

Zerbinati, C. & Iuliano, L. (2017). Cholesterol and Related Sterols Autoxidation. *Free Radical Biology and Medicine*, *111*, 151-155. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2017.04.013

Zhou, J., Ma, Y., Jia, Y., Pang, M., Cheng, G. & Cai, S. (2019). Phenolic Profiles, Antioxidant Activities and Cytoprotective Effects of Different Phenolic Fractions from Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Fruits Treated by Ultra-high Pressure. *Food Chemistry*, *288* (November 2018), 68-77. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.03.002

Zou, Y., Jiang, Y., Yang, T., Hu, P. & Xu, X. (2012). Minor Constituents of Palm Oil: Characterization, Processing, and Application. En *Palm Oil: Production, Processing, Characterization, and Uses*. AOCS Press. doi: 10.1016/B978-0-9818936-9-3.50019-8

Agua y nutrición: eficiencias necesarias frente al cambio y la variabilidad climática

Water and Nutrition: Necessary Efficiencies Facing of Climate Change and Variability

Citación: Arias-A., N. A. (2021). Agua y nutrición: eficiencias necesarias frente al cambio y la variabilidad climática. *Palmas, 42*(1), 81-95.

Palabras clave: Palma de aceite, Eficiencia de la nutrición, Uso eficiente del agua, Cobertura del suelo.

Keywords: Oil palm, Nutrition efficiency, Efficient water use, Land cover.

Atanacio A. Nolver
Investigador Titular, Coordinador del Programa de Agronomía de Cenipalma.
narias@cenipalma.org

Resumen

Las alteraciones en el clima asociadas con el cambio y la variabilidad climática son una realidad e impactan las actividades agrícolas. Los cambios generados en variables como: la temperatura, la concentración de CO_2 atmosférico, la intensidad y frecuencia de las lluvias, y la de los vientos, afectan variables del cultivo como la evapotranspiración, la fijación de CO_2 y, al final, los rendimientos, así como la disponibilidad de tierras para el cultivo.

Enfrentar los retos que plantean estos fenómenos climáticos implica el abordaje de múltiples estrategias. Sin embargo, el manejo eficiente del suelo, la nutrición y el agua en el cultivo, se constituyen en tres factores clave que ayudan a mitigar los impactos negativos previsibles. Entonces, es necesario: el incremento de la biodiversidad del suelo, la implementación de medidas de protección del suelo como las coberturas vegetales, el uso de microorganismos promotores de crecimiento, fuentes fertilizantes que incrementen la eficiencia, cultivares eficientes en el

uso de nutrientes y el agua, y medidas que favorezcan el secuestro de carbono como el acompañamiento de la mayor diversidad posible de plantas al cultivo y la reducción en el uso de agroquímicos que permitan disminuir la huella de carbono de la producción de aceite de palma crudo.

En este artículo se realiza una revisión de las eficiencias necesarias en cuanto al manejo de la nutrición y el agua en el cultivo de la palma para disminuir el riesgo asociado con el cambio y la variabilidad climática.

Abstract

Alterations in the climate associated with climate change and variability are a reality and impact agricultural activities. The changes generated in variables such as: temperature, the concentration of atmospheric CO_2, the intensity and frequency of the rains, and the intensity of the winds, affect crop variables such as evapotranspiration, CO_2 fixation and, ultimately, yields, as well, such as the availability of land for cultivation.

Facing the challenges posed by these climatic phenomena implies the approach of multiple strategies. However, the efficient management of soil, nutrition and water in the crop, constitute three key factors that help mitigate the foreseeable negative impacts. It is then necessary: the implementation of soil protection measures such as plant covers, the increase in soil biodiversity, the use of growth-promoting microorganisms, fertilizer sources that increase efficiency, efficient cultivars in the use of nutrients and water, and measures that favor carbon sequestration such as the accompaniment of the greatest possible diversity of plants to cultivation and the reduction in the use of agrochemicals that allow reducing the carbon footprint of crude palm oil production.

In this article, we will do a review of the efficiencies necessary in terms of nutrition and water management in palm cultivation is carried out to reduce the risk associated with climate change and variability.

Introducción

El manejo eficiente del agua y la nutrición son dos elementos clave para la sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite en virtud de su impacto en los rendimientos y la viabilidad económica y social de este tipo de proyectos agrícolas. Por lo tanto, deben considerarse desde antes del establecimiento del cultivos para identificar la oferta ambiental de tierras y agua y, con base en esta, prever las medidas necesarias para desarrollar un cultivo de manera sostenible.

Con respecto a la nutrición del cultivo, se destaca además del impacto en los rendimientos, el efecto en los costos del mismo (Mosquera y Ruiz, 2016), la tolerancia ante factores abióticos como el estrés hídrico (Jazayeri *et al.*, 2015), el impacto en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Rivera *et al.*, 2017) y la resistencia frente a plagas y enfermedades como la Pudrición del cogollo (PC) (Arias *et al.*, 2014) y la Marchitez vascular (Pontigo *et al.*, 2015). Entonces, el manejo adecuado de la nutrición y el seguimiento a los factores que afectan su eficiencia resultan relevantes como mecanismos de adaptación frente al cambio y la variabilidad climática, así como también, frente a la realidad de los mercados de aceites y grasas, que invita a la reducción de costos no solamente con el aumento de los rendimientos, sino también a través de la optimización de procesos.

Es necesario considerar que la nutrición del cultivo es un proceso complejo que implica el conocimiento del suelo, de la planta y del ecosistema, y de los recursos disponibles para ejecutar esta labor (Figura 1) y que, en la medida que se cuente con la mayor información, es posible tomar decisiones más ajustadas a las realidades de cada condición de producción. Además, es pertinente el seguimiento de los programas de manejo nutricional a través del establecimiento de indicadores como herramienta para la implementación de mejoras a nivel de Unidades de Manejo Agronómico (UMA) y de la plantación.

Figura 1. Componentes y elementos a considerar para el manejo adecuado de la nutrición del cultivo de la palma de aceite

Con relación al manejo del agua, es evidente la importancia de este factor de producción en los rendimientos (Giller *et al.*, 2017), siendo uno de los que condiciona la posibilidad de establecer el cultivo de la palma de aceite en una zona agroecológica. Cuando el déficit hídrico anual es superior a 400 mm, se limita el potencial productivo de la planta (Carr, 2014; Sigalingging *et al.*, 2018), asociado con la reducción de la tasa de fotosíntesis, la emisión foliar, la menor asimilación de nutrientes y la predisposición a enfermedades y plagas, especialmente cuando se tienen excesos de humedad y, para los artrópodos plaga, cuando el déficit hídrico favorece su proliferación, al tiempo que se tienen plantas con deficiencias nutricionales que facilitan su reproducción.

Al igual que la nutrición, el manejo del agua implica la consideración de la oferta hídrica ambiental; los requerimientos hídricos del cultivo; las tecnologías disponibles para aplicación, manejo y conservación de la humedad óptima para el desarrollo del cultivo; y su mantenimiento. También se considera el impacto de las mejores prácticas agrícolas y el seguimiento a través del establecimiento de indicadores de eficiencia y, en últimas, el cálculo de la huella hídrica del cultivo, en el marco de las preocupaciones por el cambio y variabilidad climática, que impactan de manera significativa el comportamiento de las plantaciones y ponen en riesgo la sostenibilidad de las actividades agrícolas.

Teniendo en cuenta las variaciones e impredecibilidad de los fenómenos climáticos y la importancia del manejo adecuado de la nutrición y el agua en la mitigación de los efectos adversos de esta variabilidad sobre los cultivos de palma de aceite, en este artículo se destacan los resultados de investigación y mejores prácticas que contribuyen a enfrentar estos fenómenos climáticos. El documento contempla las siguientes secciones: cambio y variabilidad climáticos, acciones frente a la variabilidad climática, eficiencias en el manejo del agua y del suelo, eficiencias en el aporte de nutrientes, cultivares tolerantes y palma como sumidero de carbono, y conclusiones.

Cambio y variabilidad climática

El cambio y la variabilidad climática son fenómenos reales que afectan, cada vez con mayor intensidad y frecuencia, las actividades humanas, y las agrícolas no son la excepción. Por cambio climático, se entiende como: el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Ideam, 2015), lo que se ve reflejado en: incremento de la temperatura, derretimiento de los cascos polares, aumento del nivel del mar en zonas costeras, del dióxido de carbono en la atmósfera, de la frecuencia de fenómenos climáticos extremos (sequías e inundaciones), elevación de la radiación solar, crecimiento de la tasa de evaporación y evapotranspiración de los cultivos, también asociado con el incremento de la velocidad de los vientos.

Por otra parte, la variabilidad climática se presenta cuando con cierta frecuencia un fenómeno genera un comportamiento anormal del clima, pero es un fenómeno temporal, transitorio y natural, que denota un proceso que no es temporal y que puede verificarse revisando históricos climáticos. Las manifestaciones más frecuentes de esta variabilidad son los fenómenos conocidos como El Niño y La Niña (Eycott *et al*., 2019; Stiegler *et al*., 2019), los cuales, en función de la ubicación geográfica se asocian con incrementos o disminuciones significativas tanto en la intensidad como en la cantidad de las lluvias lo que, en general, influye de forma negativa en la sostenibilidad de los cultivos.

Estas variaciones climáticas afectan la evapotranspiración y la disponibilidad de agua en el suelo y se refleja en diferentes tipos de estrés fisiológico que terminan por incidir, casi siempre de manera negativa, en los rendimientos (CAF, 2016; Caliman y Southworth, 1998; Oettli, Behera, y Yamagata, 2018; Shanmuganathan y Narayanan, 2012). Con respecto a la evapotranspiración, inciden de manera directa: el incremento de temperatura, la velocidad de los vientos y el déficit de presión de vapor (DPV). En la planta, este tipo de estrés se ve reflejado en la reducción de la conductancia estomática, la tasa de fotosíntesis y la asimilación neta de CO_2. Adicionalmente, esto implica un mayor requerimiento de agua, lo que a su vez impacta la huella hídrica de la producción de palma de aceite.

Por otra parte, un incremento de la temperatura podría llegar a parecer beneficioso en la medida en que nuevas tierras se incorporarían al cultivo de palma (Hardwick *et al*., 2015; Ideam, 2015; Madzen y Choy, 2017; Russell y Paterson, 2020; Savilaakso *et al*., 2014; Wu, Chan, Melton y Verseghy, 2017). Sin embargo, es necesario considerar que, bajo las condiciones ecuatoriales, donde actualmente se encuentran las plantaciones, el aumento de temperatura se asocia con el ascenso sobre el nivel del mar, es decir, en áreas montañosas en las cuales la competitividad del cultivo es inferior en virtud de la calidad de las tierras, la dificultad de implementación de tecnologías, el mayor riesgo ambiental y el aumento de los costos de producción. De igual manera, el incremento en los niveles de CO_2 podría pensarse como un efecto positivo, sin embargo, en ausencia del agua requerida y el mayor estrés por temperatura y radiación no es posible considerar el efecto benéfico aislado de este factor.

Se ha reportado que incrementos de 2 °C en la temperatura, y lo que esto implica en términos de evapotranspiración y estrés de las plantas, puede llegar a representar una reducción cercana al 20 % de la producción de los cultivos de palma (Jamaluddin *et al*., 2018; Xianhai, Denglang *et al*., 2019).

Otro factor que puede influir en la disponibilidad de tierras para el cultivo de palma es el aumento del nivel del mar y las precipitaciones excesivas. Esto es particularmente importante para las zonas costeras de Malasia e Indonesia y para Colombia, en el caso de la Zona Norte (Jamaluddin *et al*., 2018). Es previsible la reducción de las áreas aptas por incremento de los niveles freáticos y por inundación asociada con el cambio climático, y está demostrado el impacto de los niveles freáticos altos en la fisiología, producción y en mayor afectación por enfermedades (Henson, Harun y Chang, 2008; Lubis *et al*., 2014; Othman *et al*., 2010). Frente a esta posibilidad, la mejor alternativa es no establecer cultivos en áreas con riesgo potencial y desmontar gradualmente áreas actuales que representan riesgo en el futuro cercano.

Además, el exceso de precipitaciones impacta también de manera directa la escorrentía, la erosión y la lixiviación (Dewi *et al*., 2017; Yahya *et al*., 2017), fenómenos que, a su vez, influyen en la eficiencia de la nutrición por el incremento de las pérdidas de fertilizantes, con impactos en la emisión de gases efecto invernadero (GEI), la contaminación ambiental y la huella hídrica (Kospa *et al*., 2017; Safitri *et al*., 2018; Subramaniam, 2018). En resumen, se tiene claridad sobre los impactos potenciales del cambio y la variabilidad climática en la agroindustria de la palma de aceite y, por tanto, es conveniente revisar las tecnologías y prácticas de manejo, especialmente relacionadas con el agua y la nutrición, que pueden llegar a reducir dichos efectos y que contribuyen a la sostenibilidad del cultivo en Colombia.

Eficiencias en manejo del agua y el suelo

Una de las principales amenazas asociada con el cambio y la variabilidad climática es la reducción de la disponibilidad del agua para los cultivos, por lo tanto,

es necesario procurar la conservación de esta humedad en el suelo por el mayor tiempo posible (Morel *et al*., 2012; Pardon *et al*., 2017). Una de las prácticas recomendadas es el establecimiento de cultivos de coberturas, especialmente leguminosas, pero que no excluye el fomento de plantas nativas de hoja ancha como es el caso de *Asystasia intrusa* (Ariyanti *et al*., 2017; Asbur *et al*., 2018; Samedani *et al*., 2012), la cual es normalmente considerada una maleza. Sin embargo, se ha demostrado que al comparar cultivos de palma con baja cobertura vegetal con respecto a otros que se manejan con un mayor número de especies vegetales, mantienen 20 % más de contenido de humedad en los primeros 40 cm del suelo, incluso en épocas de bajas precipitaciones.

Estudios recientes, desarrollados por Cenipalma, han permitido evidenciar que, si bien la evapotranspiración de coberturas como el *Desmodium ovalifolium* y la *Pueraria phaseoloides* puede llegar a ser cercana a 3 mm/día, al comparar áreas con y sin coberturas, la humedad del suelo (Figura 2) es siempre superior en aquellas áreas que poseen coberturas. Esto es para profundidades de 0-15 y 15-30 cm. Esto se explica por la reducción en la escorrentía, la lixiviación y la temperatura del suelo.

Con respecto a la escorrentía y a la erosión, resultan también apropiadas, además de la cobertura vegetal, la incorporación de biomasa del cultivo como las hojas de poda y cosecha, y también la aplicación de racimos vacíos provenientes de la planta de beneficio. Ashton-butt *et al*. (2018) y Eycott *et al*. (2019) encontraron que la erosión en suelos desnudos era de 4,9 t/ha/año, mientras que en suelos con cobertura más racimos vacíos, este valor fue cercano a 1 t /ha/año. Esto es similar a lo encontrado por Husni *et al*. (2014), quienes reportan pérdidas de 21 t/ha/año sin aplicación de hojas, mientras que al aplicarlas fue cercana a 5 t/ha/año. Igualmente, la escorrentía se redujo. Al disminuir la pérdida de suelos también se aminora la de nutrientes, microorganismos y la materia orgánica del suelo. Con esto, es posible reducir 3,12 veces la pérdida de suelo e incrementar en 30 % el contenido de humedad en el mismo.

El efecto del reciclaje y adición de biomasa al suelo se asocia con el aumento de materia orgánica, microorganismos y porosidad. Aholoukpè *et al*. (2016) encontraron que la adición y el reciclaje de hojas de poda y cosecha incrementaron en 15 puntos porcentuales la porosidad total del suelo. Esto implica una mayor capacidad de almacenamiento de agua y de aire, y el crecimiento de raíces y la población de macro y microorganismos.

Con respecto a la porosidad del suelo, investigaciones recientes de Cenipalma han mostrado las relaciones existentes entre el incremento de la densidad de este, asociada con el aumento de la resistencia a la penetración y la disminución de la porosidad total (Tabla 1).

La porosidad total se reduce en cerca de 20 puntos porcentuales al incrementarse la densidad aparente desde valores de 1,15 a 1,6 g/cm^3 e igualmente se reduce la conductividad hidráulica. Es decir, se disminuye la capacidad de almacenamiento del agua y se incrementa la posibilidad de escorrentía, y con esto la erosión y la pérdida de nutrientes y materia orgánica.

Por otra parte, el impacto del déficit hídrico en la palma de aceite inicia por el efecto de variables fisiológicas. En un experimento desarrollado por

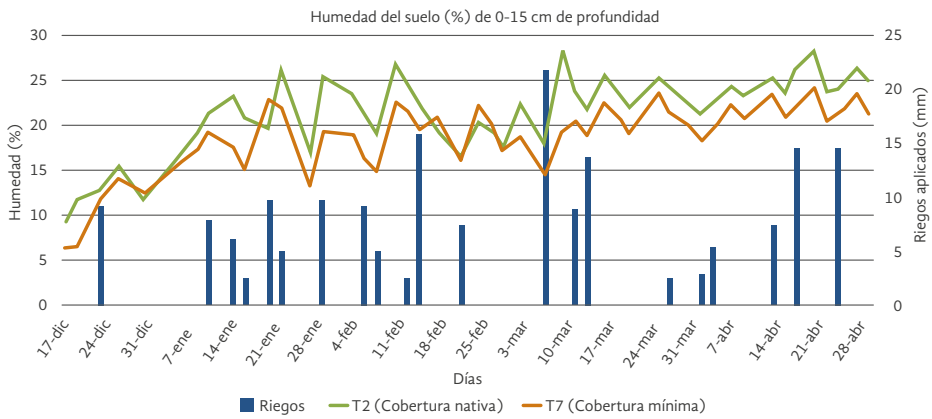


Figura 2. Comportamientos de la humedad del suelo bajo dos condiciones de manejo de la cobertura vegetal

Cenipalma, en el cual se evaluaron 4 tratamientos: 0, 25, 50 y 75 % de déficit hídrico en función del requerimiento del cultivo, al finalizar la época seca, la tasa de fotosíntesis y transpiración en los 2 cultivares se reducen a partir de un 50 % de déficit de humedad en el suelo (Figura 3). Menor tasa de fotosíntesis y transpiración es también menor tasa de emisión foliar, área foliar y materia seca foliar.

Bajo condiciones de campo, una de las medidas para superar el déficit hídrico en los cultivos es el aporte de agua a través de diferentes sistemas de riego. Sin embargo, es importante tener en cuenta la eficiencia de estos, que puede estar alrededor de 30 % para riegos superficiales, mientras que en sistemas presurizados (goteo y aspersión) puede llegar a valores cercanos a 90 % (Álvarez *et al*., 2018; Mejía, 2000). Las ineficiencias de los sistemas de riego igualmente se manifiestan en reducción de la fotosíntesis (Figura 4), pues su mejor tasa se registra para los sistemas de aspersión, en los cuales existe una mejor distribución de agua, crecimiento de la cobertura y afectación de variables ambientales como el déficit de presión de vapor. Por el contrario, sistemas superficiales (por ventanas) registran reducción de la fotosíntesis superior al 60 % con respecto a la anteriormente explicada. De manera similar, la tasa de transpiración de la planta se redujo en un valor cercano al 70 % para el sistema de riego por superficie.

Esta menor tasa de fotosíntesis se asoció con el mayor déficit hídrico anual registrado en el sistema de riego por superficie, superior a 400 mm; mientras que el de aspersión fue inferior a 200 mm. Todo esto sin olvidar los mayores costos asociados con la operación de los sistemas superficiales y la mayor huella hídrica que implican las ineficiencias de los sistemas de riego. Además, la absorción de los nutrientes de la palma

Tabla 1. Comportamiento de la densidad aparente, la porosidad total y la conductividad hidráulica bajo el manejo de diferentes tratamientos de densidad aparente en condiciones de vivero

Tratamiento-Da (g/cm³)	Da (g/cm³)	Porosidad total (%)	Ksat (cm/h)
Testigo	1,04 ± 0,03	56,37 ± 1,37	26,32 ± 2,38
1,15	1,18 ± 0,03	50,42 ± 1,47	5,53 ± 0,16
1,3	1,31 ± 0,01	44,78 ± 0,56	1,76 ± 0,14
1,45	1,43 ± 0,02	40,02 ± 0,80	0,04 ± 0,01
1,6	1,55 ± 0,02	34,73 ± 0,68	0,01 ± 0,00

Da: densidad aparente.

Ksat: conductividad hidráulica saturada del suelo.

Figura 3. Impacto del déficit hídrico en la palma de aceite

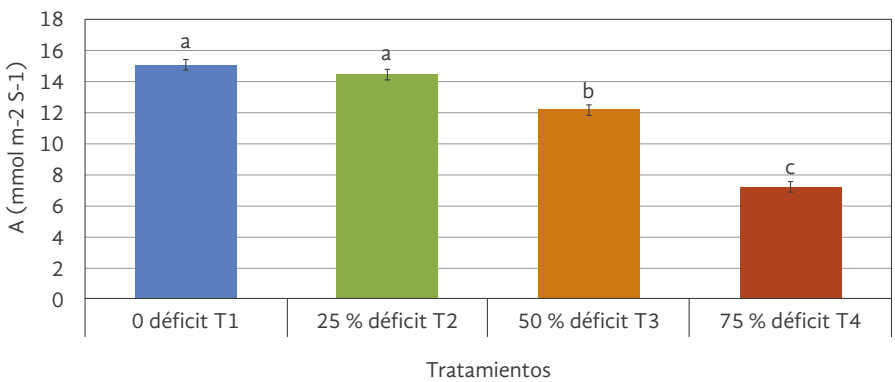
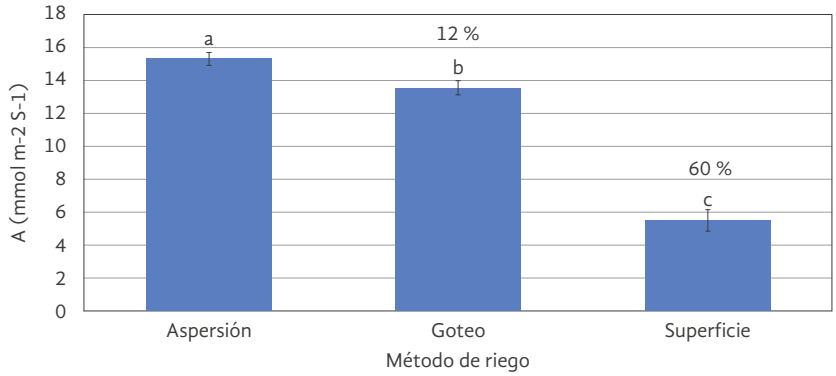


Figura 4. Comportamiento de la tasa de fotosíntesis bajo tres sistemas de riego en condiciones de la Zona Norte



está siendo afectada por las condiciones de humedad del suelo establecidas con cada método de riego, como le sucede al potasio (K) y al fósforo (P) cuando baja la eficiencia de los sistemas de riego. Para el caso del K, los valores en el tejido foliar fueron de 0,92 % y 0,84 % para el riego por aspersión y superficial, respectivamente.

Igualmente, la aplicación de dosis suficientes de K se relaciona con la reducción de impacto del déficit hídrico (Rhebergen *et al.*, 2019; Sim y Zaharah, 2014; Sun *et al.*, 2011). Najihah *et al.* (2020) encontraron que bajo condiciones de vivero, la mayor altura de la palma se obtiene con la dosis alta de K y, cuando el déficit supera el 75 %, no hay respuesta a las aplicaciones de este elemento. La regulación de la apertura de estomas y la transpiración, que se traducen en mejor regulación del agua, son responsables de la mejor respuesta de la planta bajo condiciones de estrés hídrico (Gafur y Putra, 2019; Zörb *et al.*, 2014). De acuerdo con esto, la aplicación de dosis suficientes de K, combinado con un adecuado balance de nitrógeno/potasio, impactan de manera positiva el comportamiento fisiológico y productivo de las plantas.

Eficiencias en el aporte de nutrientes

El aporte de nutrientes a través de diversas fuentes fertilizantes es una práctica de manejo necesaria para la obtención de altos y sostenidos rendimientos en el cultivo de la palma de aceite (Rhebergen, 2012; Rhebergen *et al.*, 2018; Salmiyati *et al.*, 2014). También es claro que representa alrededor del 30 % de los costos variables de producción y que es susceptible de ineficiencias por factores edafoclimáticos, de manejo y de características intrínsecas de las fuentes utilizadas. Por lo tanto, es necesario considerar los factores que afectan dichas fuentes para buscar su mitigación e incrementar su eficiencia.

Ante el cambio y variabilidad climática, se incrementa la probabilidad de ocurrencia de eventos de lluvia torrencial y, con esto, la escorrentía y la lixiviación. En este caso, los nutrientes aplicados se pierden tanto en el agua de arrastre como en los sedimentos (Murtilaksono *et al.*, 2018). Estas pérdidas pueden llegar a ser tan importantes como del 40 % del K en el agua de escorrentía y del 10 % del nitrógeno (N) en los sedimentos (Vijiandran *et al.*, 2017). Por lo tanto, las medidas que las reduzcan como: el mantenimiento de la cobertura vegetal, la aplicación y manejo de la biomasa del cultivo y de fuentes externas, así como el fraccionamiento y la época de aplicación; toman mayor importancia frente al cambio y la variabilidad climática.

Con respecto a la cobertura vegetal y en función del método de manejo, Formaglio *et al.* (2020), al comparar el efecto del manejo de arvenses con herbicidas vs. manualmente, encontraron que al hacerlo manual o mecánico era posible reducir en 25 % el K lixiviado con respecto a la aplicación de herbicidas, por lo tanto, el menor reciclaje de nutrientes y la menor presencia de raíces bajo condiciones de aplicación de herbicidas favorecen la lixiviación de los nutrientes. Si bien el uso de estos compuestos químicos es una estrategia más en el manejo de arvenses, especialmente en áreas del plato de la palma, es necesario restringir su uso en periodos cercanos a la aplicación de fertilizantes.

Otra variable a considerar es la naturaleza de las fuentes fertilizantes utilizadas y la posibilidad de incrementar la eficiencia de la nutrición. Tecnologías como la liberación controlada o la lenta liberación pueden contribuir con la disminución de pérdidas de

nutrientes. Landis y Dumroese (2009), al comparar el uso de fuentes de liberación con respecto a mezclas físicas de fertilizantes, encontraron reducción de pérdidas en función de la fuente, para K, alrededor de 9 puntos porcentuales y, para N, alrededor de 6 puntos porcentuales. Si bien las tecnologías de liberación controlada implican actualmente un mayor costo de las fuentes, es pertinente considerar el impacto que tienen en la reducción de pérdidas, su uso en las épocas más adversas para la aplicación de fertilizantes y la combinación con fuentes usuales.

Otra variable a considerar para el incremento de la eficiencia de la fertilización y la reducción de la huella de carbono es la incorporación de biofertilizantes y microorganismos benéficos que favorezcan la disponibilidad de nutrientes (Rahim, 2002; Sicuia *et al.*, 2012), tal es el caso de las micorrizas y las bacterias promotoras de crecimiento (BPC) y solubilización de nutrientes como el P, el K, además de las bacterias simbióticas que son capaces de fijar el N atmosférico a formas utilizables por las plantas. Se destaca el auge de las bacterias promotoras de crecimiento, las cuales incrementan los niveles de las fitohormonas en la palma y también mejoran la asimilación de nutrientes. Bajo condiciones de vivero, Valente Lima *et al.* (2020) reportan que las concentraciones de ácido indolacético (AIA) fueron de 3,45 ng/g en plantas a las que se les aplicó BPC, mientras que en las no inoculadas fue de 2,02 ng/g. Esto influyó también en la asimilación neta de nutrientes, la cual para el caso del N y K fue 2,6 veces superior en las inoculadas con BPC, con respecto a las no inoculadas. Es posible, entonces, el incremento en la eficiencia en la toma de nutrientes sin incurrir en el aumento de las dosis aplicadas. Es conveniente destacar que las BPC ayudan a tomar los nutrientes existentes en el suelo o sustrato y, por lo tanto, siempre será necesario evaluar su cantidad.

Finalmente, en el cultivo de la palma es posible con la contribución de la reducción de GEI, tales como el óxido nitroso. Esto a través del reciclaje de la biomasa producida en el cultivo, especialmente racimos vacíos y hojas. Además de la protección del suelo, la conservación de la humedad y el incremento de la materia orgánica, esta puede representar hasta 27 % de los requerimientos de nutrientes (Kananam *et al.*, 2011; Tao *et al.*, 2017; Zahrim *et al.*, 2015). Al reciclar, se disminuye el aporte de fuentes inorgánicas de fertilizantes y es posible la reducción de la huella de carbono asociada con la producción de aceite de palma.

Cultivares adaptados y palma como sumidero de carbono

Además de la implementación de las mejores tecnologías y prácticas de manejo del cultivo que contribuyan con una mejor adaptación al cambio y variabilidad climática, es necesario el establecimiento de cultivares mejor adaptados a condiciones extremas como el déficit hídrico o también que sean eficientes en el uso de nutrientes.

Con relación al uso eficiente del agua, existen cultivares que por su morfología, fisiología y aprovechamiento de nutrientes son capaces de adaptarse a condiciones de estrés y mantenerse con mejores rendimientos con respecto a otros (Hong Xing *et al.*, 2016; Mangena, 2018; Rivera *et al.*, 2013; Torres *et al.*, 2015). Uno de los mecanismos de adaptación de dichos cultivares tiene que ver con la capacidad de producción de raíces, las cuales permiten mayor acceso al agua disponible en el suelo. En este sentido, bajo condiciones de vivero de palma de aceite de Silva *et al.*, (2016) encontraron, al observar el comportamiento de 2 cultivares, uno sin estrés y otro bajo estrés hídrico, que en el primero, la reducción del peso seco de raíces fue del 42 %, mientras que en el segundo, bajo condiciones similares, tuvo una reducción del 59 %, es decir, el déficit hídrico tuvo un mayor impacto en esta variable y se vio reflejado igualmente en la parte aérea. Este tipo de cultivares con mejor adaptación al estrés también son parte de la estrategia de adaptación al cambio y variabilidad climática y permiten reducir la huella hídrica del cultivo en función de menores requerimientos hídricos.

Teniendo que en cuenta que el mayor porcentaje de huella hídrica del cultivo se asocia con el aporte de nutrientes, es deseable la identificación y establecimiento de cultivares que poseen alta eficiencia en su uso, es decir, que produzcan la mayor cantidad de aceite con el menor aporte de nutrientes, especialmente N y K, los cuales son los dos que se extraen por tonelada de racimos de fruta fresca (RFF). Sobre este, Ollivier *et al.* (2017) encontraron que para el caso del N existen cultivares que con dosis cercanas a 1.850 g de N/palma/año, producen 8,75 t de aceite de palma crudo (APC)/

ha/año, mientras que bajo condiciones similares otros cultivares producen 7,5 t de APC/ha/año, es decir, una diferencia de 1,25 t de APC/ha/año o el equivalente a 14,28 %. De manera similar, para el K se registran cultivares con dosis cercanas a 3.200 g de K/palma por año, existen cultivares que producen cerca de 9 t de APC/ha/año, mientras que otros alcanzan cerca de 7 t de APC/ha/año. Estas mayores eficiencias en el uso de nutrientes se asocian con una mejor distribución del sistema radical, la menor exportación de nutrientes contenidos en los racimos cosechados, en las hojas y raquis de la palma, como también con la menor acumulación en tejidos de reserva como los estípites.

Por otra parte, el cultivo de la palma de aceite es catalogado como sumidero de carbono (C), ya que presenta balance positivo en la fijación de carbono atmosférico, gracias al sistema radical y a la diversidad de plantas que pueden asociarse con el cultivo (Beyer *et al.*, 2020; Khasanah *et al.*, 2015). Se estima que la palma puede secuestrar alrededor de 4,55 t de C/ha/año, de las cuales el 52 % corresponde a la parte aérea del cultivo, 4 % a la vegetación acompañante, 6 % a los residuos del cultivo y 38 % a lo que se almacena en el suelo. Este último valor se asocia con el alto porcentaje de producción de raíces finas de la palma, las plantas asociadas y la incorporación continua de biomasa, pues en estos cultivos el suelo no se remueve por periodos que superan los 25 años, es decir, se permite la acumulación efectiva de carbono orgánico en este.

Continuando con el tema de la vegetación acompañante, además de los impactos anteriormente mencionados sobre la protección del suelo y la conservación de la humedad, a través de esta también existe la posibilidad de incrementar la captura de carbono. Aholoukpè *et al.* (2016) reportan que para cultivos de palma de aceite en etapa adulta, al comparar 2 sistemas de manejo, uno con alta y otro con baja población de plantas acompañantes, el carbono en el suelo fue de 58 t/ha en áreas con alta vegetación, mientras que en las áreas de baja vegetación el valor fue de 33 t/ha, es decir, 43 % menos de carbono almacenado cuando no se propicia la permanencia de plantas acompañantes. De acuerdo con esto, la palma de aceite puede contribuir con esta labor no solo en la acumulación de masa seca, sino también a través de la interacción con la diversidad de plantas asociadas al cultivo, que favorecen la conservación del suelo y la biodiversidad.

Conclusiones y recomendaciones

Frente al cambio y variabilidad climática, las acciones a desarrollar desde la agroindustria de la palma deberían enfocarse en los siguientes puntos:

- *Mejoramiento y protección del suelo, y conservación del agua.* La naturaleza del agroecosistema de la palma y la implementación de las mejores prácticas agronómicas permiten el mejoramiento de los suelos. Protegerlos significa mantener e incrementar la cobertura vegetal, así como, el reciclaje de la biomasa generada por el cultivo y aquella que pueda aportarse como fuente externa. Con esto es posible reducir la erosión, la pérdida de materia orgánica, nutrientes y el incremento de la biodiversidad y la conservación de humedad en el suelo.
- *Reducción de las emisiones asociadas con la nutrición del cultivo.* Es necesario incrementar la eficiencia de la nutrición con el reciclaje de los nutrientes contenidos en la biomasa, el uso de fuentes fertilizantes con tecnologías que permiten el mejor aprovechamiento de dichos nutrientes, la identificación y el establecimiento de cultivares eficientes en el uso de los mismos y tolerantes al déficit hídrico. Además, la incorporación de microorganismos promotores de crecimiento a través de la estimulación de fitohormonas en las palmas.
- *Eficiencias con base en la fertilidad biológica del suelo.* Las acciones dirigidas al mejoramiento de su biodiversidad impactan en la eficiencia de la nutrición y la sostenibilidad del cultivo. El seguimiento y el mantenimiento de buenas condiciones físicas y químicas del suelo influyen en la fertilidad biológica y una de las estrategias a implementar es el fomento de variedad de especies vegetales y el uso adecuado de agroquímicos, especialmente herbicidas.
- *Palma como sumidero de carbono.* El agroecosistema de la palma permite la captura de carbono y la reducción de emisiones GEI. Esto es particularmente importante en el suelo y tiene que ver con la densidad del sistema radical del cultivo y de las plantas asociadas,

y con la no remoción del suelo por periodos superiores a 25 años, que corresponden al ciclo productivo de la palma.

- *Conocimiento para la toma de decisiones.* Contar con información suficiente y actualizada es la base para disminuir el riesgo. El conocimiento del suelo en sus variables químicas, físicas y biológicas, el de la palma y su fisiología e interacciones con el ambiente, el de las tierras y las variables climáticas, además de, el de las tecnologías disponibles, son elementos necesarios para la toma de decisiones ajustadas a las particularidades de cada unidad de manejo agronómico y para la generación de indicadores que permitan realizar seguimiento a la eficiencia del uso del agua y la nutrición en el cultivo.

Agradecimientos

Al Fondo de Fomento Palmero (FFP), administrado por Fedepalma, por la cofinanciación de la investigación en Cenipalma, y a los integrantes del programa de Agronomía por sus contribuciones para la realización de este documento: Cristian Acero, Marco Olivares, Armando Manotas, Isaac Torres, Jari Rodríguez, Carlos Rodríguez, Luis Macías, Dora Martínez, Juan Artunduaga, Dianorgen Castro, Eleodoro Meneses, Wilson Pérez, Diego Molina, Jhon Jiménez, Arley Zapata, Álvaro Rincón, Víctor Rincón, Tulia Delgado, Greidy Ladino, Andrea Zabala, Osmar Barrera y Jorge Torres.

Referencias

Aholoukpè, H. N. S., Amadji, G. L., Blavet, D., Chotte, J. L., Deleporte, P., Dubos, B., … Jourdan, C. (2016). Effet de la gestion des feuilles d'élagage du palmier à huile sur le stock de carbone et les propriétés physico-chimiques du sol dans les palmeraies villageoises du Bénin. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, *20*(2), 171-182.

Álvarez, O. M., Ruíz, E., Mosquera-M., M. & Humberto-S, J. (2018). Evaluación económica de sistemas de riego para plantaciones de palma aceitera en la Zona Norte de Colombia TT. *Palmas*, *39*(1), 69-85. Recuperado de https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12401

Arias, N. A., Beltrán, J. A., Guerrero, J. M. & Sánchez, A. C. (2014). Tecnologías para el manejo de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite validadas en las zonas palmeras de Colombia. *Revista Palmas*, *35*(2), 39-52. Recuperado de http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10978

Ariyanti, M., Mubarok, S. & Asbur, Y. (2017). Study of *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson as Cover Cop Against Soil Water Content in Mature Oil Palm Plantation. *Journal of Agronomy*, *16*(4), 154-159. doi: 10.3923/ja.2017.154.159

Asbur, Y., Purwaningrum, Y. & Ariyanti, M. (2018). Growth and nutrient balance of *Asystasia gangetica* (L .) T . Anderson as Cover Crop for Mature Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Plantations. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *78*(December), 486-494. doi: 10.4067/S0718-58392018000400486

Ashton-butt, A., Hood, A., Ashton-butt, A., Aryawan, A. A. K., Hood, A. S. C., Naim, M., … Snaddon, J. (2018). *Understory Vegetation in Oil Palm Plantations Benefits Soil Biodiversity and Understory Vegetation in Oil Palm Plantations Benefits Soil Biodiversity and Decomposition Rates,* (octubre 2019). doi: 10.3389/ffgc.2018.00010

Beyer, R., Durán, A., Rademacher, T., Martin, P., Tayleur, C., Brooks, S., … Sanderson, F. (2020). *The Environmental Impacts of Palm Oil and its Alternatives*, 1-18. doi: 10.1101/2020.02.16.951301

CAF. (2016). *El Niño en América Latina: ¿Cómo mitigar sus efectos en los sectores productivos?*

Caliman, J. P. & Southworth, A. (1998). Effect of Drought and Haze on the Performance of Oil Palm. *International Oil Palm Conference*, (I). Recuperado de http://agritrop.cirad.fr/401034/1/ID401034.pdf

Carr, M. K. V. (2014). The Water Relations and Irrigation Requirements of Cocoa (*Theobroma Cacao* L). A Review. *Experimental Agriculture*, *50*(01), 1-23. doi: 10.1017/S0014479713000288

de Silva, J., Tuwei, G. & Zhao, F. J. (2016). Environmental Factors Influencing Aluminium Accumulation in Tea (*Camellia sinensis* L.). *Plant and Soil*, *400*(1-2), 223-230. doi: 10.1007/s11104-015-2729-5

Dewi, R. A. S., Indriyati, L. T., Sahari, B. & Sabiham, S. (2017). Loss of Soil Organic Matter, Lignocellulose and Microbial Population in Oil Palm Plantations Located at Different Slopes. *Journal of Tropical Soils*, *22*(3), 175-181. doi: 10.5400/jts.2017.v22i3.175-181

Eycott, A. E., Advento, A. D., Waters, H. S., Luke, S. H., Aryawan, A. A. K., Hood, A. S., … Turner, E. C. (2019). Resilience of Ecological Functions to Drought in an Oil Palm Agroecosystem. *Environmental Research Communications*, *1*(10), 101004. doi: 10.1088/2515-7620/ab48da

Formaglio, G., Veldkamp, E., Duan, X., Tjoa, A. & Corre, M. (2020). Herbicide Weed Control Increases Nutrient Leaching as Compared to Mechanical Weeding in a Large-scale Oil Palm Plantation. *Biogeosciences Discussions*, (junio), 1-53. doi: 10.5194/bg-2020-153

Gafur, M. A. & Putra, E. T. S. (2019). Effect of Drought Stress in Physiological Oil Palm Seedling (*Elaeis guineensis* Jacq.) Using Calcium Application. *Asian Journal of Biological Sciences*, *12*(3), 550-556. doi: 10.3923/ajbs.2019.550.556

Giller, K. E., Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M. & van Noordwijk, M. (2017). Yield Gaps in Oil Palm: A Quantitative Review of Contributing Factors. *European Journal of Agronomy*, *83*, 57-77. doi: 10.1016/j.eja.2016.11.002

Hardwick, S. R., Toumi, R., Pfeifer, M., Turner, E. C., Nilus, R. & Ewers, R. M. (2015). The Relationship between Leaf Area Index and Microclimate in Tropical Forest and Oil Palm Plantation: Forest Disturbance Drives Changes in Microclimate. *Agricultural and Forest Meteorology*, *201*(March), 187-195. doi: 10.1016/j.agrformet.2014.11.010

Henson, I. E., Harun, M. H. & Chang, K. C. (2008). Some Observations on the Effects of High Water Tables and Flooding on Oil Palm, and a Preliminary Model of Oil Palm Water Balance and Use in the Presence of a High Water Table. *Oil Palm Bulletin*, *56*(May), 14-22.

Hong Xing, C., Cheng Xu, S., Hong Bo, S. & Xin Tao, L. (2016). Effects of Low Temperature and Drought on the Physiological and Growth Changes in Oil Palm Seedlings. *African Journal of Biotechnology*, *10*(14), 2630-2637. doi: 10.5897/ajb10.1272

Husni, M. H. A., Bah, A., Ahmed, O. H., Syed Omar, S. R., Teh, C. B. S. & Rafii, M. Y. (2014). Reducing Runoff Loss of Applied Nutrients in Oil Palm Cultivation Using Controlled-Release Fertilizers. *Advances in Agriculture*, *2014*(Diciembre), 1-9. doi: 10.1155/2014/285387

Ideam. (2015). *Nuevos escenarios para el cambio climático para Colombia 2011-2100. Ideam, 13*. Recuperado de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGI_AR5_TS_FAQ_ES.pdf%5Cn%5Cnhttp://www.enteregionsur.com.ar/varios/user_files/multimedia_1328640503.doc%5Cnhttp://www.fao.org/docrep/018/i3325e/i3325e00.htm%5Cnhttp://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/26a9.pdf%5Cnhttp:

Jamaluddin, U. A., Lim, C. S. & Pereira, J. J. (2018). Implications of Climate Change on the Coastal Zone of Kuala Selangor, Malaysia. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, *66*(Febrero 2019), 107-119. doi: 10.7186/bgsm66201814

Jazayeri, S. M., Rivera, Y. D., Camperos-Reyes, J. E. & Romero, H. M. (2015). Physiological Effects of Water Deficit on Two Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Genotypes. *Agronomía Colombiana*, *33*(2), 164-173. doi: 10.15446/agron.colomb.v33n2.49846

Kananam, W., Suksaroj, T. T. & Suksaroj, C. (2011). Biochemical Changes during Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Empty Fruit Bunches Composting with Decanter Sludge and Chicken Manure. *ScienceAsia*, *37*(1), 17-23. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2011.37.017

Khasanah, N., van Noordwijk, M., Ningsih, H. & Rahayu, S. (2015). Carbon Neutral? No Change in Mineral Soil Carbon Stock Under Oil Palm Plantations Derived from Forest or non-forest in Indonesia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *211*, 195-206. doi: 10.1016/j.agee.2015.06.009

Kospa, D., Lulofs, K. & Asdak, C. (2017). Estimating Water Footprint of Palm Oil Production in PTP Mitra Ogan. *International Journal of Advanced Engineering Information Technology*, *7*(6), 2115-2121.

Landis, T. D. & Dumroese, R. K. (2009). Using Polymer-coated Controlled-release Fertilizers in the Nursery and After Outplanting. *Forest Nursery Notes*, (C), 5-12.

Lubis, M. E. S., Harahap, I. Y., Hidayat, T. C., Pangaribua, Y., Sutarta, E. S., Rahman, Z. A., … Hanafi, M. M. (2014). Changes in Water Table Depth in an Oil Palm Plantation and its Surrounding Regions in Sumatra, Indonesia. *Journal of Agronomy*. doi: 10.3923/ja.2014.140.146

Madzen, A. A. & Choy, L. K. (2017). Respons fenologi tumbuhan terhadap taburan hujan di johor menggunakan data indeks tumbuhan satelit MODIS-Aqua. *Sains Malaysiana*, *46*(3), 421-428. doi: 10.17576/jsm-2017-4603-09

Mangena, P. (2018). Water Stress: Morphological and Anatomical Changes in Soybean (Glycine max L.) Plants. *Plant, Abiotic Stress and Responses to Climate Change*, (mayo). doi: 10.5772/intechopen.72899

Mejía, J. (2000). Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura. *Revista Palmas*, *21*(1), 51-58. Recuperado de http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/726/726

Morel, M. a., Braña, V. & Castro-Sowinski, S. (2012). Legume Crops, Importance and Use of Bacterial Inoculation to Increase Production. *Crop Plant*, 217-240. doi: 10.5772/37413.

Mosquera, M. & Ruiz, E. (2016). Costos de producción de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia en 2014, (Marzo).

Murtilaksono, K., Ariyanti, M., Asbur, Y., Siregar, H. H., Sutarta, E. S., Yanya, S., … Yusuf, M. (2018). Surface Runoff and Soil Erosion in Oil Palm Plantation of Management Unit of Rejosari, PT Perkebunan Nusantara VII. *Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 0-5. doi: 10.1088/1755-1315/196/1/012002

Najihah, T. S., Ibrahim, M. H., Zain, N. A. M., Nulit, R. & Wahab, P. E. M. (2020). Activity of the Oil Palm Seedlings Exposed to a Different Rate of Potassium Fertilizer under Water Stress Sondition. *AIMS Environmental Science*, *7*(1), 46-68. doi: 10.3934/environsci.2020004

Oettli, P., Behera, S. K. & Yamagata, T. (2018). Climate Based Predictability of Oil Palm Tree Yield in Malaysia. *Scientific Reports*, *8*(1), 1-13. doi: 10.1038/s41598-018-20298-0

Ollivier, J., Flori, A., Cochard, B., Amblard, P., Turnbull, N., Syahputra, I., … Gasselin, D. T. (2017). Genetic Variation in Nutrient Uptake and Nutrient Use Efficiency of Oil Palm. *Journal of Plant Nutrition*, *40*(4), 558-573. doi: 10.1080/01904167.2016.1262415

Othman, H., Mohammed, A. T., Harun, M. H., Darus, F. M. & Mos, M. (2010). Best Management Practices for Oil Palm Planting on Peat: Optimum Groundwater Table. *MPOB Information Series*. Recuperado de http://palmoilis.mpob.gov.my/publications/TOT/TT-472.pdf

Pardon, L., Ian Huth, N., Netelenbos Nelson, P., Banabas, M., Gabrielle, B. & Bessou, C. (2017). Yield and Nitrogen Losses in Oil Palm Plantations: Main Drivers and Management Trade-offs Determined Using Simulation. *Field Crops Research*, *210*(mayo), 20-32. doi: 10.1016/j.fcr.2017.05.016

Pontigo, S., Ribera, A., Gianfreda, L., de la Luz Mora, M., Nikolic, M. & Cartes, P. (2015). Silicon in Vascular Plants: Uptake, Transport and its Influence on Mineral Stress under Acidic Conditions. *Planta*, *242*(1), 23-37. doi: 10.1007/s00425-015-2333-1

Rahim, K. a. (2002). Biofertilizers in Malaysian Agriculture: Perception, Demand and Promotion. *Country Report of Malaysia*, 1-6. Recuperado de http://www.fnca.mext.go.jp/english/bf/country_img/malaysia.pdf

Rhebergen, T. (2012). *Analysis of Implementation of Best Management Practices in Oil Palm Plantations in Indonesia*. Wageningen Universiteit. doi: 10.1016/j.still.2014.08.005

Rhebergen, T., Fairhurst, T., Whitbread, A. & Giller, K. E. (2018). Yield Gap Analysis and Entry Points for Improving Productivity on Large Oil Palm Plantations and Smallholder Farms in Ghana. *Agricultural Systems*, *165*(febrero), 14-25. doi: 10.1016/j.agsy.2018.05.012

Rhebergen, T., Fairhurst, T., Giller, K. E. & Zingore, S. (2019). The Influence of Water and Nutrient Management on Oil Palm Yield Trends on a Large-scale Plantation in Ghana. *Agricultural Water Management*, *221* (noviembre), 377-387. doi: 10.1016/j.agwat.2019.05.003

Rivera, Y., Rodríguez, D. & Romero, H. (2017). *Huella de carbono de la producción de racimos de fruta fresca de palma de aceite en Colombia* . Recuperado de http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Cenipalma/posteres-rt-nacional/YRivera__Huella_de_carbono_de_la_produccion_de_racimos_de_fruta_fresca_RTN_2017_.pdf?fbclid=IwAR12ZbhbhJZHq-g9TlYFMBLcmAapZYVLwfgeUc-gjdYynQV3f01Oig-aDGs

Rivera, Y., Moreno, A. & Romero, H. (2013). Biochemical and Physiological Characterization of Oil Palm Interspecific Hybrids (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) Grown in Hydroponics. *Acta Biológica Colombiana*, *18*(3), 465-472.

Russell, R. & Paterson, M. (2020). Depletion of Indonesian Oil Palm Plantations Implied from Modeling Oil Palm Mortality and *Ganoderma boninense. Rot under Future Climate, 7*(marzo), 366-379. doi: https://doi.org/10.3934/environsci.2020024

Safitri, L., Hermantoro, H., Purboseno, S., Kautsar, V., Saptomo, S. K. & Kurniawan, A. (2018). Water Footprint and Crop Water Usage of Oil Palm (*Eleasis guineensis*) in Central Kalimantan: Environmental Sustainability Indicators for Different Crop Age and Soil Conditions. *Water (Switzerland)*, *11*(1). doi: 10.3390/w11010035

Salmiyati, heryansyah, A., Idayu, I. & Supriyanto, E. (2014). Oil Palm Plantations Management Effects on Productivity Fresh Fruit Bunch (FFB). *APCBEE Procedia*, *8*(Caas 2013), 282-286. doi: 10.1016/j.apcbee.2014.03.041

Samedani, B., Juraimi, A. S., Anwar, M. P., Rafii, M. Y., Awadz, S. A. S. & Anuar, A. R. (2012). Competitive Ability of Some Cover Crop Species Against *Asystasia gangetica* and *Pennisetum polystachion*. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, *62*(7), 571-582. doi: 10.1080/09064710.2012.677855

Savilaakso, S., García, C., García-Ulloa, J., Ghazoul, J., Groom, M., Guariguata, M. R., … Zrust, M. (2014). Systematic Review of Effects on Biodiversity from Oil Palm Production. *Environmental Evidence*, *3*(1). doi: 10.1186/2047-2382-3-4

Shanmuganathan, S. & Narayanan, A. (2012). Modelling the Climate Change Effects on Malaysia's Oil Palm Yield. *2012 IEEE Symposium on E-Learning, E-Management and E-Services, IS3e 2012*, 71-76. doi: 10.1109/IS3e.2012.6414948

Sicuia, O. A., Oancea, F., Constantinescu, F., Dinu, S. & Cornea, C. P. (2012). Bacillus Strains Useful in Improving Vegetal Mulch Technology Trough Bioactivation. *Romanian Biotechnological Letters*, *17*(5), 7610-7619.

Sigalingging, R., Sumono & Rahmansyah, N. (2018). Evapotranspiration and Crop Coefficient of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) on the Main Nursery in a Greenhouse. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *122*(1). doi: 10.1088/1755-1315/122/1/012099

Sim, C. C. & Zaharah, A. R. (2014). Potassium Uptake Kinetics by Oil Palm Root Via Radiotracer Techniques. *Asian Journal of Plant Sciences*, *13*(4), 195-197. doi: 10.3923/ajps.2014.195.197

Stiegler, C., Meijide, A., Fan, Y., Ashween Ali, A., June, T. & Knohl, A. (2019). El Niño-Southern Oscillation (ENSO) Event Reduces CO_2 Uptake of an Indonesian Oil Palm Plantation. *Biogeosciences Discussions*, *2015*, 1-27. doi: 10.5194/bg-2019-49

Subramaniam, V. (2018). *Charting the Water Footprint for Malaysian Crude Palm Oil*, *178*. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.061

Sun, C., Cao, H., Shao, H., Lei, X. & Xiao, Y. (2011). Growth and Physiological Responses to Water and Nutrient Stress in Oil Palm. *Journal of Biotechnology*, *10*(51), 10465-10471. https://doi.org/10.5897/AJB11.463

Tao, H., Snaddon, J. L., Slade, E. M., Caliman, J., Widodo, R. H. & Willis, K. J. (2017). *Long-term Crop Residue Application Maintains Oil Palm Yield and Temporal Stability of Production*. doi: 10.1007/s13593-017-0439-5

Torres, J., Gutiérrez, M. & Chinchilla, C. (2015). Morpho-physiological Monitoring of Oil Palms (*Elaeis guineensis* Jacq .) *Affected by Spear Rots* (PC), 26-34.

Valente Lima, J., Tinôco, R. S., Olivares, F. L., Moraes, A. J. G. de, Chia, G. S. & Silva, G. B. da. (2020). Hormonal Imbalance Triggered by Rhizobacteria Enhance Nutrient Use Efficiency and Biomass in Oil Palm. *Scientia Horticulturae*, *264* (enero). doi: 10.1016/j.scienta.2019.109161

Vijiandran, J. R., Husni, M. H. A., Teh, C. B. S., Zaharah, A. R. & Xaviar, A. (2017). Nutrient Losses through Runoff from Several Types of Fertilisers under Mature Oil Palm. *Malaysian Journal of Soil Science*, *21*(diciembre), 113-121.

Wu, Y., Chan, E., Melton, J. R. & Verseghy, D. L. (2017). A Map of Global Peatland Distribution Created using Machine Learning for use in Terrestrial Ecosystem and Earth System Models. *Geoscientific Model Development Discussions*, (julio), 1-21. doi: 10.5194/gmd-2017-152

Xianhai, Z., Denglang, P., Weifu, L. & Zifan, L. (2019). Impact Analysis of Climatic Factors on Vegetative Growth, Yield and Cold Resistance of Oil Palm Introduced in Different Regions of Guangdong Province, China. *Journal of Oil Palm Research*, *31*(1), 73-85. doi: 10.21894/jopr.2019.00p4

Yahya, Z., Palm, M., Board, O., Hashim, Z., Palm, M., Board, O. & Syarif, Y. (2017). *Managing Soil Deterioration and Erosion under Oil Palm*.

Zahrim, A. Y., Asis, T., Hashim, M. A., Al-Mizi, T. M. T. M. A. & Ravindra, P. (2015). A Review on the Empty Fruit Bunch Composting: Life Cycle Analysis and the Effect of Amendment(s). En Ravindra, P. (Ed.), *Advances in Bioprocess Technology SE-1* (pp. 3-15). Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-17915-5_1

Zörb, C., Senbayram, M. & Peiter, E. (2014). Potassium in Agriculture-Status and Perspectives. *Journal of Plant Physiology*, *171*(9), 656-669. doi: 10.1016/j.jplph.2013.08.008

Validación de tecnologías a escala comercial: el salto peligroso de la tecnología

Scaling up Technologies: The Mortal Leap of Technologies

Citación: Mosquera-Montoya, M. (2021). Validación de tecnologías a escala comercial: el salto peligroso de la tecnología. *Palmas, 42*(1), 96-98.

Mosquera Montoya Mauricio
Investigador Titular, Coordinador de la Unidad de Validación de Cenipalma
mmosquera@cenipalma.org

El concepto del "salto peligroso de la mercancía", desarrollado por Karl Marx en el siglo XIX, indica que un bien o servicio realiza su valor cuando es demandado; ese valor se genera en la producción, la cual se entiende como el proceso de transformación de las materias primas. Y este concepto (salto peligroso de la mercancía) es perfectamente aplicable al mundo de la investigación.

En efecto, el resultado de investigación realmente se realiza si contribuye a generar una solución o es una solución en sí misma, para un problema que enfrentan los productores y, por lo tanto, es adoptada. En este orden de ideas, una tecnología novedosa debe ser más eficaz que aquellas que actualmente se implementan y, en lo posible, reducir el costo de producción. En otras palabras, debe ser eficiente desde la perspectiva económica.

En este punto, es importante definir qué se entiende por tecnología y por eficiencia económica. Una tecnología es la combinación de factores de producción (tierra, capital y trabajo) que permite alcanzar un objetivo. La eficiencia económica implica que la combinación de factores que corresponde a cada tecnología, minimice el uso de los factores de

la producción. En cuanto al objetivo, debe destacarse que la palma de Colombia tiene como propósito posicionarse en los mercados externos como "única y diferenciada", lo que implica un verdadero compromiso con prácticas sostenibles (socialmente responsables, amigables con el medio ambiente y rentables).

¿Qué tanta eficiencia económica tiene la agroindustria de la palma de aceite de Colombia?

Un estudio de LMC (2020) reportó que en 2019/2020 el costo de producción en Indonesia fue de USD 308/t APC, en Malasia de USD 381/t APC y que en Colombia fue USD 569/t APC; con lo cual se concluye que hay razones para cuestionar la eficiencia económica de la palmicultura del país, ya que para producir una tonelada de aceite, en promedio se requiere casi el doble de los recursos que utilizan los países del Sudeste Asiático.

Sin embargo, el estudio de costos de la agroindustria para 2019, que se centra en empresas referentes de las cuatro zonas palmeras, indicó que en Colombia hay palmicultores que están muy cerca de los costos de producción reportados por LMC (2020) para los países líderes de la agroindustria a nivel global (Tabla 1). Esto implica que aquí hay tecnologías para llevar a cabo el negocio palmero de manera sostenible. Surge entonces la pregunta, ¿qué debe ocurrir para que los resultados de nuestro país sean iguales o mejores a los de aquellas empresas que tienen tan buenos logros?

Precisamente, la presentación giró en torno a la definición de un marco conceptual que permitiera entender qué factores tienen que ver con el éxito de una tecnología al ser escalada a nivel comercial, para que sea adoptada. En otras palabras, qué se debe tener en cuenta para la puesta a prueba de las tecnologías a escala comercial, las cuales permiten el logro de la eficiencia económica y la rentabilidad esperadas.

Dicho marco se sintetiza en la Figura 1. En la parte superior se encuentran las restricciones a las cuales se enfrenta el nivel estratégico de las empresas (dueños, gerentes) a la hora de tomar decisiones acerca de las tecnologías a implementar. Nos referimos a la normatividad legal a la cual se le debe dar cumplimiento (ambiental, social, propiedad, etc.), la disposición de recursos económicos, la disponibilidad de mano de obra y el paisaje. Todos ellos, factores que condicionan el tipo de tecnología que puede ser seleccionada.

Una vez se han observado esas restricciones que acotan el margen de decisión sobre las tecnologías disponibles, se clarifica el portafolio de las elegibles para la situación particular de la empresa (Figura 1, abajo a la izquierda). Al seleccionar la tecnología a implementar deberán considerarse dos efectos: uno tendrá que ver con el rendimiento del cultivo y el otro con el rendimiento de la mano de obra.

Tabla 1. Costos empresas *benchmark* Colombia (FOB planta de beneficio)

Cultivar	Zona	$/kg RFF	$/kg APC	USD/t APC
E. guineensis	Central	247	1.238	377
	Norte	291	1.498	456
	Oriental	283	1.421	433
	Nacional	**281**	**1.419**	**432**
OxG	Central	284	1.340	408
	Norte	237	1.386	422
	Oriental	290	1.341	409
	Suroccidental	306	1.566	477
	Nacional	**293**	**1.496**	**456**

Figura 1. Puesta a prueba de las tecnologías a escala comercial: eficiencia económica y rentabilidad

Rendimiento del cultivo: impacta directamente la eficiencia de los recursos asignados al factor tierra y al factor capital, ya que estos corresponden a los costos fijos del negocio. En este orden de ideas, la mayor cantidad de toneladas de fruto y de aceite por unidad de área o por inversión en bienes de capital derivarán en reducciones en el costo unitario de producción. En esta categoría entran tecnologías que impactan directamente el rendimiento como la selección del cultivar a ser sembrado en el entorno agroecológico en el cual va a desarrollarse, la nutrición del cultivo, la implementación de un sistema de riego, el mantenimiento de plantación y el manejo oportuno de las plagas y enfermedades. Todas ellas, áreas en las cuales se pueden observar tecnologías que permiten alcanzar la meta de producir aceite sostenible al menor costo posible.

Eficiencia de la mano de obra: el factor decisivo para el éxito de una tecnología o su fracaso corresponde al recurso humano. En este caso, también resulta prioritario implementar las acciones necesarias para asegurar que cada peso que se invierte en mano de obra tenga la mayor rentabilidad posible. Para ello, es importante abordar temáticas como el entrenamiento del personal que labora en las empresas (capacidades), la relación entre condiciones de trabajo y rendimiento de la mano de obra (calor, humedad relativa, facilidad de tránsito por los lotes, densidad de cosecha, densidad de inflorescencias, mantenimiento de equipos), estrategias para la retención de personal (bonificaciones, incentivos no monetarios) y el diseño de puestos de trabajo (estudios del trabajo, tiempos y movimientos).

Precisamente, la charla magistral trató, con ejemplos, el impacto del rendimiento del cultivo y su efecto sobre rendimiento de labores del mismo (cosecha, polinización). Igualmente se presentaron las diferencias en la eficiencia de la mano de obra ocasionadas por las capacidades de los operarios (cosecha) y el diseño de puestos de trabajo (cosecha, polinización).

Las principales conclusiones de la conferencia fueron: 1) en Colombia existen tecnologías implementadas en empresas de la agroindustria que les permiten ser productores competitivos en el entorno internacional. 2) En el cultivo, los indicadores y metas deben establecerse considerando el rendimiento de la plantación. 3) Entre las alternativas que ayudan a incrementar la productividad de la mano de obra se destacan la capacitación, la mecanización y el diseño de puestos de trabajo. Finalmente, se hizo énfasis en que la complejidad de la toma de decisiones requiere de agrónomos e ingenieros de plantas de beneficio primario (PBP) que hablen "financiero" y, financieros y gerentes que hablen "agrónomo y plantero".

Retos para el fortalecimiento de la asistencia técnica y oportunidades en la producción de aceite de palma sostenible

Challenges for Strengthening Technical Assistance and Opportunities in the Production of Sustainable Palm Oil

Citación: Hinestroza-C., A., Baracaldo, J. L., Rodríguez, A. K. & Obando-M., C. (2021). *Palmas, 42*(1), 99-106.

Hinestroza C. Alcibiades
Líder de Promoción y Desarrollo de Asistencia Técnica de Cenipalma

Baracaldo C. José L.
Analista de Proyectos de Cenipalma

Rodríguez O. Ana K.
Analista de Promoción y Desarrollo de la Asistencia Técnica Ambiental y Social de Cenipalma

Obando M. Carolina
Responsable de Mejores Prácticas de Sostenibilidad de Cenipalma

La conferencia Retos para el fortalecimiento de la asistencia técnica y oportunidades en la producción de aceite de palma sostenible se enfocó en las siguientes temáticas:

Situación actual de la asistencia técnica palmera

Su fortalecimiento es imprescindible dentro de las acciones que adelanta el gremio para superar el conjunto de factores que limita la competitividad de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Por tal razón, se viene promoviendo el fortalecimiento a través de los Núcleos Palmeros y los prestadores de servicio de asistencia técnica, iniciativa enfocada en desarrollar estrategias que permitan atender oportunamente los problemas que amenazan el cultivo de la palma de aceite en el país, y avanzar en el cierre de brechas de sostenibilidad (Fedepalma 2010).

Desde Cenipalma, y con el propósito de llegar de la mejor manera a los palmicultores, se cuenta con una estrategia de extensión gremial encaminada a articular

la investigación y la extensión con los Núcleos Palmeros y con las asociaciones de productores, palmicultores, técnicos y operarios, como modelo empresarial que ofrece asistencia de manera integral. Este ciclo se aborda desde el diseño de soluciones tecnológicas, a través de la investigación y adaptación; una vez se tienen esas soluciones, la unidad de validación de la mano con los palmicultores viabiliza y pone la puesta en campo con los ajustes requeridos y, luego; en extensión, que también aborda el componente educativo, se hace el *feedback* entre los palmicultores e investigación. En el centro de este ciclo se encuentran los palmicultores y con ellos, por medio de diferentes instancias, se identifican las necesidades. Esta organización de los productores es fundamental para garantizar la efectividad de un servicio integral para los cultivos.

En la actualidad se estima que en Colombia existen más de 540.641 hectáreas de cultivos de palma, de las cuales 29 % corresponden a los cultivos propios o de gran escala bajo el mismo esquema organizativo de las plantas de beneficio y, el 71 % a terceros, dentro de los cuales hay productores de pequeña y mediana escala. De acuerdo con estas cifras, se infiere que el negocio de la palma de aceite se compone por una base fuerte de proveeduría. Con respecto al servicio de asistencia técnica, el 67 % se concentra en atender los cultivos propios y solo un 33 % está dedicado a los cultivos de los aliados estratégicos (Figura 1), por tal motivo se está generando una gran brecha en cuanto a este servicio, lo cual se ve reflejado en la productividad.

De acuerdo con los análisis de la Dirección de Extensión se estima que de los 68 Núcleos Palmeros colombianos: 12 de ellos cuentan con un servicio de asistencia técnica fortalecida, los cuales alcanzan una productividad de 4,71 t/ha, cerca de alcanzar la megameta del sector (5 t/ha). Así mismo, 19 Núcleos cuentan con un servicio de asistencia técnica en fortalecimiento, pero existen 17 que no tienen un modelo de asistencia técnica, es decir, que a los productores de estos Núcleos no se les está prestando un servicio de asistencia regular. Los otros 20 Núcleos corresponden a cultivos propios de gran o mediana escala que cuenta son sus propios equipos técnicos (Figura 2).

Cuando se hace el comparativo de tener un servicio de asistencia técnica fortalecido y la implementación de la mejores prácticas y productividad, se ha identificado que los productores que se consideran "muy buenos" y "buenos" alcanzan productividades de más de 21 toneladas de RFF/hectárea, y se asocian a Núcleos con un servicio de asistencia técnica fortalecida; por otro lado, aquellos que carecen del servicio de asistencia se ubican en los rangos de productividad regular y malo (Figura 3).

Lineamientos para la asistencia técnica gremial a través de Núcleos Palmeros y otros actores

Como parte del mandato del Congreso Palmero (2019), el cual estableció *garantizar que la asistencia técnica y la transferencia de tecnología les llegue a todos los palmeros y se haga bajo los mejores estándares,* en cumplimiento a esta disposición, desde la Dirección de Extensión se elaboraron los Lineamientos para la Asistencia Técnica del Gremio Palmero, los cuales fueron aprobados por los órganos de control y se socializaron con las partes interesadas. A partir de esto, se diseñó una nueva estructura para su

Figura 1. Participación porcentual de la asistencia técnica/área

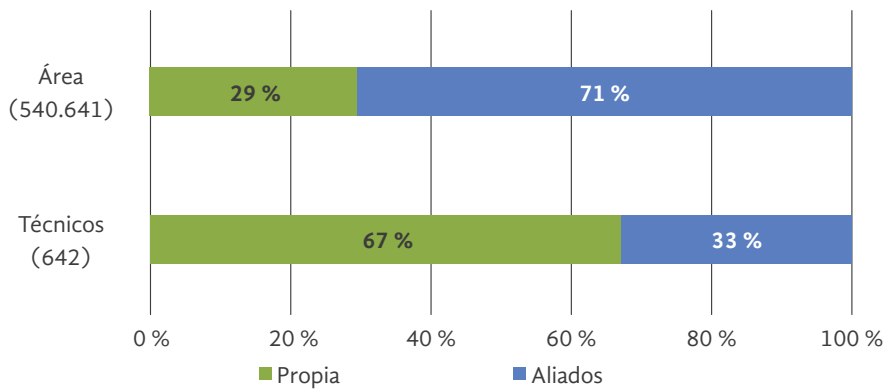


Figura 2. Productividad vs. Modelo de asistencia técnica

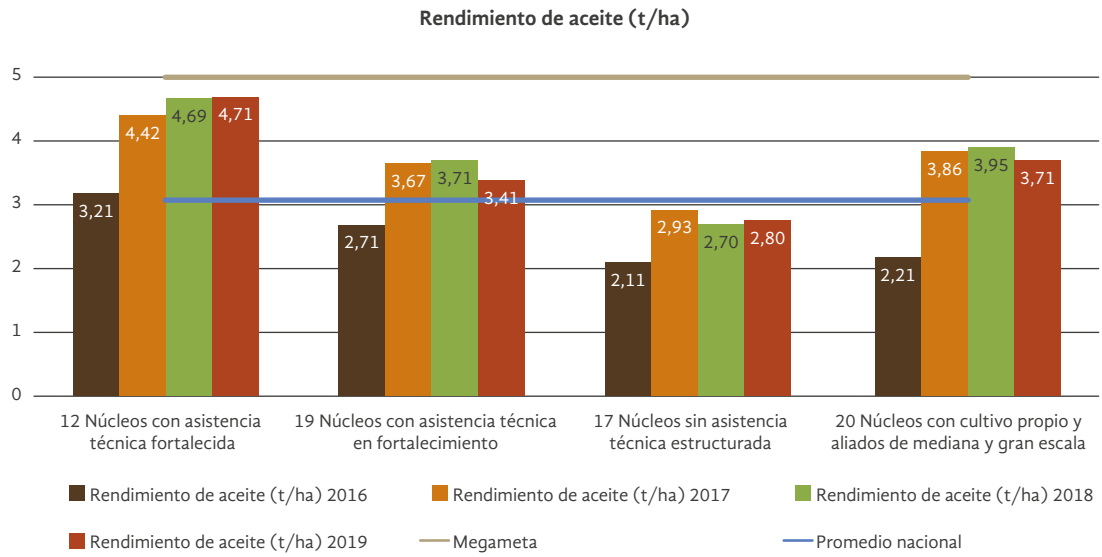
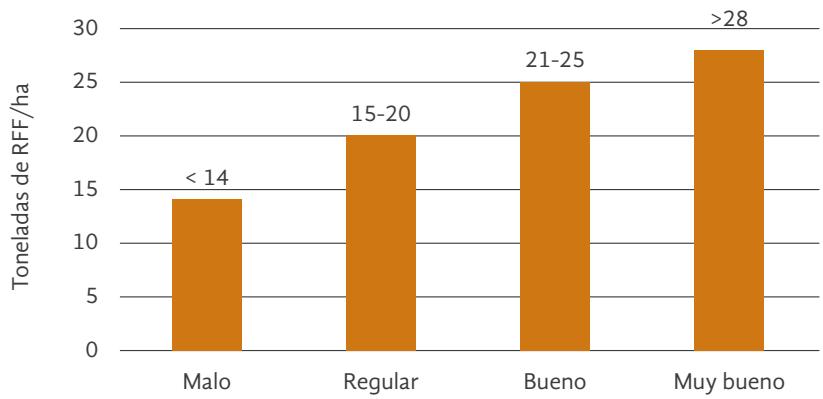


Figura 3. Rendimientos de acuerdo con el desempeño por productor



fortalecimiento, de cara a los mecanismos de financiamiento y en aras de garantizar su permanencia y cobertura. Los objetivos de estos Lineamientos son los siguientes:

Objetivo general

Fortalecer la asistencia técnica de los productores, de la mano de los Núcleos Palmeros y otros actores, y asegurar que el 90 %, o más, de los proveedores cuenten con la información necesaria para tomar decisiones acertadas sobre el manejo del cultivo de la palma de aceite e implementen las mejores prácticas agrícolas, que conduzcan a aumentar la productividad.

Objetivos específicos

- Desarrollar mecanismos que permitan establecer sistemas de monitoreo del cultivo para la consolidación de estrategias de transferencia, adopción y escalonamiento de tecnologías, que apoyen la aplicación de agricultura específica por sitio en los productores de palma de aceite.
- Modernizar los sistemas de comunicación e información con el fin de promover la interacción entre proveedores, y la de estos con los Núcleos Palmeros o prestadores de asistencia técnica, Fedepalma y Cenipalma.

- Definir el perfil de los productores en aspectos socioeconómico, cultural y productivo para guiar el programa de asistencia técnica y asegurar que las entidades gremiales puedan atender sus necesidades cabalmente.
- Orientar la estructuración de planes estratégicos y operativos para el cierre de brechas productivas, ambientales y sociales para la producción de aceite de palma sostenible.

En cumplimiento a estos objetivos, el modelo de asistencia técnica contiene los siguientes componentes:

Componente 1. Caracterización de los productores

En este, se espera recopilar información desde la parte cualitativa, asociada a la vida cotidiana del productor: cuáles son sus necesidades, preocupaciones y la visión que se proyecta a un futuro y, con estos datos, y a través de un modelo de inmersión combinado con una herramienta de recopilación y georreferenciación de información cuantitativa, se proyecta el fortalecimiento de los planes estratégicos a través del entendimiento del componente socioeconómico de los productores y sus principales limitantes en la adopción de nuevas tecnologías.

Componente 2. Planes estratégicos, operativos y articulación de trabajo con Núcleos Palmeros

Contiene dos aspectos: el primero son los planes estratégicos que incluyen un análisis de las brechas productivas y tecnológicas que presentan los productores, así como las estrategias y acciones para el cierre de estas, con una proyección de tres o más años de mejoramiento de la productividad, de las condiciones tecnológicas y un análisis del beneficio-costo para su implementación. El segundo son los Planes Operativos Anuales (POA), los cuales precisan las acciones a ejecutar en este periodo en cumplimiento de las metas planteadas en el plan estratégico (Cenipalma 2020).

Actualmente 45 % de Núcleos Palmeros cuentan con un plan estratégico para la producción de aceite de palma sostenible, y el 28 % con acciones del POA. Esto beneficia a más de 4.577 palmicultores e impacta de manera favorable a más de 157.952 hectáreas de cultivo de palma de aceite en el país.

Entre los temas que se han priorizado por parte de los Núcleos en los planes estratégicos están:

- Desarrollo del modelo de productores líderes y/o referentes.
- Intercambio de experiencias entre productores.
- Mayor acompañamiento a los productores, seguimiento y monitoreo a la adopción de tecnologías.
- Consolidación de equipos técnicos para la implementación de mejores prácticas y manejo sanitario del cultivo.
- Fortalecimiento de los equipos ambientales y sociales en aras de consolidar la producción de aceite de palma sostenible.

Dentro de los planes estratégicos se realizan inversiones de recursos, tanto de aportes de Cenipalma con recursos del Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, y de los Núcleos Palmeros en aras de darles continuidad en el tiempo. La formalización de estos planes se hace a través de la firma de un convenio y una carta de entendimiento donde quedan los compromisos de las estrategias de implementación.

Acreditación de asistentes técnicos y entidades prestadoras del servicio en palma de aceite

Para acceder a los beneficios relacionados en los lineamientos para el fortalecimiento de la asistencia técnica, las entidades participantes deben realizar un proceso de acreditación como prestadoras de este servicio y de sus equipos técnicos. Dicho proceso pretende asegurar que los prestadores cuenten con la capacidad e idoneidad que soporte los ajustes y mejoras requeridas para la asistencia técnica gremial, mediante un proceso de autorregulación en sus actividades, de acuerdo con las siguientes temáticas (Cenipalma 2020):

Pertinencia: diagnóstico, brechas, planes estratégicos y operativos, organización, personal, infraestructura, requisitos legales, etc.

Calidad: cumplimiento de planes, análisis de adopción, análisis de cierre de brechas, satisfacción del cliente/usuario.

Trazabilidad: esquema de registro o rastreo de procesos.

Idoneidad: saber (títulos, tarjeta profesional,) hacer (experiencia), saber-hacer (competencias).

Teniendo en cuenta los modelos de atención identificados y partiendo de la caracterización y diagnóstico, se deberán ejecutar los siguientes pasos: la metodología diseñada para la acreditación de entidades y equipos debe incluir principios de educación para adultos, aprendizaje significativo, formación para el trabajo, aprendizaje por descubrimiento y experiencial. Los técnicos, además, deberán pasar por un proceso de actualización que incluya entre otros, los siguientes temas: formación académica y actualización, capacidad técnica, capacidad comunicativa/educacional, liderazgo, innovación y creatividad, manejo de costos y aspectos financieros/paquetes computacionales y actitud de servicio (Cenipalma 2020).

Componente 3. Evaluación, seguimiento e impacto

En este componente se espera crear los instrumentos que permitan hacer la trazabilidad final del proyecto de asistencia técnica palmera, al evaluar los siguientes aspectos:

- Evaluación de impacto del servicio de asistencia con el análisis de información georreferenciada de las subzonas y los productores. Sistema de Información Geográfica (SIG)
- Correlaciones multidireccionales y multivariables.
- Análisis de grupos de interés.

Oportunidades para la producción de aceite de palma sostenible

Los sistemas agroindustriales a nivel global enfrentan grandes desafíos por la creciente demanda de alimentos, los efectos adversos del cambio climático, la sobreexplotación de los recursos naturales y la disminución de la biodiversidad (FAO 2017). Para hacer frente al gran ritmo de cambio y a la creciente incertidumbre hay que concebir a la sostenibilidad como un proceso y no como un punto final determinado que hay que alcanzar (FAO 2015). La sostenibilidad es un tema complejo que aborda múltiples factores que se acoplan ampliamente dentro de las áreas económicas, sociales y ambientales (Byomkesh *et al*., 2020). Es de resaltar que un sistema agroindustrial sostenible que combina dichas áreas puede hacer una contribución vital a la reducción de la pobreza y garantizar la seguridad alimentaria (Pretty J., 2008).

Conscientes de los retos en materia de sostenibilidad, desde Fedepalma y Cenipalma se busca incrementar y consolidar la producción de aceite de palma sostenible. La meta de esta iniciativa es lograr una producción de 5 t/aceite/ha/año en 2023 y aumentar la producción bajo estándares de sostenibilidad (75 %), como un mecanismo para generar un valor agregado en los mercados nacionales e internacionales y que se reconozca el producto de manera diferenciada, contribuyendo al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.

Para cumplir este objetivo y alcanzar las metas propuestas se viene implementando la metodología Paso a paso (Hinestroza, 2018), de la mano de los Núcleos Palmeros, la cual inicia con la aplicación del Índice de Sostenibilidad. Esta herramienta de medición permite establecer una línea base y hacer seguimiento del estado de una finca, con respecto a una serie de mejores prácticas económicas, ambientales y sociales, orientadas a garantizar la sostenibilidad del cultivo de palma de aceite, en aras de consolidar una palmicultura rentable, ambientalmente armónica y socialmente justa.

El Índice de Sostenibilidad se encuentra alineado con los estándares de los principios de Programa de Aceite de Palma Sostenible y contiene la siguiente estructura:

Eje económico

Principio Aceite de Palma Sostenible	Tema	Total de prácticas
Agroindustria productiva, competitiva y resiliente	Planificación, diseño y establecimiento de la plantación	5
	Mantenimiento del cultivo	3
	Cosecha y producción	1
	Gestión operativa	1
Generación de valor a partir de la biomasa	Aprovechamiento de residuos del cultivo	2

Eje ambiental

Principio Aceite de Palma Sostenible	Tema	Total de prácticas
Uso adecuado y eficiente del suelo, el agua y la energía	Conservación del suelo	4
	Agua-captación legal	5
	Agua-uso eficiente	4
	Manejo de cuencas y gobernanza del recurso hídrico	3
	Energía	2
Cero deforestación y no reemplazo de AVC	Planificación ambiental para la no deforestación	4
	Planificación ambiental para el no reemplazo de áreas con alto valor de conservación (AVC)	1
Palmicultura armónica con su entorno natural y la biodiversidad	Diseño y manejo de la plantación para la protección de ecosistemas	3
	Diseño y manejo de la plantación para la protección de AVC y ARC	3
	Diseño y manejo de la plantación para la adopción de herramientas de manejo del paisaje (HMP)	2
Prevención y mitigación de la contaminación ambiental	Manejo de vertimientos	4
	Emisiones atmosféricas y GEI	2
	Manejo de sustancias químicas y biológicas	3
	Manejo de residuos ordinarios y peligrosos	6

Eje social

Principio Aceite de Palma Sostenible	Tema	Total de prácticas
Trabajo decente y respeto a los derechos de los trabajadores	Formalidad laboral	4
	No trabajo forzoso	1
	No trabajo infantil	3
	SGSST	1
Esquemas de suministro responsable y negocios inclusivos	Gestión de proveedores	2
Relacionamiento responsable con las comunidades y derechos humanos	Planificación para la mitigación de riesgos relacionados con la tenencia de la tierra	3
	Planificación para la mitigación de riesgos relacionados con la protección de los derechos humanos y empresa	1
	Planificación para la mitigación de riesgos relacionados con el entorno social	3
Comportamiento ético, legal y transparente	Ética y buen gobierno	1
	Mitigación de riesgos	1

Conclusiones

- Conocer el perfil socioeconómico y cultural de los productores ayudará a fortalecer las estrategias de transferencia y adopción de tecnología.
- El levantamiento de información con la herramienta Índice de Sostenibilidad será fundamental para la diferenciación y consolidación de la estrategia de producción de aceite de palma sostenible de Colombia.
- El fortalecimiento de la asistencia técnica y la organización de los productores es fundamental para mejorar la productividad y la sostenibilidad del negocio.
- Con la aprobación de recursos del Fondo de Fomento Palmero para financiar los planes estratégicos y operativos de la mano de los Núcleos Palmeros, podemos alcanzar la megameta de 5 t/ha de aceite de palma crudo (APC).
- La actualización de los técnicos y la acreditación del servicio de asistencia técnica permitirá que el gremio palmero cuente con un servicio de extensión de calidad.

Retos

- Alcanzar una media nacional de APC en los cultivos adultos de 5 t/ha al año.
- Alcanzar el 75 % de producción APC certificada o verificada en estándares de sostenibilidad.
- 100 % de los productores con línea base de sostenibilidad para 2023.
- Cierre de brechas productivas y tecnológicas (superar la problemática fitosanitaria e implementación de mejores prácticas de sostenibilidad.).
- Consolidación y acreditación del servicio de asistencia técnica palmera.

Bibliografía

Cenipalma. (2020). *Lineamientos para la asistencia técnica del gremio palmero*. Dirección de Extensión.

FAO. (2015). *Agricultura Sostenible*. Recuperado de http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/

FAO. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura*. Recuperado de http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf

Fedepalma (2010). *Unidades de Asistencia y Auditoría Técnica, Ambiental y Social (UAATAS) en Núcleos Palmeros. Una estrategia para coadyuvar a la productividad y competitividad del sector palmero colombiano*. Fedepalma-Cenipalma-Unidad de Extensión. 36 p.

Hinestroza, A. (2018). Paso a paso en la producción de aceite de palma sostenible. *Palmas, 39*(1), 86-89.

Pretty, J. (2018). Agricultural Sustainability: Concepts, Principles and Evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 363, 447-465.

Talukder, B., Blay-Palmer, A., vanLoon G. W. & Hipel, K. W. (2020). Towards Complexity of Agricultural Sustainability Assessment: Main Issues and Concerns. *Environmental and Sustainability Indicators*, *6*(2020), 100038, ISSN 2665-9727.

Relación de otra presentación plenaria

Evaluación de herramientas para el manejo integrado de insectos plaga de importancia económica en palma de aceite

Anuar Morales Rodríguez. Líder de Entomología de Cenipalma

Contribución al diseño de racimos con ácido α-naftalenacético (ANA)

Contribution to Bunch Design with α-naphthaleneacetic Acid (NAA)

Citación: Ochoa-C., I. E. & Palacio-Mahecha, N. (2021). Contribución al diseño de racimos con ácido α-naftalenacético (ANA). *Palmas, 42*(1), 107-118.

Palabras claves: Partenocarpia, Híbrido interespecífico OxG, Regulador de Crecimiento, Auxina, Palma de aceite, Antesis.

Keywords: Parthenocarpy, OxG interspecific hybrid, Growth regulator, Auxin, Oil palm, Anthesis.

Ochoa C. Iván E.
Subdirector de Investigación, Desarrollo e Innovación, Programa de Mejoramiento y Semillas, Unipalma S. A.
ivan.ochoa@unipalma.com

Palacio M. Norberto
Ing. Polinización, Departamento Agronómico, Unipalma S. A.
norberto.palacio@unipalma.com

Resumen

Actualmente, el regulador de crecimiento ácido α-naftalenacético (ANA) en polvo mezclado con polen y talco es ampliamente usado para inducir partenocarpia y mejorar el porcentaje de aceite a racimos para el híbrido interespecífico OxG en palma de aceite. Sin embargo, se están usando dosis de ANA en concentraciones que superan las 60.000 partes por millón (ppm). Para determinar si dosis bajas de ANA en polvo mezcladas con polen tienen efectos similares a la dosis altas ya establecidas, se realizaron aplicaciones de mezcla de polen con 1.200, 2.400 y 6.000 ppm de ANA y se compararon con una dosis alta de 80.000 ppm, además, con la polinización tradicional con polen, tanto en inflorescencias en antesis como en posantesis. Los resultados muestran que para

inflorescencias en antesis, usando dosis bajas de ANA, no solo se incrementaron los pesos promedios del racimo en comparación al tratamiento tradicional, sino que además no se afectó el porcentaje de almendra a racimo. Adicionalmente el contenido de aceite fue similar al de la dosis alta y superior al testigo con solo polen. Las dosis bajas aplicadas a inflorescencias en posantesis tuvieron también la capacidad de inducir partenocarpia, pero la menor proporción de frutos normales y partenocárpicos a racimo causó una disminución significativa tanto en el peso promedio del racimo como en su contenido de aceite, en comparación a la dosis alta y al testigo con polen. Se recomienda aplicar ANA en dosis bajas con polen para inflorescencias en antesis y solo ANA en dosis altas para inflorescencias en posantesis.

Abstract

Currently, α-Naphthalene Acetic Acid (NAA) growth regulator in powder mixed with pollen and talc is being widely used for inducing parthenocarpy and for improving oil to bunch percentage for oil palm interspecific hybrid OxG in oil palm. However, doses of NAA are being used in concentrations exceeding 60,000 ppm. In order to determine whether low doses of powdered NAA mixed with pollen have similar effects to the already established high dose, pollen mix applications were carried out with 1,200, 2,400 and 6,000 ppm of NAA and compared with the current high dose of 80,000 ppm and with traditional assisted pollination with only pollen, both in anthesis and post-anthesis inflorescences. Results show that for inflorescences in anthesis applied with low doses of NNA, not only the average bunch weights were increased compared to the traditional treatment, but also the percentage of kernel to bunch was not significantly affected. Additionally, oil content was like that of high NAA dose and higher than control with just pollen. Low NAA doses applied to inflorescences in post-anthesis were also able for inducing parthenocarpy, the lower proportion of both normal and parthenocarpics fruits to bunch resulted in a significant decrease in both average bunch weight and oil content compared to the high dose and the control with pollen. It is recommended to apply NAA at low dose with pollen for inflorescences in anthesis and only NAA in high doses for inflorescences in post-anthesis.

Introducción

La devastación de los cultivos de palma de aceite sembrados con material *E. guineensis*, tanto en la región de Tumaco en la Zona Occidental como en la de Puerto Wilches en la Zona Central, como consecuencia de la enfermedad Pudrición del cogollo (PC) entre el 2006 y 2012 (Ochoa, 2013; Ochoa *et al*., 2016), ha impulsado desde entonces las siembras comerciales del híbrido interespecífico OxG en estas áreas, incluso en la Zona Oriental, donde la enfermedad no es de carácter letal (Santacruz *et al.,* 2004) debido, principalmente, a su reconocida resistencia de campo a la PC y a su alta productividad de racimos de fruta fresca (RFF) (Zambrano, 2004).

Sin embargo, para alcanzar este potencial productivo, los híbridos interespecíficos requieren de polinización asistida, ya que generalmente las palmas híbridas presentan ciclos de inflorescencias masculinas menos frecuentes que el material *E. guineensis* y que, además, las inflorescencias masculinas producen poco polen de baja viabilidad o germinabilidad (Ochoa *et al*., 2013; Daza *et al*., 2020). El tema es que esta polinización no solo es costosa en términos de mano de obra sino que, también en su logística de implementación, en muchas ocasiones no se alcanza el 100 % de la cobertura requerida, con lo cual hay malformación o malogro de un número importante de racimos (Prieto *et al*., 2015; Romero, 2019), lo que afecta la productividad por hectárea.

Siendo la formación de frutos partenocárpicos con aceite una característica particularmente sobresaliente del híbrido OxG (González-G. *et al*., 2013; Socha *et al*., 2019) y heredado de su ancestro *E. oleifera* (H. B. K., Cortés), desde hace casi 10 años se ha venido investigando sobre la implementación y uso de varios reguladores de crecimiento en solución líquida o en polvo para la inducción de partenocarpia en el híbrido OxG para, de esta manera, superar la dependencia de la polinización asistida y la costosa mano de obra involucrada (Ussa *et al*., 2013; Prieto *et al*., 2015; Ayala-Díaz y Romero, 2019; Ochoa y Palacio, 2019; Linares-Leguizamón *et al*., 2019a; Daza *et al*., 2020).

Si bien es un hecho que las primeras investigaciones de aplicaciones de reguladores de crecimiento tanto en materiales *E. guineensis* como en híbridos interespecíficos OxG se realizaron en forma de solución acuosa (Thomas *et al*., 1973; Somyong *et al*., 2018; Ayala-Díaz y Romero, 2019), en los últimos años se ha estado implementado esta práctica con el uso del regulador de crecimiento ANA en polvo solo o mezclado con polen en dosis de 60.000 a 80.000 ppm (Corredor y Bolívar, 2019; Ochoa y Palacio, 2019).

El objetivo de esta investigación fue determinar la efectividad de dosis puntuales bajas en polvo de 1.200, 2.400 y 6.000 ppm (4, 8 y 20 mg) del regulador de crecimiento ANA en la inducción de partenocarpia y desarrollo del racimo tanto en inflorescencias en antesis, estado fenológico 607, como en posantesis, estado fenológico 609 (Hormaza-Martínez *et al*., 2010), y contrastarlas con la dosis alta de 80.000 ppm de ANA en polvo, utilizada actualmente, y con la polinización tradicional con solo polen.

Materiales y métodos

Localización

- El estudio se realizó en el híbrido interespecífico Unipalma Eo x Eg® entre diciembre de 2019 y mayo de 2020 en el lote 2070A, siembra 2012 de la hacienda Cuernavaca de Unipalma S. A. (4°18'09,14" N; 73°14'03,93" O), localizada en el municipio de Paratebueno (Cundinamarca), a una altitud de 50 m s. n. m., temperatura máxima 37,8 °C y mínima 18,9 °C, humedad relativa de 83,4 %, precipitación anual de 1.823 mm, con 168 días de lluvia y 1.887 horas de sol/año.

Tratamientos

Se evaluaron 3 tratamientos del regulador de crecimiento ANA en dosis bajas de 1.200 ppm (4 mg), 2.400 ppm (8 mg) y 6.000 ppm (20 mg), y una dosis alta de 80.000 ppm (240 mg), todas ellas mezcladas con 100 mg de polen y talco inerte hasta completar 3.000 mg en la mezcla para cada una de las dosis. Adicionalmente, se incluyó un quinto tratamiento que fue el control con la polinización tradicional que consiste en una mezcla de 200 mg de polen y 1.800 mg de talco inerte (relación 1:10). El número de aplicaciones de los tratamientos de ANA fue de 3 por inflorescencia, una cada 7 días después de la primera aplicación.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 4x2+1(4 tratamientos de ANA, 2 estados de inflorescencias y 1 control de polen). Para cada unidad experimental se seleccionaron entre 10 y 12 racimos para el registro de las variables de respuesta, realizando transformaciones para aquellas que no cumplieran los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza y, posteriormente, aplicar el análisis de varianza y la separación de medias para las dosis específicas seleccionadas mediante el Rango Múltiple de Duncan con el paquete estadístico SAS 9.1.

Análisis de componentes del racimos

Para los análisis de racimos y determinación del potencial de aceite se utilizó la metodología propuesta por Prada & Romero (2012), la cual permite cuantificar los componentes del racimo, pero con una modificación en el procedimiento para determinar los contenidos de aceite, utilizando el equipo SpecFIT® de Fine Instrument Technology, que usa la tecnología de resonancia nuclear magnética calibrada para la determinación del contenido de aceite en una muestra picada y seca de pulpa de frutos de palma.

Resultados y discusión

Conformación y peso promedio del racimo

El primer efecto visible de los distintos tratamientos propuestos es en la formación de los racimos. Según la escala de calificación de esta formación (racimos clase 1, ≥90 %; clase 2, entre 70 % y 89 %; clase 3, entre 50 % y 69 %; y clase 4, ≤49 %) propuesta por la plantación Palmeiras (García-Nunez *et al*., 2017), el 92,5 % de los racimos intervenidos con dichos tratamientos en los 2 tipos de inflorescencias fueron clasificados como clase 1 y 2 (Figura 1). Sin embargo, comparado con el testigo con polen que presentó un 76,9 % de racimos clase 1, en promedio para todas las dosis de ANA aplicadas a inflorescencias en antesis, se logró un 89,4 % de racimos clase 1, mientras que para las inflorescencias en posantesis solo fue del 52,2 %. Es importante resaltar que para ninguna de las inflorescencias aplicadas en antesis se presentaron racimos clase 3, y 4 y que solo en las dosis bajas para inflorescencias en posantesis, así como en el control con polen fue donde se presentaron racimos de estas dos clases inferiores con 9,1 % a 23,7 % y 7,7 % a 9,1 % respectivamente. Pero a pesar de ello, con las dosis bajas de 1.200, 2.400 y 6.000 ppm en posantesis se logró el estímulo necesario para inducir el desarrollo de racimos clase 1 y 2 (≈44 % y 32 % respectivamente), y de igual forma para la dosis alta de 80.000 ppm y el control con polen (Figura 1).

En cuanto al peso promedio del racimo, los de las inflorescencias en antesis para todos los tratamientos de ANA fueron significativamente superiores al testigo con solo polen, con incrementos entre 10,8 % (80.000 ppm) y 23,6 % (6.000 ppm), mientras que, por el contrario, para las inflorescencias aplicadas en posantesis, los pesos promedio del racimo fueron significativamente inferiores al testigo con polen con reducciones entre 8,7 % (80.000 ppm) y 35,4 % (1.200 ppm). Resultados similares fueron reportados por Linares-Leguizamón *et al*. (2019) para el híbrido Coari x La Mé. Este menor desarrollo de racimos para inflorescencias aplicadas en posantesis sugiere que para estas se requiere una mayor concentración de ANA, con el fin de lograr una mejor inducción y desarrollo de frutos partenocárpicos, tal como se reporta en los trabajos de Ayala-Díaz y Romero, (2019).

Llenado del racimo (*fruit-set*)

La formación de frutos (número) en el racimo y su proporción en peso se presentan en las Figuras 3 y 4,

Figura 1. Calificación de la conformación del racimo por tipo de inflorescencia y tratamientos de ANA, comparado con el control con solo polen

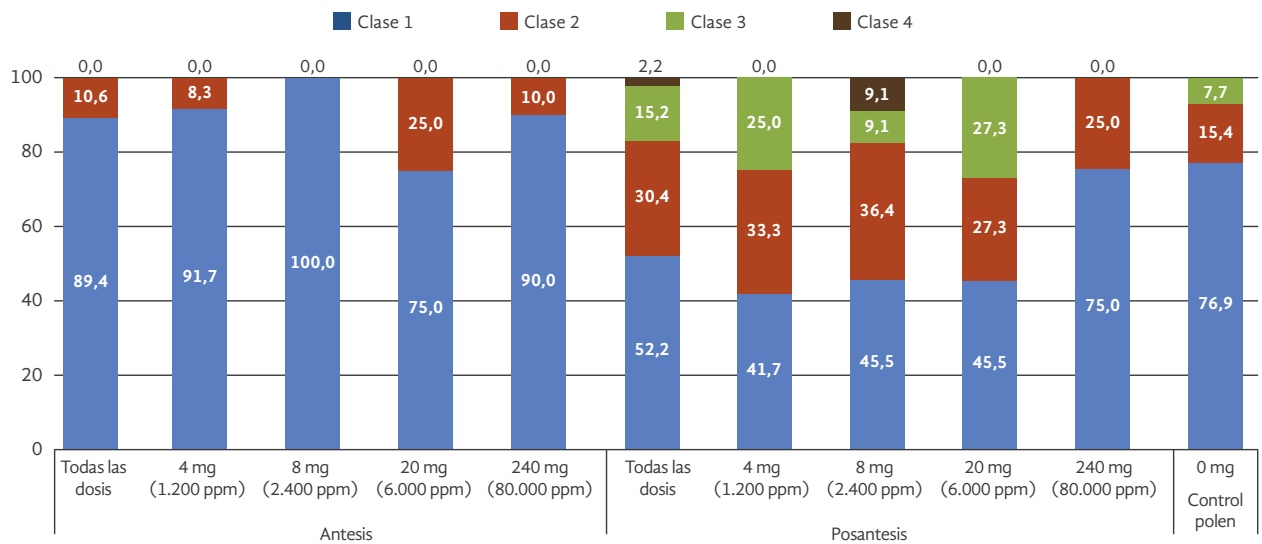
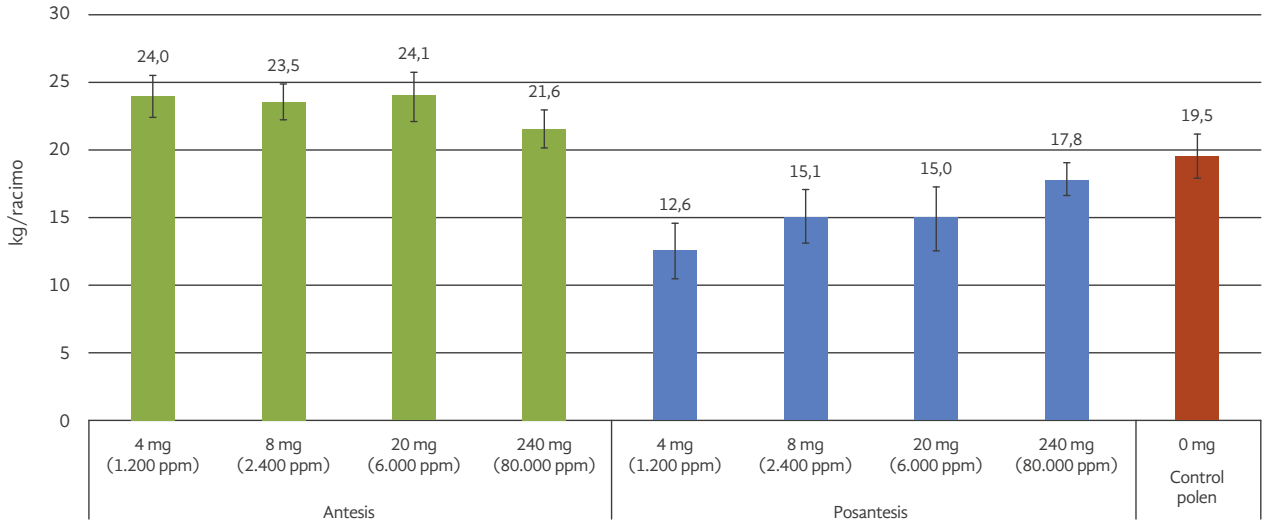


Figura 2. Peso promedio del racimo para los tratamientos de ANA aplicado a inflorescencias en antesis y posantesis, en comparación al control con polen



respectivamente. Para las inflorescencias aplicadas en antesis y con relación al control con solo polen, únicamente la dosis alta de 80.000 ppm presentó una disminución de 25,1 % en la proporción de número de frutos normales (PNFN), lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Ruiz-Romero *et al.* (2020), sin embargo, para las 3 dosis bajas no hubo disminución en la PNFN y por el contrario se presentó un incremento entre el 4,4 % (6.000 ppm) y el 43,2 % (1.200 ppm) (Figura 3a). En cuanto a la proporción de número de frutos partenocárpicos (PNFP) para inflorescencias aplicadas en antesis, esta fue superior en todos los tratamientos con ANA (61,6 % a 80,5 %), aunque significativamente mayor en la dosis más alta comparada con el control de polen (54,4 %). De igual manera, el *fruit-set* (sumatoria de PNFN y PNFP) fue significativamente mayor en todos los tratamientos con ANA (83 % a 91,2 %) en comparación al control de polen (72,7 %).

Con relación a la proporción de número de frutos abortados (PNFab) para inflorescencias aplicadas en antesis, se observó una disminución significativa desde un 6,6 % para la dosis de 1.200 ppm, hasta un 68,3 % en la dosis alta de 80.000 ppm, comparada con el testigo de polen (Figura 3a). Esta combinación de menor proporción de frutos abortados y una mayor proporción de frutos normales y partenocárpicos para las 3 dosis bajas aplicadas en antesis estaría explicando, en parte, el mayor peso promedio de los racimos, en comparación al control con polen, resultado opuesto a lo reportado por Daza *et al.* (2020), en el cual las inflorescencias aplicadas con las distintas dosis de ANA produjeron racimos de menor peso en comparación con las inflorescencias polinizadas con el método tradicional.

La respuesta para las inflorescencias aplicadas en posantesis es diferente a la de las inflorescencias en antesis, en la cual la PNFN es significativamente inferior al del control con polen para todos los tratamientos de ANA, con una disminución entre el 51,9 % para el tratamiento de 1.200 ppm de ANA e incrementándose hasta el 84,7 % para el tratamiento de 80.000 ppm de ANA (Figura 3b).

Contrario a la respuesta de las inflorescencias en antesis, en las de posantesis la PNFP comparada con el testigo de polen fue significativamente menor para las 3 dosis bajas de ANA (3,3 % a 16,5 %), mientras que la dosis alta de 80.000 ppm presentó un incremento del 12,3 %. Por su parte, el *fruit-set* para todos los tratamientos de ANA en inflorescencias en posantesis fue significativamente menor en comparación con el testigo de polen, variando dicha disminución entre el 12,4 % para la dosis de 80.000 ppm y 25,4 % para la dosis de 1.200 ppm (Figura 3b).

Figura 3. Proporción de número de frutos normales (PNFN), partenocárpicos (PNFP) y abortados (PNFab) en el racimo para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)

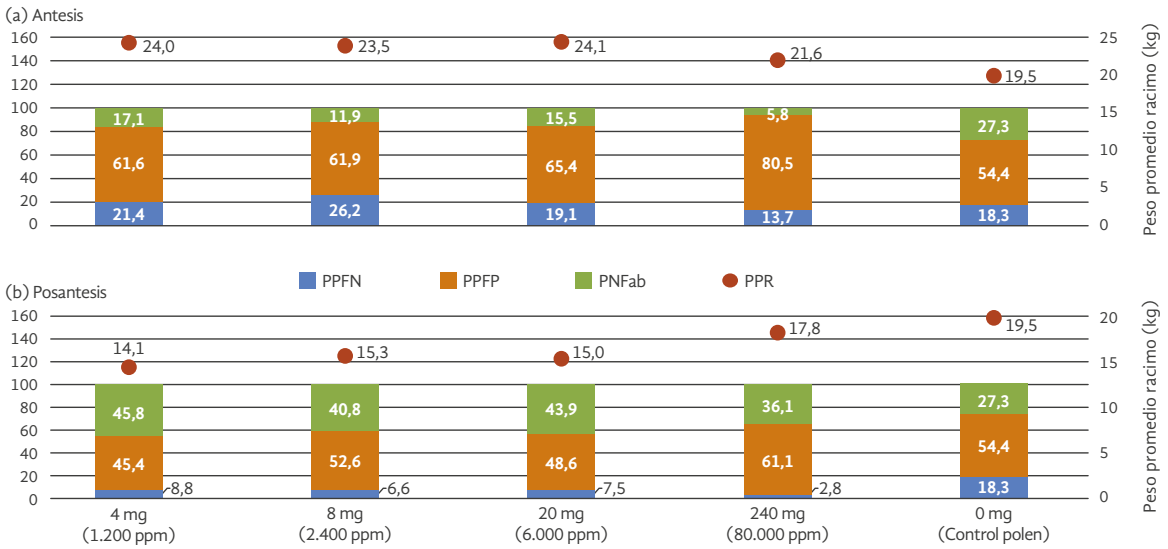
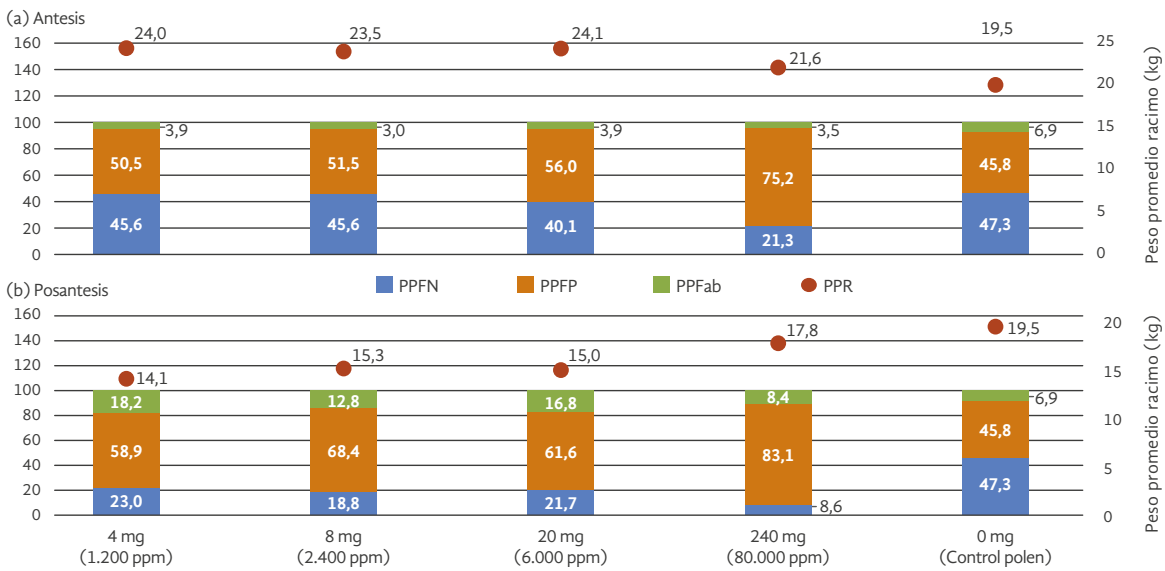


Figura 4. Proporción de peso de frutos normales (PPFN), partenocárpicos (PPFP) y abortados (PPFab) en el racimo para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)



La variable proporción de número de frutos abortados (PNFab) para inflorescencias en posantesis es de particular interés puesto que en todos los tratamientos de ANA fue significativamente superior al testigo con solo polen, con una tendencia a ir disminuyendo las diferencias con el incremento de la dosis de ANA, lo cual tiene un impacto importante en el peso promedio del racimo donde, tal como se aprecia

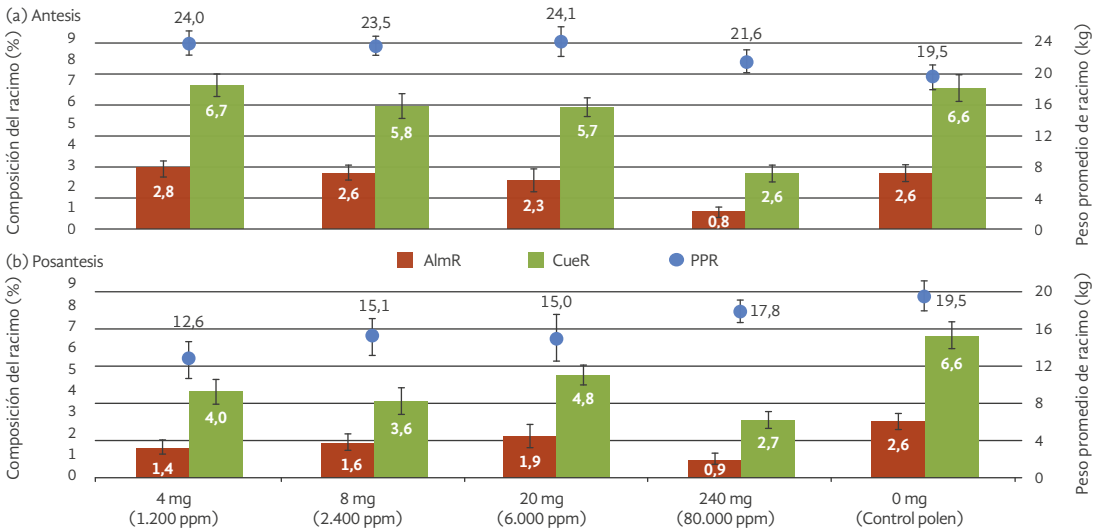
en la Figura 3b, el menor peso de racimo (14,1 kg) corresponde a la mayor PNFab en la dosis más baja de 1.200 ppm y el mayor peso de racimo (17,8 kg), aunque ligeramente menor que el control de polen (19,5 kg), corresponde a la menor PNFab en la dosis alta de 80.000 ppm. Resulta evidente que para las inflorescencias en posantesis, todos los tratamientos con ANA presentan pesos promedios del racimo inferiores al control con solo polen debido, en gran medida, a esta mayor proporción en el número de frutos abortados coincidiendo con lo reportado por Daza *et al.* (2020). En cuanto a la proporción de peso de frutos normales (PPFN) y partenocárpicos (PPFP) a partir de inflorescencias aplicadas en antesis, el patrón fue prácticamente similar al de la PNFN y PNFP (Figura 4a). De otra parte, para las inflorescencias aplicadas en posantesis lo más relevante fue un significativo incremento entre el 29 % y 81 % en la PPFP del racimo en comparación al testigo con polen, una disminución entre el 51 % y 60 % en la PPFN del racimo en los 3 tratamientos con dosis bajas, y de 82 % en la dosis alta de 80.000 ppm en comparación al control con solo polen (Figura 4b).

Para los racimos producto de la aplicación de los tratamientos en inflorescencias en posantesis esta disminución en la PPFN que poseen cuesco, que generalmente aportan un valor importante al peso del racimo junto con la mayor proporción de peso de frutos abortados (PPFab) para todos los tratamientos de ANA, es consistente con la disminución significativa de los pesos promedio de estos racimos en comparación al peso promedio del racimo en el control con solo polen (Figura 4b).

Caracterización física de la composición del racimo

La proporción de almendra y cuesco a racimo son las variables de mayor efecto diferencial con respecto a los tratamientos de dosis bajas y altas de ANA y los estados de aplicación de las inflorescencias (antesis y posantesis) en comparación al método tradicional con solo polen (Figura 5). Para las inflorescencias en antesis, la dosis alta de 80.000 ppm presentó el mayor porcentaje de reducción de almendra y cuesco a racimo (69,2 % y 65,4 %, respectivamente) en comparación al control con polen (Figura 5a), lo cual parece ser una consecuencia directa de la pérdida de viabilidad o germinabilidad de los granos de polen, lo que afecta la formación de almendra y desarrollo del cuesco, tal como reportan Ruiz-Romero *et al.* (2020). Por el contrario, para las dosis bajas de ANA en antesis no se presentan diferencias significativas entre estas y el control con polen tanto para almendra como para cuesco a racimo (Figura 5a), lo cual indica que en estas dosis bajas la concentración del regulador de crecimiento no presenta un efecto inhibitorio en la viabilidad o germinabilidad del grano de polen. En cuanto a las inflorescencias en posantesis, para la dosis alta de 80.000 ppm en comparación al testigo con polen, se presenta una menor proporción de nuez con un valor de 3,6 % (0,9 % y 2,7 % para almendra y cuesco a racimo, respectivamente), es decir, de aproximadamente la tercera parte de lo producido con solo polen (9,2 %). Mientras que, para las dosis bajas en inflorescencias aplicadas en posantesis, si bien también presentaron una disminución significativa de almendra y cuesco a racimo comparado con el testigo con polen, el valor observado para la proporción promedio de nuez fue de 5,8 % (1,6 % y 4,22 % para almendra y cuesco a racimo, respectivamente) en las 3 dosis bajas de ANA, representa las dos terceras partes de lo observado para el método tradicional con solo polen (Figura 5b). Estas diferencias en la formación de almendra y cuesco para las distintas dosis de ANA explican, en gran medida, las diferencias en el peso promedio del racimo para inflorescencias aplicadas en antesis en comparación con las aplicadas en posantesis, en las cuales se observó en estas últimas, una disminución promedio del 40 % para las 3 dosis bajas de ANA (Figura 2 y Figuras 5a y 5b), teniendo en cuenta que gran parte del aporte en peso del racimo esta dado por la formación de frutos normales con almendra y cuesco, tal como también lo señalan Ruiz-Romero *et al.* (2020). De otra parte, para la dosis alta de ANA, aunque presentaron una menor proporción de almendra y cuesco a racimo, su disminución en el peso promedio del racimo para inflorescencias aplicadas en posantesis, comparadas con las de antesis, fue cercana al 18 %, ya que lograron compensar esta pérdida en peso con una significativa mayor proporción de frutos partenocárpicos (Figuras 3, 4, 5a y 5b), lo cual fue similar a lo reportado por Daza *et al.* (2020) y Linares-Leguizamón *et al.* (2019b).

Figura 5. Composición de racimos con relación a la formación de almendra a racimo (AlmR) y cuesco a racimo (CueR) para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA, comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)



En cuanto a la formación de los 2 tipos de frutos con relación al peso del racimo para las inflorescencias aplicadas en antesis, se observó una predominancia de los frutos normales (FNR) en las dosis bajas al igual que en el control, sin presentarse diferencias significativas entre estos, mientras que, por el contrario, en la dosis alta de 80.000 ppm, la predominancia fue para los frutos partenocárpicos (FPR), incrementándose 3 veces con relación al control con polen, resultado similar al reportado por Ruiz-Romero *et al.* (2020), y de aproximadamente el doble de lo observado para las 3 dosis bajas (Figura 6a).

Para las inflorescencias aplicadas en posantesis, la tendencia, por el contrario, fue una predominancia de los FPR, tanto en las dosis bajas como en la dosis alta, (Figura 6b) y al ser menor la proporción de los FNR en comparación al control con polen, el peso promedio de racimo en todos los tratamientos con ANA disminuye significativamente, lo que no permite compensar esta pérdida de peso con el incremento en los FPR ni siquiera en la dosis alta, que presenta el valor mayor.

Caracterización de aceite en el racimo

En las Figuras 7 y 8 se presentan los resultados para la relación de aceite a racimo en frutos normales y partenocárpicos, y total incluyendo los dos tipos de frutos, así como el rendimiento total de aceite, en el que está el aceite de almendra estimado con base en una extracción del 42 %. Comparada con el control de solo polen, la proporción de aceite a racimo en frutos normales para inflorescencias aplicadas en antesis presentó, como se esperaba, una reducción significativa del 53,3 % en la dosis alta de 80.000 ppm, debido a su significativa menor proporción de frutos normales en el racimo pero, por el contrario, la relación de aceite a racimo en frutos partenocárpicos en esta misma dosis alta presentó un incremento significativo de 10,4 puntos en promedio (115,6 %) en comparación al testigo de solo polen (Figura 7a). Para las 3 dosis bajas no hubo diferencias importantes en la relación de aceite a racimo para los frutos normales y partenocárpicos, comparado con el testigo de polen para inflorescencias aplicadas en antesis (Figura 7a). Cuando se tuvo en cuenta la proporción total de aceite a racimo (frutos normales más partenocárpicos), el mayor valor para la dosis alta (25,7 %), aunque no fue significativamente diferente de los valores para las 3 dosis bajas, si fue importantemente superior (5,3 %) al testigo con solo polen (Figura 7a), lo que coincide con los resultados obtenidos por Daza *et al.* (2020) para racimos individuales y por Linares-Leguizamón *et al.* (2019a) en un ensayo comercial en planta

de beneficio. En cuanto a las inflorescencias aplicadas en posantesis, el patrón para las variables aceite a racimo de frutos normales, partenocárpicos y total fue muy similar al de las inflorescencias aplicadas en antesis, con la única variación que en el total de aceite a racimo no hubo diferencias significativas para todos los tratamientos de ANA en comparación al testigo con solo polen (Figura 7b) y que, además, todos los tratamientos con ANA en posantesis presentaron un peso promedio inferior de racimo, lo cual de todas maneras afecta el rendimiento total de aceite por hectárea.

Figura 6. Relación de la formación de frutos normales (FNR) y partenocárpicos (FPR) con respecto al peso del racimo para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)

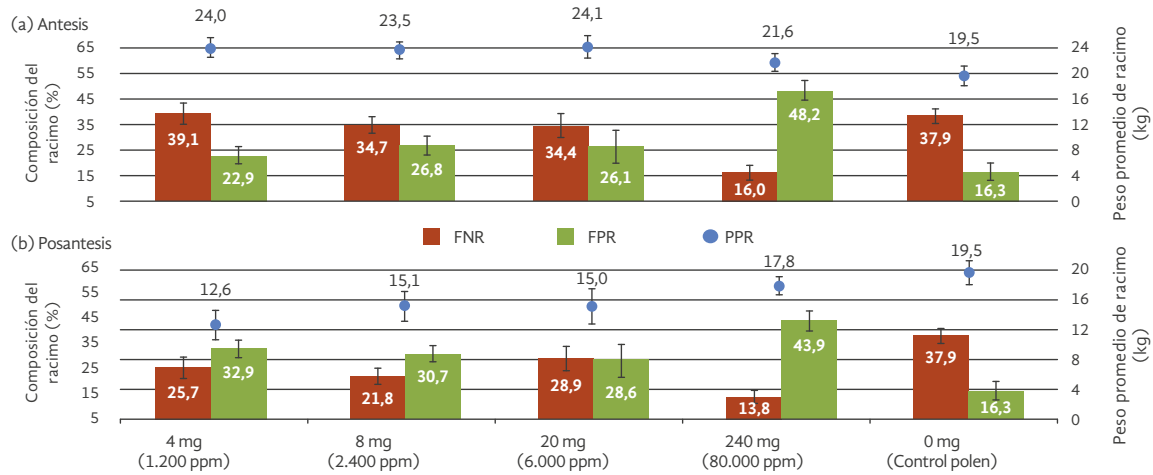
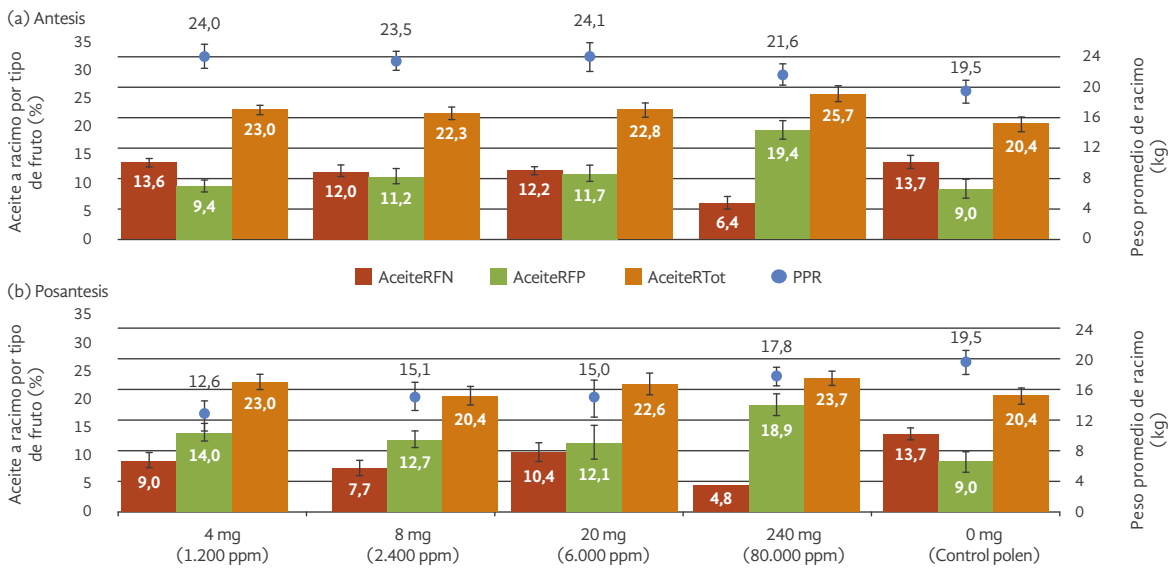


Figura 7. Relación de aceite a racimo de frutos normales (AceiteRFN), partenocárpicos (AceiteRFP) y total (AceiteRTot) para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA, comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)



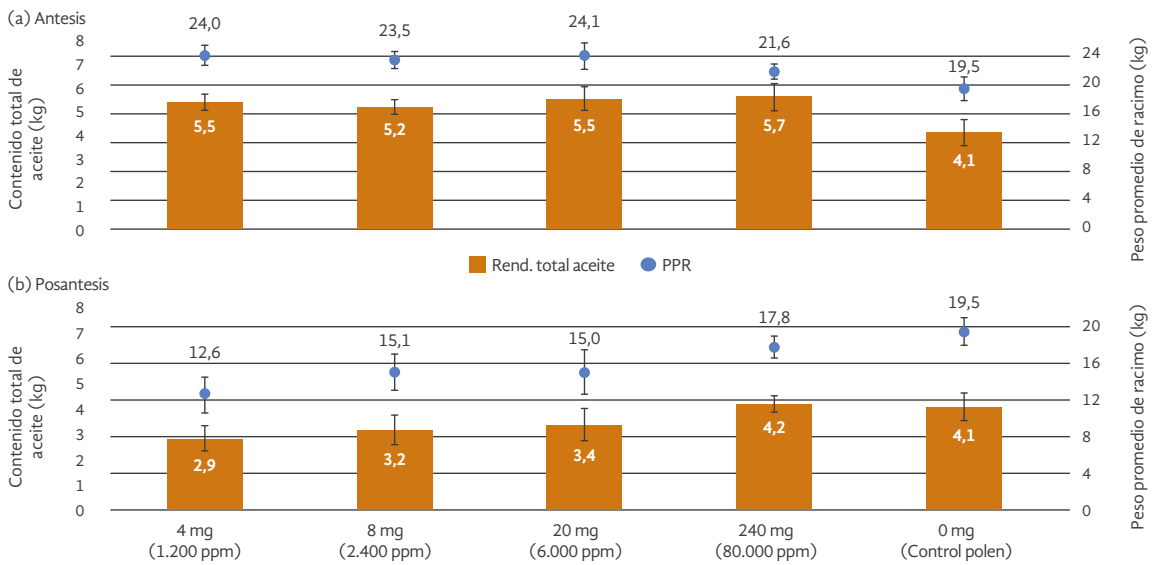
Por último, cuando se convirtieron los porcentajes de aceite a racimo, a cantidad total de aceite incluyendo el aceite de palmiste y, teniendo en cuenta el peso promedio del racimo en todos los tratamientos de ANA y el testigo de solo polen, los resultados mostraron que, para inflorescencias aplicadas en antesis no hay diferencias importantes entre ninguno de los tratamientos de ANA, pero todos ellos si fueron significativamente superiores al control de polen entre un 26,8 % para la dosis de 2.400 ppm, y un 39 %, para la dosis de 80.000 ppm (Figura 8a). Por el contrario, para las inflorescencias aplicadas en posantesis no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de ANA y el testigo de solo polen, aunque se observó una ligera tendencia a incrementarse el rendimiento total de aceite, a medida que aumentaba la concentración de la hormona (Figura 8b).

Conclusiones y recomendaciones

Las inflorescencias aplicadas con el regulador de crecimiento ANA en antesis y posantesis responden diferencialmente al estímulo de este regulador y, por lo tanto, deben considerarse como dos sistemas diferentes para su manejo. Cuando se aplica ANA a inflorescencias en posantesis consistentemente se desarrollan racimos de menor peso comparado con el testigo de solo polen, mientras que las inflorescencias aplicadas con dosis alta de ANA en antesis, su disminución en el peso promedio del racimo es menor comparada con el testigo de polen, pero las inflorescencias aplicadas con dosis bajas logran inclusive un incremento en el peso promedio del racimo. Estos resultados confirman que la pérdida de peso de los racimos cuyas inflorescencias fueron aplicadas con dosis altas de ANA en antesis es debido principalmente al efecto negativo sobre el desarrollo de cuesco y almendra.

Tanto las dosis bajas como la dosis alta de ANA en antesis logran rendimientos de aceite superiores al testigo con polen, mientras que para inflorescencias aplicadas en posantesis estas diferencias no se presentan, aunque sí se observa una tendencia a incrementar el rendimiento de aceite a medida que se aumenta la dosis de ANA. Según los resultados obtenidos, se recomienda en híbridos Unipalma OxG realizar la labor de polinización artificial a inflorescencias en antesis con una mezcla de polen y ANA a una concentración baja de 1.200 a máximo 2.400 ppm, mientras que para las inflorescencias en posantesis se debe aplicar solo ANA en dosis altas, que por estudios previos en nuestro grupo de investigación podría estar entre 30.000 a 45.000 ppm.

Figura 8. Rendimiento total de aceite en el racimo (Rend. total aceite) para inflorescencias en (a) antesis y (b) posantesis para los distintos tratamientos de ANA, comparado con el control de polen y tomando como referencia el peso promedio del racimo (●PPR)



Referencias

Ayala-Díaz, I. & Romero, H. M. (2019). Cultivares híbrido OxG y la reactivación productiva de zonas con problemáticas de PC. *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Bucaramanga, Colombia.

Corredor, J. E. & Bolívar, A. L. (2019). Principales efectos de la polinización artificial (ANA), en el híbrido OxG en Palmeiras Colombia S. A. *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Bucaramanga, Colombia.

Daza, E., Ayala-Díaz, I., Ruiz-Romero, R. & Romero, H. M. (2020). Effect of the Application of Plant Hormones on the Formation of Parthenocarpic Fruits and Oil Production in Oil Palm Interspecific Hybrids (*Elaeis oleifera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, *00*(00), 1-9. doi: 10.1080/1343943X.2020.1862681

García-Núñez, J. A., Cortés-Barrero, I. L. & Caballero-Blanco, K. (2017). Challenges in Processing Fresh Fruit Bunches (FFB) from Interspecific Hybrid Cultivars (OxG) in Conventional Palm Oils Mills in Colombia. *Presentación International Palm Oil Congress and Exhibition PIPOC 2017.*

González, D. A., Cayón, G., López, J. E. & Alarcón, W. H. (2013). Desarrollo y maduración de frutos de dos híbridos OxG Indupalma (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *Agronomía Colombiana*, *31*(3), 343-351.

Hormaza-Martínez, P. A., Forero-Hernandez, D. C., Ruiz-Romero, R. & Romero-Angulo, H. M. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana* (*Elaeis guineensis* Jacq.) *y del híbrido interespecíficos (Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis).* En Cenipalma.

Linares-Leguizamón, O., Santacruz-Arciniegas, L. & Rosero-Estupiñan, G. A. (2019a). Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *Palmas*, *40*(4), 96-105.

Linares-Leguizamón, O., Santacruz-Arciniegas, L. & Rosero-Estupiñan, G. A. (2019b). Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Bucaramanga, Colombia.

Ochoa, I. E. (2013). Avances en el desarrollo de materiales DxP con resistencia de campo al complejo de la Pudrición del cogollo (PC) en el programa de mejoramiento genético de Unipalma S. A. *Palmas*, *34*(2), 125-129.

Ochoa, I. E. & Palacio, N. (2019). Efecto del ácido α-naftalenacético (ANA) sobre componentes del racimo y rendimiento en híbridos Unipalma OxG. *XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Bucaramenga, Colombia.

Ochoa, I. E., Romero, H. M. & Amado, A. (2016). Evaluación del comportamiento de progenies juveniles de material Unipalma DxP (*E. guineensis*) con respecto a la enfermedad

Pudrición del cogollo en Tumaco, Nariño. *XIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, Medellín, Colombia.

Ochoa, I. E., Suarez, C. A. & Cayon-Salinas, D. G. (2013). Desarrollo y maduración de frutos en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) e híbridos OxG (*E. oleifera* x *E. guineensis*) de Unipalma S. A. *Palmas*, *34*, 326-336.

Prada, F. & Romero, H. (2012). *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores.*

Prieto, A. M., Ochoa, I. E. & Cayón-Salinas, D. G. (2015). Efecto de la aplicación de auxinas y giberelinas en la formación de frutos partenocárpicos en híbridos Unipalma OxG (*Elaeis oleifera* H. B. K. Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *XVIII Conferencia Internacional Sobre Palma de Aceite*, Cartagena, Colombia.

Romero, H. M. (2019). La polinización artificial con reguladores de crecimiento incrementa la producción de aceite en híbridos interespecíficos OxG. *Revista Palmas*, *40*(Especial T), 140–141. Recuperado de https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13042

Ruiz-Romero, R., Daza, E., Calpa, A. & Romero, H. M. (2020). Mezcla de ácido naftalenacético y polen, ¿se puede considerar una alternativa para la obtención de frutos normales dentro de la polinización artificial en el híbrido *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*? *Palmas*, *41*(2), 38-47.

Santacruz, L., Zambrano, J. & Amézquita, M. (2004). Comportamiento de la Pudrición del cogollo en la Zona Oriental de Colombia. *Palmas*, *25*, 220-231.

Socha, J., Cayón, D., Ligarreto, G. & Chaves, G. (2019). Effect of Pollen Doses on Fruit Formation and Oil Production in Two Hybrid Palm Genotypes (*Elaeis oleifera* H. B. K. Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Agronomía Colombiana*, *37*(1), 27-32. doi: 10.15446/agron.colomb.v37n1.75313

Somyong, S., Walayaporn, K., Jomchai, N., Naktang, C., Yodyingyong, T. & Phumichai, C. (2018). Transcriptome Analysis of Oil Palm Inflorescences Revealed Candidate Genes for an Auxin Signaling Pathway Involved in Parthenocarpy. *PeerJ 6:E5975*, 1-22. doi: 10.7717/peerj.5975

Thomas, R. L., Seth, A. K., Chan, K. W. & Ooi, S. C. (1973). Induced Parthenocarpy in the Oil-palm. *Annals of Botany*, *37*(3), 447-452. doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a084711

Ussa, I., Cayón, D., Contreras, A., Rodríguez, D. & Zúñiga, E. (2013). Efecto de giberelinas y auxinas en el desarrollo de racimos y producción de aceite en híbrido (OxG) en Oleaginosas Las Brisas. *XI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite*, 1-28.

Zambrano, J. E. (2004). Los híbridos interespecíficos *Elaeis oleifera* H. B. K. x *Elaeis guineensis* Jacq.: una alternativa de renovación para la Zona Oriental de Colombia. *Revista Palmas*, *25*(especial), 339-349.

Diseño de fruta en cultivares OxG con el uso estratégico de ANA

Fruit Design in OxG Cultivars with the Strategic use of NAA

Citación: Corredor-M., J. E. (2021). Diseño de fruta en cultivares OxG con el uso estratégico de ANA. *Palmas, 42*(1), 119-129.

Palabras clave: Híbridos OxG, ANA, Polinización artificial, Cultivar, Frutos normales, partenocárpicos y estenopermocárpicos

Key words: OxG hybrids, NAA, Artificial pollination, Cultivar, Normal, parthenocarpic and stenospermocarpic fruits.

Corredor M. Jorge E.
Gerente General de Palmeiras Colombia S. A.
Director Técnico Palesema S. A.
San Lorenzo, Ecuador.
jecorredor@thinoil.com

Resumen

Recientemente se han llevado a cabo en Colombia y en Ecuador una buena cantidad de trabajos con el fitorregulador: ácido alfa naftalenacético (ANA) basados en la investigación realizada por Cenipalma entre 2013 y 2018. La intención original fue resolver el problema de mala formación de racimos por la pobre polinización natural de los híbridos OxG y los altos costos de la polinización asistida. Estos trabajos fueron desarrollados en medio líquido. Palmeiras Colombia S. A. inició pruebas en 2017 para validar esta investigación a nivel industrial y, luego, convertir ese protocolo en una aplicación en medio sólido. Esto con la intención de optimizar la logística de las aplicaciones y de adicionar polen para mejorar la formación de frutos normales y, por ende, de nueces, indispensables para el proceso de extracción en la planta de beneficio. Los resultados hasta la fecha han sido muy positivos en cuanto a la parte económica del cultivo, pero se han vislumbrado algunos problemas con la mezcla de ANA y polen, no solo por la toxicidad

del primero sobre la viabilidad del segundo, sino también por el efecto fisiológico de atrofia, por parte del ANA, del desarrollo embrionario de las semillas después de la fecundación. Este problema se resuelve separando las aplicaciones de polen y ANA con un periodo de una semana y abre muchas posibilidades para esta tecnología. Se proponen múltiples modelos de polinización artificial que permiten maximizar la producción de aceite, o de nueces para el proceso del fruto en planta y la posibilidad de usar la tecnología en *E. guineensis*.

Abstract

Recently, a lot of work has been carried out by several plantation groups in Colombia and Ecuador with the plant regulator: Alfa Naphthalene Acetic Acid, (NAA) based on the research done by Cenipalma between 2013 and 2018 on the subject. The original intention was to solve the poor bunch formation by natural pollination of the OxG hybrids and the high costs associated with the assisted pollination practice. This work was developed by Cenipalma as a liquid application. Palmeiras Colombia S. A. started trials in 2017 to adapt this protocol for commercial use and after that to convert this to a powder application with the idea of improving the logistical issues, and also allowing the addition of pollen to improve the Normal Fruit formation and thereof nuts in the individual fruits, indispensable for the milling process. The results have been extremely positive and have made this crop economically viable, but some issues have appeared with mixing NAA and pollen, not only because of the toxicity of the first product on the second one, but also by the physiological effect of the growth regulator on the initial embryo development of the seed, which aborts nut formation. This problem has been solved by spacing pollen and NAA applications by a week and this opens new and great possibilities for this technology. Multiple artificial pollination models are proposed that maximize either oil or nut production according the needs of the mill. This would also open the possibility of using the technology in *E. guineensis*.

Introducción

Los fitorreguladores o reguladores de crecimiento de las plantas han sido utilizados en múltiples aplicaciones en la agricultura, desde enraizantes, pasando por inductores de macollaje en gramíneas, herbicidas, cultivo de tejidos y hasta la producción de frutos sin semilla. Este último uso fue el que Cenipalma tomó para observar si sus efectos podrían solucionar el problema de mala formación de fruto de los híbridos interespecíficos de palma, conocidos como OxG, y también los defectos por infertilidades tanto masculinas como femeninas, variables en los diferentes cultivares de estos híbridos. Existen reportes del uso de ANA en flores de palma de aceite desde los años 70, pero sin resultados contundentes. Posiblemente las dosis utilizadas no fueron las correctas y no se tenía conocimiento de los efectos de estos compuestos, según el momento de aplicación.

Hacia 2013, Cenipalma inició una investigación con diferentes reguladores de crecimiento para seleccionar los más adecuados y llegó a la conclusión de que el ANA podría ser la opción más acertada. De ahí en adelante experimentó con múltiples dosis de este compuesto para encontrar la que tenía mejor resultado y concluyó que esta tecnología podría revolucionar el cultivo de palma y específicamente el de los cultivares OxG (Romero *et al*., 2019).

A mediados de 2017, el área de investigación de Palmeiras Colombia S. A. inició pruebas con el protocolo de Cenipalma, desarrollado para usarse en forma líquida, con el fin de evaluar su aplicabilidad a nivel de plantaciones comerciales. Rápidamente se descubrieron las dificultades logísticas para llevar a cabo las aplicaciones en esta forma y, basados en experiencias de utilización de ANA en polvo en otros cultivos y para otras funciones, se tomó la decisión de probar si esta tecnología se podía utilizar en medio

sólido. Esto tenía dos ventajas importantes, la primera era que no habría mucha variación para el personal en la aplicación, pues se tenía amplia experiencia en el manejo de la polinización asistida en medio sólido y, la segunda, la posibilidad de adicionar polen a la mezcla para mejorar la formación de nueces.

Pensando en la baja solubilidad del ANA en agua y, posiblemente, en la incapacidad de absorción del fitorregulador por el tejido vegetal se incluyó en las pruebas la sal sódica de ANA, la cual es altamente soluble en agua. Estas se realizaron primero en 20 racimos por tratamiento, con diferentes dosis para validar si las utilizadas en medio líquido eran similares a las de medio sólido y, para abril de 2018, se obtuvieron los primeros resultados de potenciales de racimos con esta tecnología y con ambas formas del compuesto.

Diferente a lo esperado, los resultados del ANA insoluble fueron superiores a los del sódico o soluble. Aun antes de tener esta información, basados en el cambio tan positivo de la formación de los racimos en el campo, se iniciaron aplicaciones a gran escala del ANA soluble en Palesema, ubicada en San Lorenzo, Ecuador, para evaluar la procesabilidad de este fruto a nivel de planta de beneficio. Una vez obtenidos los resultados de pequeña escala en Palmeiras Colombia S. A. (Palmeiras) se ajustó su uso para utilizar el mejor compuesto, dosis y frecuencia de aplicación, incluyendo la dosis de polen a utilizar.

De los datos generados en los ensayos de pequeña escala en Palmeiras fue evidente que había una incompatibilidad entre ANA y polen aplicados de manera conjunta y, por ello, se realizaron pruebas de germinación de polen en cajas de Petri con ANA adicionada al agar, y se descubrió que evidentemente la germinabilidad del polen se retardaba y disminuía por lo menos en un 50 %.

Para mayo de 2018 toda el área comercial de Palesema se empezó a tratar con ANA y, para noviembre del mismo año, los excelentes resultados de extracción de la planta se volvieron públicos, lo que catapultó el uso comercial de esta tecnología en polvo, primero en Colombia y luego en Ecuador. Pero para diciembre de 2018 empezaron los problemas en la planta de beneficio, algunos esperados y otros no. Se sabía que la disponibilidad de nueces se reduciría considerablemente y para ello se suspendió su trituración un par de meses, y estas se almacenaron por un tiempo para adicionarlas al proceso del fruto con ANA, mientras se encontraba una solución en la planta. Lo primero que se notó con la disminución de nueces fue la desaparición de la cascarilla que era vital para la generación de vapor en la caldera. Inicialmente, esto se solucionó comprando cascarilla y nueces a otras plantas de beneficio de la zona, pero se sabía que esta práctica sería insostenible una vez se expandiera el uso de la tecnología. También se realizaron cambios en el proceso de esterilización para ahorrar vapor, pero una vez terminado el inventario de nueces almacenadas, el problema real se volvió en cómo procesar esta fruta sin suficientes sólidos para el prensado.

Por un lapso corto de tiempo se utilizaron nueces y cascarilla adquiridas de plantas vecinas, pero esto duró poco tiempo, por lo que se terminó adicionando piedras seleccionadas para sustituir las nueces. Afortunadamente del lado colombiano se descubrió que las semillas de tagua podían sustituirlas con lujo de detalles. Con este hallazgo se empezaron a abrir otras alternativas de manejo de la polinización artificial, que serán discutidas a continuación.

Resultados

Evaluación y evolución de los modelos de aplicación de la polinización artificial en la planta extractora

Modelo Original de Palmeiras

Al modelo inicial de esta tecnología en medio sólido se le ha llamado el modelo Original de Palmeiras. Este consistía en 3 aplicaciones de una mezcla de talco con ANA al 6 %, para aplicar 4 gramos de esta mezcla con 100 mg de polen por inflorescencia en 3 aplicaciones, 1 cada 7 días. La intención era obtener los beneficios del ANA, consiguiendo la formación de suficientes nueces para el proceso. El resultado de este tratamiento mejoró mucho el contenido de aceite del fruto, pero no obtuvo la cantidad de los frutos normales esperados y sí genero unas nueces pequeñas, sin almendra, que se bautizaron como micronueces. Estas fueron insuficientes para el proceso y tuvieron que ser reforzadas con nueces almacenadas y semillas de tagua, para poder procesar el fruto.

En la Figura 1 se ve claramente el resultado de la extracción antes y después de las aplicaciones de ANA con el modelo Original de Palmeiras. Este fue utilizado en Palesema desde enero de 2018, en ensayos de 50 a 100 hectáreas y en toda el área de la plantación desde mayo de 2018, y en Palmeiras en toda el área comercial desde agosto del mismo año. El aumento de la extracción se observa desde mediados de 2018 y alcanza un máximo en las 2 plantas, en enero y marzo del 2019 respectivamente, cuando ya el 100 % del área de las 2 plantaciones tenía aplicaciones. El nombre técnico de este modelo es (PA+3)*3.

Modelo Urabá

Este modelo consiste en realizar polinización asistida, es decir, con solo polen en antesis, con dos o tres ingresos por semana, seguida de polinización artificial (dos aplicaciones de ANA), cerca de siete y catorce días después, con un solo ingreso por semana. Se inició en Palmeiras en agosto de 2019 y se empezó a descontinuar en febrero de 2020.

Los resultados de extracción se ven en la Figura 1 a partir de febrero de 2020. Para el caso de Palmeiras este cambio causó una caída de la extracción comparado con Palesema, que continuó con el modelo Original de Palmeiras hasta una fecha reciente. Pero la planta de beneficio notó una sorpresa muy interesante, la reaparición de los frutos normales y de nueces grandes con almendra, no solo suficientes para el prensado, sino con excedentes para otros usos. Este modelo se denominó P+3, AA +7.

Los frutos estenopermocárpicos

Las micronueces de la Figura 3 (a la izquierda), se forman cuando se utilizan polen y ANA juntos o con una separación entre las aplicaciones muy corta, y ocurren por atrofia del desarrollo embrionario de la semilla, después de fecundada la flor. Con una semana de diferencia entre las aplicaciones, se nota que la mayoría de las nueces no se destruyen, pero aún se desconoce cuál sería el mejor lapso de tiempo para proteger las nueces. Este tipo de frutos esta reportado en otros cultivos como la uva, en el proceso de aplicación de ANA para producir uvas sin semilla. Al separar las aplicaciones de polen y ANA en Palmeiras (modelo Urabá) fue fácil observar que sus racimos nuevamente tenían frutos normales y por ende nueces grandes con una almendra por dentro. Se concluyó que el gran aumento de producción de frutos estenopermocárpicos fue el resultado de unir las aplicaciones de polen y ANA en una sola operación.

Modelo sin polen, solo ANA, AAA+7

Otra plantación de la zona de Tumaco adoptó un modelo completamente sin polen. Este modelo constaba de tres aplicaciones con ANA en tres semanas consecutivas, con un ingreso por semana. Este modelo se denominó AAA+7.

En la Figura 4 se presenta la comparación de los resultados de extracción de tres modelos diferentes de aplicación en tres plantas diferentes, durante el año

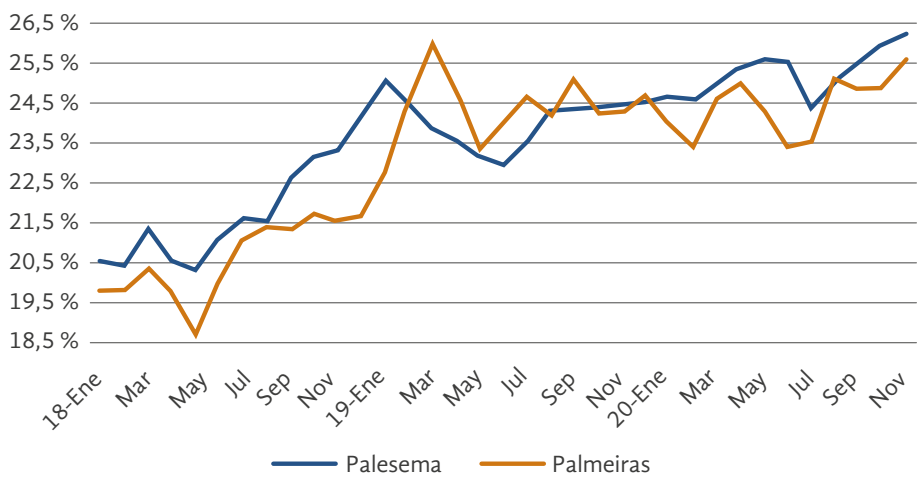


Figura 1. Comparación de extracciones de Palmeiras y Palesema 2018-2020

2020. El modelo AAA+7 tuvo la mejor extracción, pero su producción de nueces fue solo de micronueces, insuficientes para el proceso. En el de Urabá (P+3, AA+7) la extracción de aceite fue la más baja, pero con mayor producción de nueces, más que suficientes. El modelo intermedio, el Original de Palmeiras en color verde, tuvo una extracción intermedia con nueces insuficientes. En las plantas de beneficio representadas por las líneas verde y naranja se tuvo que suplementar el proceso con semillas de tagua.

Figura 2. Comparación de racimo entre el modelo Original de Palmeiras (izq.), con el modelo Urabá, (der.), nótese la presencia de almendras en las nueces

Figura 3. Comparación de las nueces producidas por ambos modelos. Micronueces (izq.) y mezcla de nueces normales y micronueces (der.)

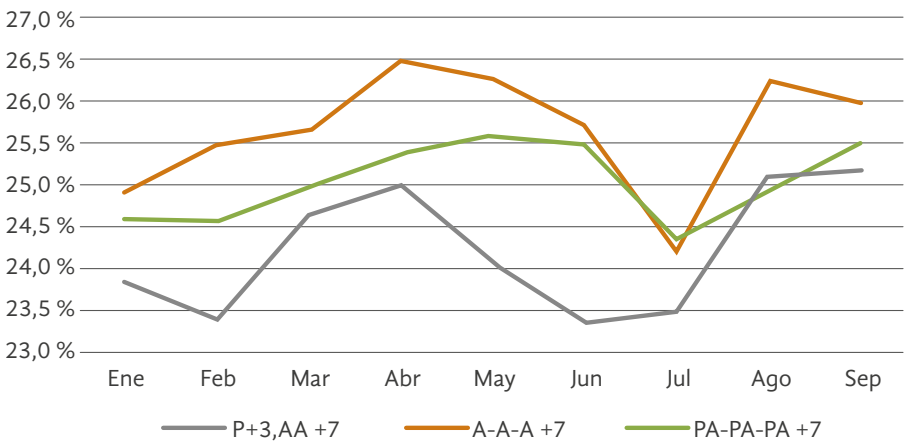


Figura 4. Tasa de extracción de aceite obtenida con tres modelos de aplicación de polinización en 2020

El promedio de extracción de la planta de beneficio con AAA+7 (sin polen) fue de 25,53 %, mientras que la del modelo Palmeiras (polen+ANA) fue de 25,14 % y la del modelo Urabá fue del 24,25 %.

Efecto de nuez o cuesco en el potencial de aceite

Desde el punto de vista de potencial de aceite y con la ayuda del equipo de resonancia magnética nuclear (RMN), Palmeiras ha logrado demostrar que es preferible producir frutos completamente partenocárpicos a frutos normales o estenopermocárpicos. Los análisis de miles de muestras han mostrado que los frutos partenocárpicos tienen un contenido de aceite superior en un 32 % a los frutos normales.

En algún momento se temió que el no tener nueces haría que el peso promedio de racimos disminuyera considerablemente. Esto debido a que en las pruebas iniciales con el protocolo líquido se notó una baja, pero en pruebas recientes de gran escala, en Palmeiras se pudo observar que con una buena calidad de aplicación en polvo es posible incrementar el peso promedio de los racimos hasta en un 6 %, conservando el mayor potencial de aceite.

Comparación de modelos de aplicación de ANA a nivel de laboratorio, ANCUPA

En medio del trabajo de comparar diferentes modelos de aplicación de ANA a gran escala en las plantas de beneficio, con los tres modelos descritos anteriormente y con la intención de maximizar la producción de aceite, se tuvo conocimiento de la presentación de la investigación sobre el tema por parte de la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite de Ecuador (ANCUPA). Este trabajo dirigido por el Ingeniero Vladimir Bravo iba más lejos de lo realizado por Palmeiras, pues incluía muchos otros modelos y concluía cosas muy importantes para las decisiones que se debían tomar hacia el futuro. Lo más importante se resume en la Tabla 1 y la Figura 5.

La Tabla 1 describe los modelos investigados y define una nomenclatura sencilla pero muy útil de estos. Se le ha realizado un solo cambio para volverla consistente y descriptiva de lo realizado. Los modelos que ellos determinaron como +1 se han llamado +2, debido a que las aplicaciones se realizaron cada 2 días, así como en los modelos terminados en +7, implican que las aplicaciones fueron realizadas cada 7 días.

También se incluye la Figura 5 con los resultados obtenidos en los diferentes modelos desde el punto de vista de potencial de aceite, con la distribución de la participación de cada tipo de fruto en el racimo dentro del potencial total de extracción en el laboratorio.

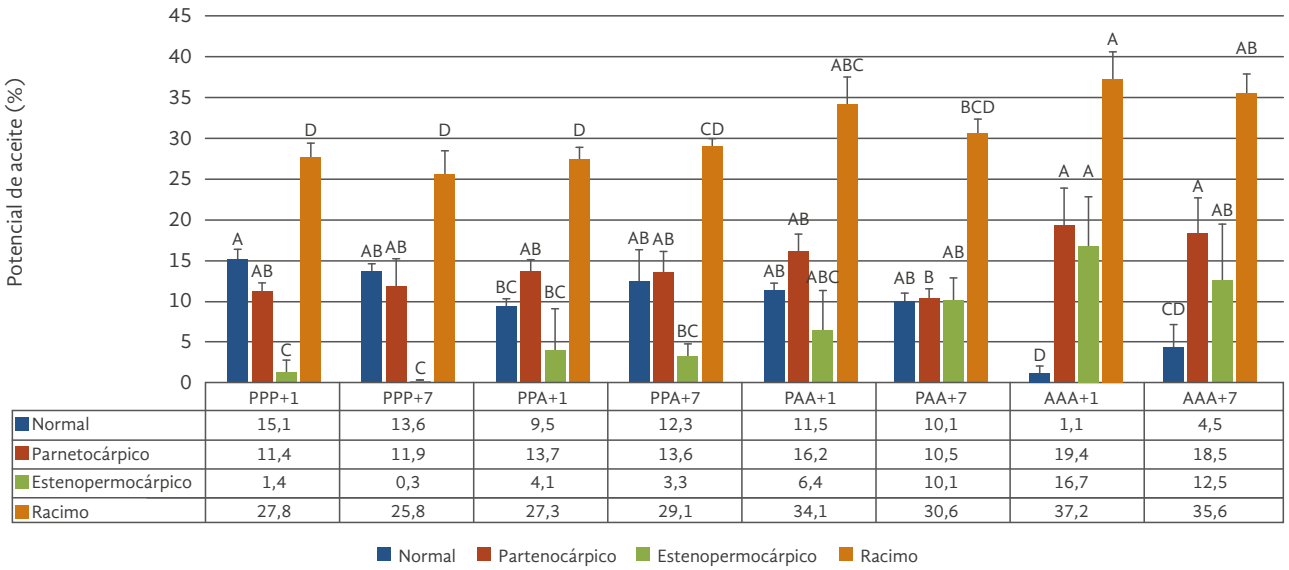
En la Figura 5 se ve claramente que mientras menos polen hay en las aplicaciones, mejor es el contenido de aceite del fruto. Es relativamente fácil

Tabla 1. Tratamientos y nomenclatura ANCUPA modificada

Tratamiento	Insumo	Frecuencia de aplicación (días)	Nomeclatura modificada
1	Polen-polen-polen	1--3--5	PPP+2
2	Polen-polen-polen	1--7--14	PPP+7
3	Polen-polen-ANA	1--3--5	PPA+2
4	Polen-polen-ANA	1--7--14	PPA+7
5	Polen-ANA-ANA	1--3--5	PAA+2
6	Polen-ANA-ANA	1--7--14	PAA+7
7	ANA-ANA-ANA	1--3--5	AAA+2
8	ANA-ANA-ANA	1--7--14	AAA+7

Tomado de Ancupa, Bravo (2020)

Figura 5. Diferentes modelos desde el punto de vista de potencial de aceite. Tomado de ANCUPA, Bravo (2020)



	PPP+1	PPP+7	PPA+1	PPA+7	PAA+1	PAA+7	AAA+1	AAA+7
Normal	15,1	13,6	9,5	12,3	11,5	10,1	1,1	4,5
Parnetocárpico	11,4	11,9	13,7	13,6	16,2	10,5	19,4	18,5
Estenopermocárpico	1,4	0,3	4,1	3,3	6,4	10,1	16,7	12,5
Racimo	27,8	25,8	27,3	29,1	34,1	30,6	37,2	35,6

observar que en los cuatro modelos de la izquierda, el potencial de aceite en racimo es inferior al de los cuatro de la derecha. En los que se usa polen, el aporte de aceite de los frutos normales (barras en azul) es muy superior al de los que tienen menos polen, pero el de los partenocárpicos obviamente es menor. Otro factor a resaltar de la figura es que mientras menor es el tiempo entre aplicaciones, menor es la presencia de frutos normales y mayor la de partenocárpicos y estenopermocárpicos con mejor potencial de aceite. Los modelos de mayor potencial de aceite son el séptimo y el octavo de la figura y su única diferencia está en los días entre aplicaciones. El que cuenta con más potencial de aceite es el AAA+1 (en realidad AAA+2) que consiste en hacer una aplicación de ANA cada dos días, en tres oportunidades. Esta observación es contraria a la reportada por Cenipalma que dice que mientras más se separan las aplicaciones, mejor es el resultado final.

Otra duda que han generado los investigadores de Cenipalma es que se encuentran mejores potenciales de aceite con aplicaciones en forma líquida. ANCUPA concluyó que con aplicaciones en polvo cada dos días, el potencial puede subir a los mejores niveles encontrados por la corporación. Hay que tener en cuenta que muchos de estos trabajos fueron realizados en flores aisladas, donde ni las nueces formadas por la polinización natural ni tampoco los frutos estenopermocárpicos resultaron siendo una causal de disminución del potencial.

Esto permite deducir que la mejor manera de aumentar el potencial de aceite en los racimos es reducir la presencia de nueces y micronueces (frutos normales y estenopermocárpicos), al maximizar los frutos completamente partenocárpicos. Esto se puede lograr llegando a las inflorescencias, lo más cercanamente posible, al momento de antesis y de manera repetitiva para garantizar que se alcance el mayor número de flores individuales. Vale la pena mencionar que no se conoce si los diferentes modelos de aplicación tienen efecto en el tamaño (y el peso total) de las micronueces de los frutos estenopermocárpicos.

Resumen de modelos de polinización utilizados por Palmeiras

En la Tabla 2 se presenta un resumen de los diferentes modelos utilizados por Palmeiras en el híbrido OxG, empezando por la polinización natural hasta los últimos modelos desarrollados sin adición de polen y con diferentes momentos de aplicación.

Tabla 2. Modelos de polinización en híbrido OxG

Descripción del modelo	Nomenclatura	Extracción	Prod. de nueces	Nivel de M. O. ingresos x sem y hectárea jornal	Total ingresos	Acción en la planta
Polinización natural	PN	Baja 13 a 18 %	Pobre	No hay M. O. adicional	0	Adicionar nueces de *E. guineensis*
Polinización asistida	P	20 a 22 %	Buena	Alto-3 ingresos x sem-10 ha/jor	3	Recircular, pero hay sobrante
Polinización artificial	A					
Polinización artificial + polen	(PA+3)x3	24 a 27 %	Regular	Alto-2 ingresos x sem-6,5 ha/jornal	6	Adicionar y recircular
P 1era + A otras 2	PAA+7	23 a 25 %	Buena	Intermedio-2 ingresos P, 1 A-10, 5 ha/jor	5	Recircular, pero hay sobrante
Polinización artificial	AAA+2	27 a 29 % ???	Inexistente en laboratorio	Alto-3 ingresos x sem-8 ha/jor	9	Adicionar nueces de otras palmas
Polinización artificial	AAA+3	27 a 29 % ???	No se ha probado	Intermedio- 2 ingresos x sem. 6 ha/jor	6	Adicionar nueces de otras palmas
Polinización artificial	AAA+7	26 a 28 %	Muy pobre	Bajo-1 ingreso x sem-4 ha/jor	3	Adicionar nueces de otras palmas

P 1era= polen la primera.
?= no se ha medido aún.

El AAA+7 ha sido probado con buenos resultados en múltiples plantaciones y hasta ahora es el modelo comercial de mayor éxito en extracción y, también, de menores costos laborales. Pero basados en los resultados encontrados por ANCUPA, Palmeiras ha migrado comercialmente hacia el modelo AAA+3 (sin probarse a pequeña escala), con costos laborales un poco superiores, pero con esperanza de mejoras en la extracción. También se han montado ensayos de gran escala con el AAA+2 para comparar sus resultados y definir el modelo comercial a utilizar en el futuro.

Modelos para maximizar la producción de nueces

Como ya se sabe, la tecnología actual de extracción con prensas de tornillo requiere de nueces o algún otro material duro que pueda sustituirlas. Ante la falta de las mismas y cuando empezaron los problemas por esto, con las aplicaciones de ANA a inicios de 2019 en varias plantas de beneficio de la zona de Tumaco y San Lorenzo, se pensó en utilizar múltiples materiales para hacer las veces de nueces en las prensas. Se estudió la posibilidad de usar balines de acero o de óxido de aluminio, pero ambos materiales eran mucho más densos que las nueces y rápidamente se iban al fondo del digestor. También se tuvieron en cuenta las esferas plásticas de diferentes especificaciones, pero ningún proveedor garantizó que conservarían su integridad a 1.500 libras de presión y 95 grados centígrados, condiciones normales en las prensas.

Cenipalma propuso que se ensayara la semilla de la palma de tagua, *Phytelephas aequatorialis*, conocida también como el marfil vegetal. Estas, son de una densidad muy similar a la de las nueces de palma y de una dureza extraordinaria, así que soportan múltiples pasos (más de 10), por el proceso de digestión y prensado de la planta de beneficio. Varias de las zonas han estado utilizando este material de manera industrial con excelentes resultados. Los datos medidos a la fecha indican que se necesita una tonelada de semillas de tagua por cada 1.000 a 1.500 toneladas de fruta de palma OxG.

En algunas partes de Colombia se han ensayado semillas de otras palmas con resultados similares. En la zona del Magdalena Medio hay una planta que utiliza semillas de la palma de vino o de corozo, *Attalea butyracea*, el problema es su disponibilidad en grandes cantidades (Harold Domínguez, comunicación personal).

En la mayoría de las zonas productoras de palma en Colombia (excepto en la de Tumaco) hay todavía más *E. guineensis* que híbridos OxG, y estas producen nueces que pueden ser utilizadas para el prensado. El inconveniente es que son de palmas teneras, que tienen cuescos muy delgados y se rompen fácilmente en el proceso de prensado, y también son parte importante del negocio por la producción de almendra y aceite de palmiste. Pero las mismas palmas OxG con el modelo adecuado, pueden ser una buena fuente de nueces para el prensado, en caso de que no haya otras alternativas.

En la Tabla 2, se puede ver que separando las aplicaciones de polen y ANA por una semana, se recupera la producción de nueces y se conserva un alto nivel de extracción. Ya se sabe que, llegando a las inflorescencias con polen en el momento de antesis se producen racimos de OxG con contenidos de frutos normales de entre el 25 y el 35 %, dependiendo de la calidad del trabajo de polinización. Pero con toda seguridad este modelo se puede mejorar para optimizar la producción de nueces sin deteriorar demasiado la extracción de aceite. Así que sería posible especializar una zona de una plantación OxG para producir nueces, mientras que la mayoría del área se podría tratar con solo ANA para obtener la mejor extracción de aceite posible. En cualquier caso, la recomendación sería mantener un *stock* de nueces suficientes para poder procesar la fruta sin dificultades, en caso de cambios estacionales o de otras contingencias que aún no se conocen.

Propuestas para maximizar la producción de aceite

1. En las zonas donde no hay nueces de palma suficientes de otras especies, es posible utilizar un modelo que permita producir una buena cantidad, bastantes para adicionar a la fruta que se produzca con solo ANA.
2. En las zonas en donde hay *E. guineensis* es necesario evaluar cuál es el sacrificio económico de destruir nueces valiosas que producen almendra, para poder prensar fruta OxG.
3. El conocimiento adquirido con estos modelos abre la puerta para utilizar esta tecnología en *E. guineensis*, sabiendo que se pueden proteger las nueces al espaciar las aplicaciones entre la polinización natural y las aplicaciones de ANA. O en el caso de haber polinización asistida, también.

Beneficios de la tecnología ANA, junto con el control de *Sagalassa*

Para las zonas de Tumaco y buena parte del Ecuador, atacadas fuertemente por la enfermedad de Pudrición del cogollo (PC), esta tecnología permitió viabilizar el cultivo del OxG. El otro problema mayor de este material, tanto en Colombia como en buena parte de Ecuador, ha sido la susceptibilidad de los materiales OxG a los ataques del barrenador de raíces *Sagalassa valida*. Para este tema, Palmeiras había desarrollado una tecnología, desde el 2012, basada en los aporques de las hojas de poda y cosecha, aplicadas de manera organizada sobre los platos de las palmas, pero aun así, la rentabilidad del cultivo seguía muy afectada por los altos costos de la polinización asistida, lo que lo hacía poco competitivo con el *E. guineensis*.

La solución a estos dos problemas no solo ha ayudado a que este cultivo pueda competir con el *E. guineensis*, sino que ahora permite pensar que este último no podrá hacerlo, a largo plazo, con el OxG. Mientras que en el *E. guineensis* los lotes de los mejores productores pueden llegar a 35 toneladas de RFF por hectárea/año, en el OxG hay productividades de 40 y 45 toneladas de RFF/por hectárea/año; y con las altas extracciones obtenibles con la tecnología del ANA es posible producir 10 o más toneladas de aceite por hectárea y por año (Romero, 2019) (Figura 6).

La tecnología del ANA también ha resuelto un gran problema para los pequeños productores de palma OxG, pues para ellos la polinización asistida era un dolor de cabeza, ya que los obligaba a mantener una red de frío difícil para su alcance. Hoy con la disponibilidad de un producto comercial con la cantidad de ingrediente activo necesario, estos palmicultores logran obtener racimos de excelente formación con

buenos potenciales de aceite. Las plantas de beneficio han jugado un papel muy importante en estimularlos para que produzcan fruta de gran calidad, con mejor contenido de aceite y muy atractivos para ellos.

Conclusiones

La tecnología de inducción de formación de frutos partenocárpicos en los híbridos interespecíficos de palma OxG con ANA ha logrado mucho más que volver el cultivo rentable, ha sido una revolución en la producción de aceite de estos cultivares que sufrían de problemas de infertilidad tanto masculina como femenina y de otros temas como el malogro de racimos.

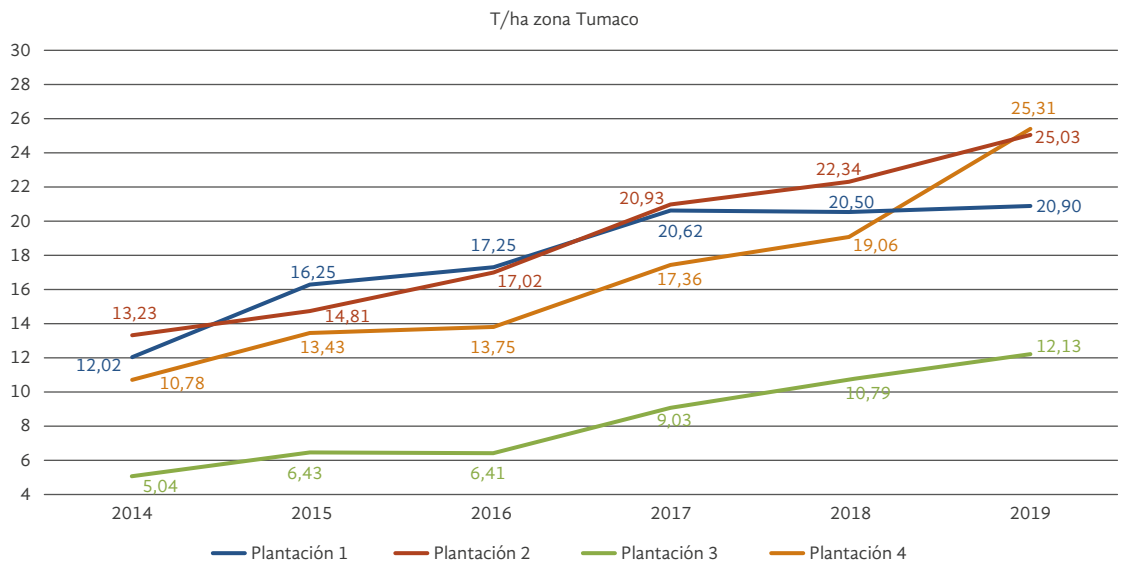
Como la producción de almendra en estos híbridos no ha sido parte esencial del negocio, sacrificarla a cambio de mayor obtención de aceite no es una limitante para aplicar esta tecnología.

El mayor inconveniente de la aplicación de la tecnología ha sido la desaparición de las nueces de frutos normales, indispensables para el proceso de extracción del aceite en las plantas de beneficio, con la tecnología actual.

Nuevos hallazgos, tanto a nivel comercial como en el laboratorio, han demostrado que pequeños cambios en los modelos de aplicación, específicamente en los momentos en que se usa el polen y el ANA, generan nuevas posibilidades para resolver los problemas de la falta de nueces en el proceso y abren la puerta para utilizar esta tecnología en mejorar el potencial de aceite de materiales *E. guineensis*.

La tecnología es fácil de aplicar, lo que permite a los pequeños agricultores de materiales OxG resolver las dificultades que tenían con la polinización asistida, dada la necesidad de red de frío para conservar el polen. Ahora se cuenta con un producto comercial listo para aplicar en el campo en el momento requerido.

Figura 6. Impacto en la productividad del control de *Sagalassa* (2014 a 2018) y de la aplicación de ANA 2018 en adelante



Referencias

Bravo, V. (2020). *Híbrido OxG: metodologías de polinización con ANA*. Conferencia virtual presentada por ANCUPA en la plataforma de Facebook, agosto de 2020.

Romero, H. M., Daza, E., Urrego, N., Ayala, I., Rivera-Mendez, Y. & Ruiz-Romero, R. (2019). *How to Reach 10 Tons of Oil per Hectare: Induction of High Oleic Oil Production from Parthenocarpic Fruits in Oil Palm OxG Interspecific Hybrids*. Malasia: PIPOC 2019.

Sangwiroonton, K., Sanputawong, S., Preecha, C. & Na Nakorn, S. (2017). Effects of NAA and GA3 at the Different Concentrations on Growth and Quality of Oil Palm Bunch and Fruit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *International Journal of Agricultural Technology, 13*(7.3), 2393-2402.

Polinización, criterios de cosecha y procesamiento del híbrido OxG en Palmas y Extractora Monterrey S. A.

Pollination, Harvest Criteria and Processing of the OxG Hybrid in Palmas and Extractora Monterrey S. A.

Citación: Niño, A., García, A., Pulido, N., Mendoza, J., Cruz, L. C. & Torrecilla, E. (2021). Polinización, criterios de cosecha y procesamiento del híbrido OxG en Palmas y Extractora Monterrey S. A. *Palmas, 42*(1), 130-138.

Palabras clave: Polinización, Cosecha, Híbrido OxG, Palmas Monterrey S. A.

Key words: Pollination, Harvest, OxG Hybrid, Palmas Monterrey S. A.

Niño E. Andrés
Auditor Interno de Palmas y Extractora Monterrey S. A.

García P. Alejandra M.
Auxiliar de Investigación de la Unidad de Validación de Cenipalma
agarcia@cenipalma.org

Pulido Á. Néstor F.
Director Agronómico Palmas y Extractora Monterrey S. A.

Mendoza Jorge
Director de Planta Extractora de Palmas y Extractora Monterrey S. A.

Cruz Luis C.
Coordinador de Producción de Palmas y Extractora Monterrey S. A.

Torrecilla R. Enerilson
Coordinador Agronómico de Palmas y Extractora Monterrey S. A. (Q. E. P. D.)

Resumen

La polinización, la cosecha y el procesamiento de los racimos son los procesos de mayor importancia en el sistema productivo de la palma de aceite híbrido OxG. En estas actividades se refleja el resultado de las prácticas agronómicas y logísticas en plantación y planta de beneficio. En este orden de ideas, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar los racimos,

materia prima en el proceso de extracción de aceite de palma crudo y su tasa de extracción. Para esto, se tuvo en cuenta la conformación y llenado de los racimos, el punto óptimo de maduración, de acuerdo con lo establecido en la escala fenología BBCH para palma de aceite, y se determinó el contenido de aceite extraído en laboratorio y planta de beneficio. Los resultados demostraron el impacto de una buena polinización y el corte de los racimos en punto óptimo de cosecha, en términos de productividad, contemplando indicadores como peso medio de racimos (PMR), toneladas por hectárea en un año (t/ha-año), potenciales de aceite y tasa de extracción (TEA).

Abstract

Pollination, harvesting and the processing of the major importance bunches in the productive system of the hybrid oil palm OxG. In these practices is shown the result of the agronomic practices and logistics in plantation and profit planting. In this ideas order, the present experiment had as objective characterize the raw material bunches in the extraction process of crude oil palm and its extraction rate. For this, it was considered the structure filling of bunches, ripening according to the one stablished in the phenology scale BBCH for oil palm and the contents were determined of extracted oil in lab and profit plant. The results show the impact of a good pollination and the cut of the bunches at ideal moment of harvesting, in productivity period considering signs as average weight of bunches (AWB) tons per hectare in a year (t/ her-year) and potentials and extraction rate of oil.

Introducción

Los cultivares híbridos OxG son el resultados del cruce entre palmas de aceite americanas (*Elaeis oleifera*) y africanas (*Elaeis guineensis*). Surgen como alternativa para la producción de aceite de palma, debido a que entre sus características se encuentra la tolerancia a plagas y enfermedades (Genty y Ujueta, 2013; Peláez *et al*., 2010). Sin embargo, presenta algunas limitaciones en la producción de racimos de fruta fresca (RFF), debido a la baja producción de inflorescencias masculinas, problemas de llenado y maduración del racimo asociado a las aberturas asincrónicas de las inflorescencias femeninas y un llenado deficiente de frutos debido a la ausencia de la polinización natural (Hormaza *et al*., 2012; Prada y Romero, 2012). Por lo anterior, ha sido necesario implementar prácticas agronómicas como la polinización asistida o artificial y la determinación del punto óptimo de maduración de racimos, para favorecer la formación de la mayoría frutos en el racimo y extraer su máximo potencial de aceite.

La polinización artificial consiste en aplicaciones de ácido α-naftalenacético (ANA) sobre las inflorescencias presentes en las híbridos OxG, la cual tiene como objetivo incrementar la formación de frutos presentes en los racimos. En estudios realizados, se evidencian ventajas como: llenado del 95 % de frutos, una ventana de tiempo más amplia en comparación con la polinización asistida para la lograr la formación de racimos; optimización de la mano de obra en términos de rendimientos, ya que permite tratar un mayor número de inflorescencias por entrada; adicionalmente, es posible incrementar la producción de aceite con tasas de extracción que oscilan entre el 25-28 % (Sinisterra *et al*., 2019; Romero, 2018; Zambrano, 2018; Daza *et al*., 2016).

En cuanto a la determinación del punto óptimo de maduración de racimos, el programa de Biología y Mejoramiento de Cenipalma ha realizado estudios sobre caracterización y estandarización de los criterios de maduración de los frutos basados en la escala BBCH para palma de aceite (Forero *et al.,* 2012). Los resultados indican que el punto óptimo de maduración

de los racimos de los híbridos OxG corresponde a los estadios 807 y 809, en los cuales es posible alcanzar su mayor peso y potencial de aceite. En el caso particular del cruzamiento Coari x La Mé, el estadio 807 se presenta a los 160 días después de la antesis, con desprendimiento natural entre 1-5 frutos, un alto porcentaje de cuarteamiento y con un fruto que se caracteriza por ser de color naranja opaco. En promedio, el potencial de aceite de los racimos en este estadio es de 21,6 % (Millán, Ruíz y Romero, 2017).

Este artículo presenta la experiencia de la implementación de la polinización artificial y el corte de racimos en punto óptimo de maduración, prácticas atinentes a incrementar la productividad en términos de t RRF/ha-año y t aceite/ha-año.

Metodología

Ubicación

Palmas y Extractora Monterrey S. A. se encuentra ubicada en el municipio de Puerto Wilches, Santander. Como fuente de información, se seleccionaron 104,1 hectáreas (ha) sembradas con híbrido Coari x La Mé, cultivados en 2011 y 2012 (Figura 1). Allí se evaluaron los criterios de la conformación de racimos, según la calidad de la labor de polinización artificial y caracterización de los racimos cosechados en lote, acopio y tolva de recepción. Adicionalmente, se estimó el contenido de aceite en laboratorio y en planta de beneficio.

Durante un año se acompañó la labor de cosecha, se evaluaron los racimos cortados en un recorrido de cuatro calles de cosecha por lote de observación y los racimos en el sitio de acopio donde describieron los que fueron cargados en los semovientes, cada tres viajes. En ambos casos, se realizó un muestreo sistemático cada tres racimos, en el que se calificó cualitativamente los criterios de conformación y maduración, adicionalmente se consideraron las variables de malogro y daño asociado a plagas.

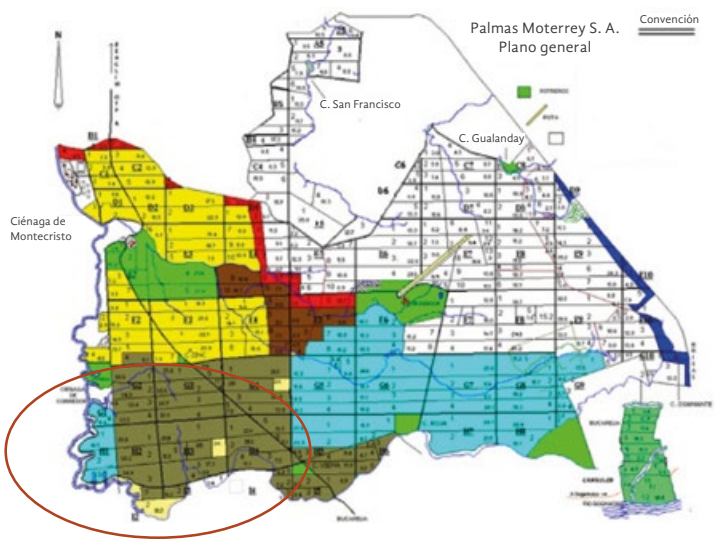
Conformación de racimos

En el caso de la evaluación de conformación de racimos de acuerdo a la calidad de la polinización artificial, se hizo uso de la escala propuesta por el Comité de Plantas de Beneficio de Zona Suroccidental (Figura 2).

Caracterización de racimos estadio fenológico

Para la determinación del estadio fenológico de los racimos se usó la escala BBCH para palma de aceite establecida para el cultivar híbrido Coari x La Mé (Figura 3). Esta caracterización incluyó: número de frutos desprendidos de manera natural, color (opacidad), porcentaje de cuarteamiento y días después de la polinización hasta el momento de la cosecha.

Figura 1. Ubicación de los lotes de evaluación



Los racimos cosechados fueron transportados a la tolva de recepción. Con ayuda de un lazo se tomaron 50 racimos por cada uno de los viajes, caracterizándolos de acuerdo con su conformación y maduración (Figura 4). Luego se pesaron y llevaron a laboratorio para determinar el contenido de aceite.

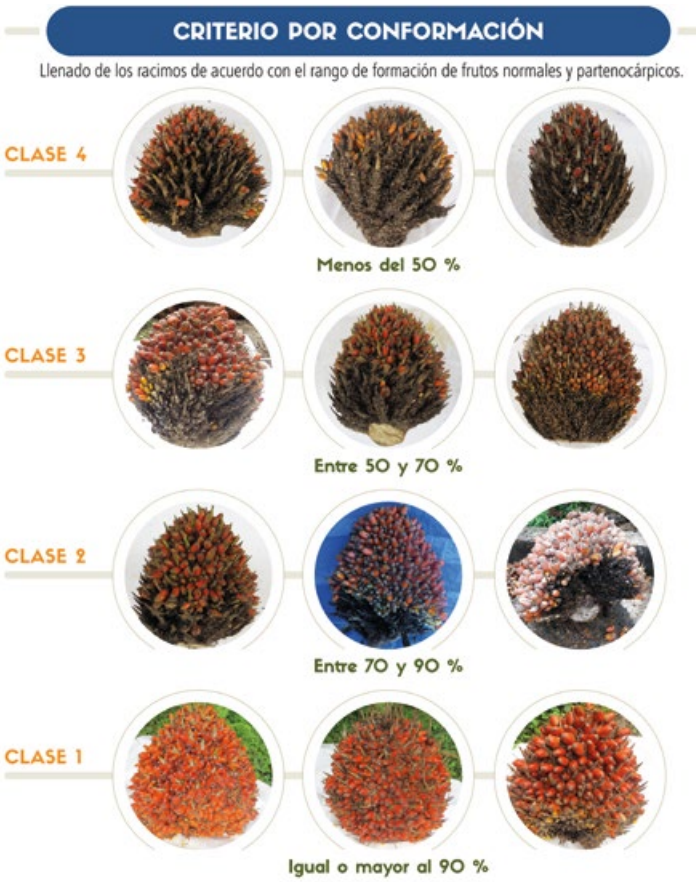


Figura 2. Escala de calificación en tolva, de la conformación del racimo, en cuanto a polinización propuesta por el Comité Asesor de Plantas de Beneficio de la Zona Suroccidental (2017)

Figura 3. Caracterización morfológica de racimos cultivar híbrido Coari x La Mé. Fuente: Millán *et al*. (2017)

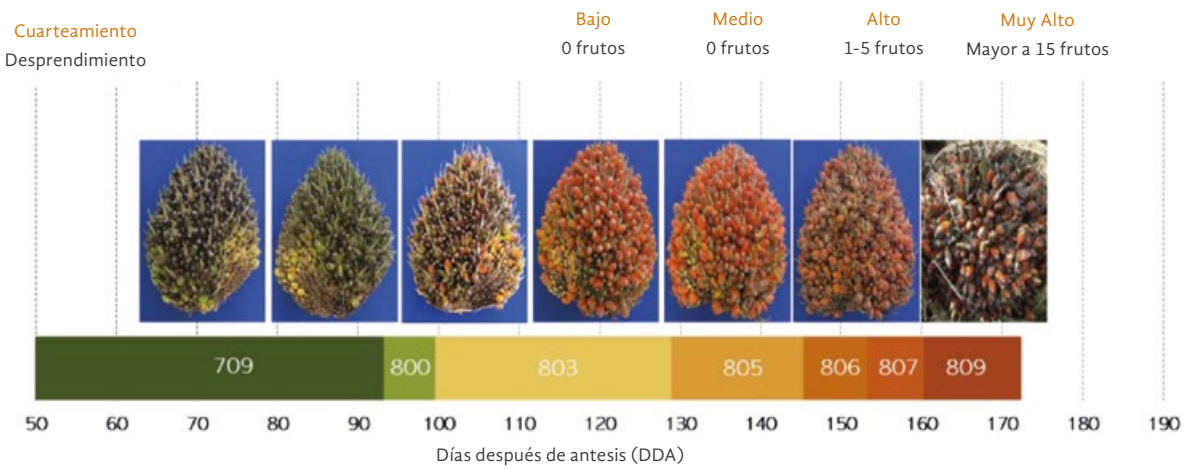


Figura 4. Selección de racimos en tolva: método del lazo

El contenido de aceite se determinó en laboratorio y en planta de beneficio. En el laboratorio, la extracción se realizó en una columna tipo Soxhlet y se usó pentano como solvente de arrastre. En planta de beneficio los racimos cosechados en las áreas de observación se procesaron y, una vez obtenido el licor de prensa en el tanque preclarificador, se tomaron 30 muestras para estimar el contenido de aceite.

Resultados

Polinización

En Palmas y Extractora Monterrey S. A. durante la implementación de la polinización artificial de los cultivares híbrido se construyó una herramienta de polinización que garantizó la apertura de brácteas pedunculares, una buena cobertura de la mezcla sobre las inflorescencias y comodidad para los trabajadores (Figura 5).

Caracterización de racimos

En total se evaluaron 9.737 racimos en lote, acopio y tolva de recepción, formados con polinización artificial.

Conformación de racimos

De acuerdo con la escala de conformación usada, se encontró que el 95 % de los racimos se ubicaron en la clase I y clase II, lo que indica un llenado de frutos (*fruit set*) superior al 70 %. Lo anterior es el resultado de la adaptación de la herramienta usada en la labor de polinización y la buena cobertura del producto sobre la inflorescencia.

La conformación impactó significativamente el peso medio de racimos (PMR). El mayor PMR fue igual a 16 kg y se observó en aquellos racimos ubicados en la clase I, el peso disminuyó acorde a las categorías subsiguientes, en las cuales el menor PMR registrado fue de 5,8 kg en los racimos ubicados en la clase IV (Figura 7).

Caracterización de racimos por estadio fenológico

En la caracterización de los racimos por estadio fenológico correspondiente al criterio de cosecha de la plantación Palmas Monterrey, se encontró que el 97 % de los racimos cosechados de acuerdo con la escala usada (Figura 3) estaban en su punto óptimo

Figura 5. Herramienta de polinización

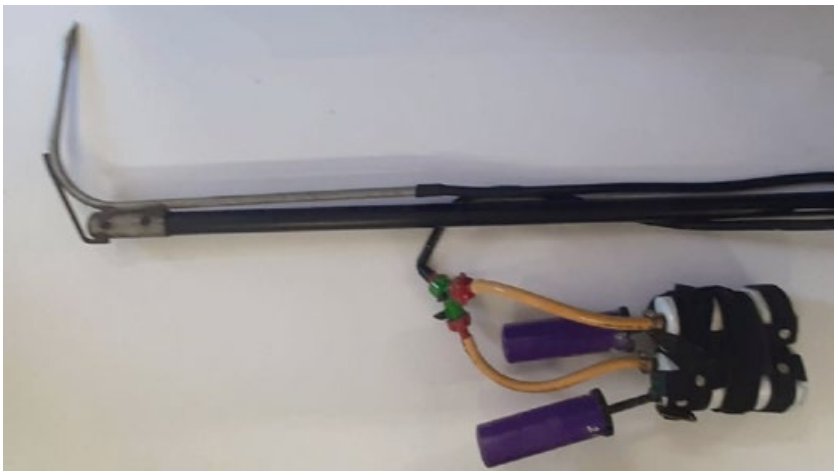


Figura 6. Conformación de racimos

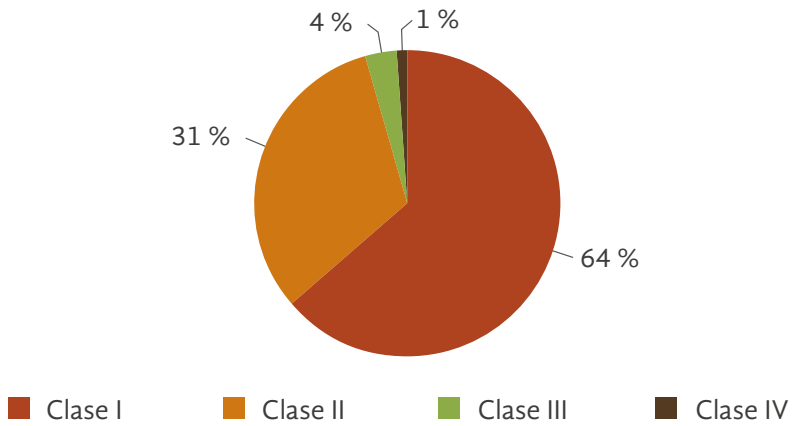
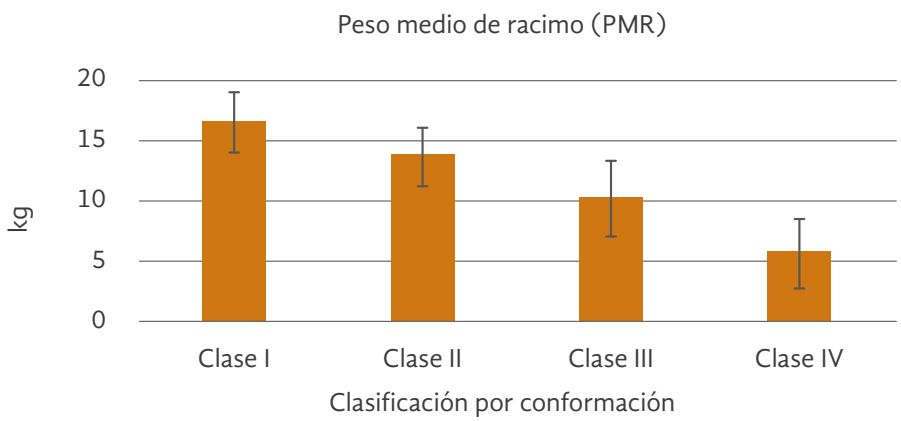
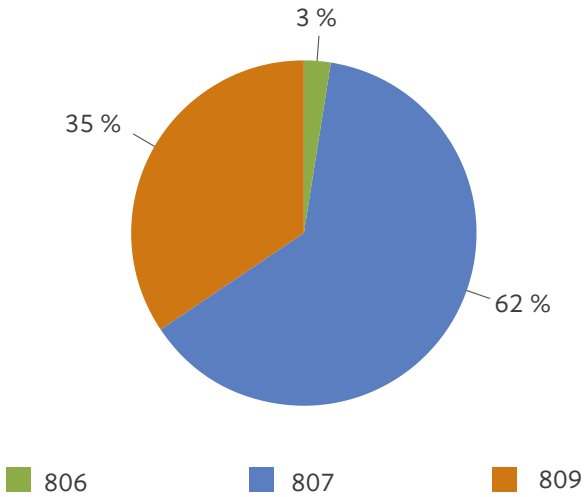


Figura 7. Peso medio de racimo según su conformación



de maduración, es decir en estadios 807 y 809; en este momento los racimos ya han alcanzado su mayor peso y máximo potencial de contenido de aceite. Lo anterior es el resultado de un ciclo de corte ajustado a 12 días, supervisión frecuente a la labor de cosecha (Figura 8).

Figura 8. Proporción de racimos cosechados según su estadio de maduración



En cuanto a las variables: número de frutos, días después de polinización, cuarteamiento y desprendimiento, cambiaron de acuerdo con los estadios fenológicos, lo cual se presenta en la Tabla 1. En el estadio 807 se observó un desprendimiento de 3 frutos y 142 días después de la polinización (DDP). En los racimos cosechados, en el estadio 809, 10 frutos desprendidos y 148 DDP. El parámetro de porcentaje opacidad fue de 80 % en ambos estadios, un porcentaje de cuarteamiento de 56 % en el estadio 807 y, 71 % en el estadio 809.

Estimación contenido de aceite

De acuerdo con los contenidos de aceite estimados en el laboratorio, el mayor se obtiene en los racimos ubicados en la clase I, este valor se hace menor en cuanto los racimos disminuyen entre categorías, llegando a perder hasta un 13 %, en relación con el aceite extraído en aquellos que se ubicaron en la clase I (Figura 9).

El resultado obtenido en laboratorio se validó con la tasa de extracción de aceite en planta de beneficio, pues se realizaron 3 Batch de proceso con 45 toneladas de RFF, los cuales se encontraron en punto óptimo de maduración entre los estadios 807 y 809, y en cuanto a su conformación, la distribución fue de la siguiente manera:

- Batch 1: clase I, II, III: 94 %; Clase IV: 6 %
- Batch 2: clase I, II, III: 97 %; Clase IV: 3 %
- Batch 3: clase I, II, III: 100 %

Con las características mencionadas, se determinó que la mayor tasa de extracción en planta de beneficio se obtiene cuando los racimos se ubican en las clases I, II y III, este valor varía conforme al llenado del racimo (*fruit set*). Cuando la polinización es regular, se puede perder hasta 4,7 % en contenido de aceite, en comparación con racimos con un llenado de fruto superior al 70 % (Batch 3) (Figura 10).

Conclusiones

- Los resultados de este estudio resaltan la importancia de realizar una polinización eficiente y la cosecha en el punto óptimo de maduración del racimo, lo que impacta positivamente en los contenidos de aceite y peso medio de racimos.
- Este estudio permitió validar la polinización artificial y los criterios de cosecha contemplados para el cultivar híbrido OxG Coari x La Mé, se encontró que, con ajustes que garanticen una buena conformación de racimo sumado a un criterio de corte que contemple los parámetros establecidos, es posible incrementar la productividad en t RFF/ha y t aceite/ha.
- En cuanto al punto óptimo de cosecha es necesario contemplar más de un criterio (desprendimiento, cuarteamiento y opacidad del racimo), estos varían de acuerdo con los diferentes cultivares OxG.

Tabla 1. Parámetros de caracterización en los racimos evaluados

Estadio fenológico	Días después de la polinización artificial	Número frutos desprendidos	Porcentaje de opacidad	Porcentaje de cuarteamiento
807	142	6	80 %	56 %
809	148	16	80 %	71 %

Figura 9. Contenido de aceite de acuerdo con la conformación del racimo

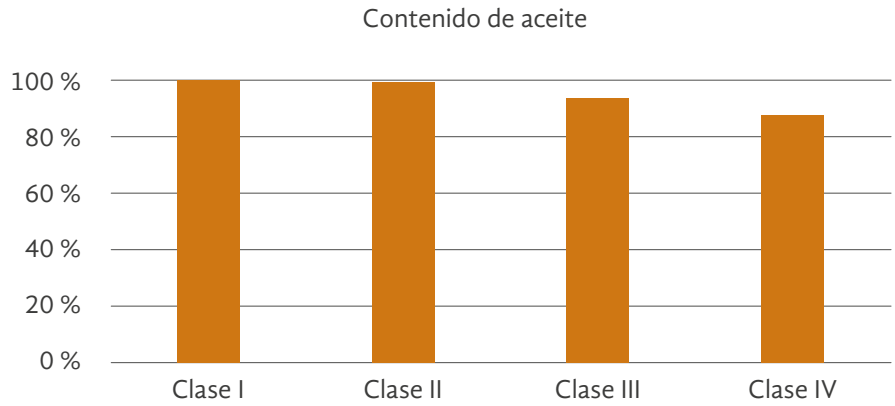
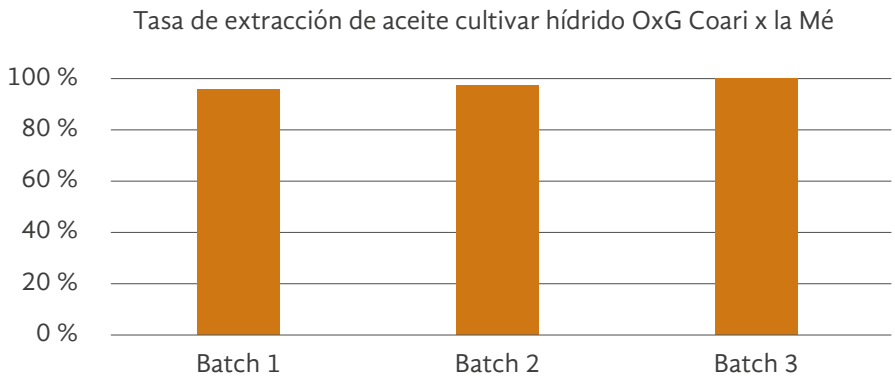


Figura 10. Tasa de extracción de aceite (TEA)



Referencias

Daza, E., Pardo, A., Urrego, N., Ayala, I., Ruíz-Romero, R. & Romero, H. M. (2016). *Evaluación del uso de hormonas sobre la formación de frutos partenocárpicos en el híbrido interespecífico OxG*. Póster XIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, Bogotá, Colombia.

Genty, P. & Ujueta, M. (2013). *Relatos sobre el híbrido interespecífico de palma de aceite OxG Coari x La Mé: esperanza para el trópico.* Bogotá: Fedepalma.

Millán, E., Ruíz, R. & Romero, H. (2017). *Criterios de cosecha en cultivares híbrido: características que evalúan el punto óptimo de cosecha en palma de aceite*. Guia de bolsillo. 35 p.

Peláez, E., Ramírez, D. & Cayón, G. (2010). Fisiología comparada de palmas africanas (*Elaeis guineensis* Jacq.), americana (*Elaeis oleifera* HBK. Cortés) en Hacienda La Cabaña. *Palmas, 31*(2), 29-38.

Forero, D., Hormaza, P., Moreno, L. & Ruiz, R. (2012). Generalidades sobre la morfología y fenología de la palma de aceite. Bogotá D. C., Colombia: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. 150 p.

Hormaza, P., Forero, D., Ruíz-Romero, R. & Romero H. M. (2011). Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).

Prada, F. & Romero, H. M. (2012). Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite. Bogotá: Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), Sistema Nacional de Aprendizaje (SENA), Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC).

Romero, H. M. (2018). Polinización artificial de híbridos OxG para la obtención de frutos partenocárpicos y la producción de aceite (*Elaeis oleifera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *El Palmicultor*, (558), 15-18.

Sinisterra, K., Caicedo, A., Castilla, C., Ceballos, D., Palacio, M., Cortés, I., Camperos, J., Ayala, I. & Mosquera-Montoya, M. (2019). Validación del punto óptimo de cosecha en el cultivar híbrido OxG Corpoica (Cereté x Deli y Cereté x Yagambi). *Ceniavances* 189.

Zambrano, J. (2018). *Evaluación de la aplicación de hormonas en la conformación de los racimos en el híbrido OxG.* Seminario Internacional: Alternativas de siembra con materiales tolerantes a la Pudrición del cogollo y su manejo (híbridos interespecíficos OxG y *E. guineensis*), Santo Domingo, Ecuador.

Relación de las demás presentaciones del Módulo 1. Retos y oportunidades para la palmicultura colombiana: híbridos OxG y su procesamiento

Other Presentations of Module 1. Challenges and Opportunities for Colombian Palm Cultivation: OxG Hybrids and their Processing

Ponencia

Experiencias en el procesamiento de RFF híbrido en Promotora Palmera

Ponente

Ingeniero Víctor Solano, Director Planta Promotora Palmera S. A. S.

Ponencia

Evaluación de la polinización artificial como complemento de la polinización asistida

Autores

Miguel Ángel Díaz Durán, Director Agronómico de Palmeras de Yarima S. A. S.

Jhon Wilmar Álvarez, Líder de Sanidad Vegetal de Palmeras de Yarima S. A. S.

Carlos Arturo Ochoa, Investigación y Desarrollo de Palmeras de Yarima S. A. S.

Ponencia

Experiencia en la administración de la polinización artificial con ANA. Palmasol S. A. S.

Ponente

Danny F. Ricardo Moreno, Administrador de Empresas Agropecuarias, Especialista en Gerencia Empresarial

Ponencia

Implementación del punto óptimo de cosecha en el cultivar híbrido OxG Corpoica El Mira (Cereté x Deli y Cereté x Yagambi)

Autores

David Ceballos, Profesional de Desarrollo de Negocios de Agrosavia
Kelly Sinisterra, Auxiliar de Investigación de Cenipalma
Carlos Castilla, Director del Centro de Investigación El Mira de Agrosavia
Jhonatan Camperos, Asistente de Investigación de Cenipalma
Ingrid Cortés, Auxiliar de Investigación de Cenipalma
Arley Caicedo, Auxiliar de Investigación de Agrosavia
Mauricio Mosquera-Montoya, Coordinador de la Unidad de Validación de Cenipalma

Ponencia

Aplicación de polen y ANA en antesis, ¿una solución para mejorar la formación de nuez dentro de la polinización artificial?

Autores

Rodrigo Ruiz-Romero, Investigador Titular de Cenipalma
Edison Daza, Asistente de Investigación de Cenipalma
Iván Ayala-Díaz, Líder en Fitomejoramiento de Cenipalma
Cristihian Bayona, Investigador Asociado de Cenipalma
Hernán M. Romero, Director de Investigación de Cenipalma

Masa que pasa al digestor, una metodología para la toma de decisiones gerenciales durante el procesamiento de fruto de palma de aceite

Mass Going to Digester, a Methodology for Managerial Decision-making during Palm Oil Fruit Processing

Citación: Ossa-Muñoz, M. A. (2021). Masa que pasa al digestor, una metodología para la toma de decisiones gerenciales durante el procesamiento de fruto de palma de aceite. *Palmas, 42*(1), 141-148.

Palabras clave: Potencial de aceite, Tasa de extracción de aceite, Planta de beneficio, Masa que pasa al digestor, Racimos.

Keywords: Oil potential, Oil extraction rate, Beneficiation plant, Mass going to digester, Bunches.

Ossa M. Mario A.
mmunoz@esc.com.co
Jefe de Procesos de Extractora del Sur de Casanare

Resumen

Masa que pasa al digestor (MPD) es una metodología de análisis y determinación de potenciales de aceite, que surge de la necesidad de las plantas de beneficio de cuantificar el aceite extraíble del fruto de palma de un proveedor específico, o una serie de ellos, y de saber cómo estos afectan la tasa de extracción de aceite (TEA) general de la planta, realizándolo de una manera económica, pero a la vez, confiable. Además, busca ayudar a identificar con base en los datos obtenidos de la composición del fruto, las causas de bajas extracciones, que permitan generar estrategias para alcanzar niveles más altos, evitando dichos errores a lo largo de los distintos eslabones del proceso, desde el campo hasta la planta de beneficio.

Abstract

Mass going to digester (MGD) is a methodology for the analysis and determination of oil potentials, which arises from the need of the mills to quantify the extractable oil from the palm fruit of a specific supplier, or a series of them, and to know how they affect the general Oil Extraction Rate (OER) of the mill, doing it in an economical way, but while it is reliable. In addition, it seeks to help to identify, based on the data obtained from the composition of the fruit, the causes of low extractions, which allow generating strategies to achieve higher extraction levels, avoiding said errors throughout the different links of the process, from the field to the mill.

Objetivos

Las intenciones detrás de la implementación de esta metodología son:

- Crear estrategias que permitan cerrar la brecha existente entre la TEA obtenida en la planta de beneficio y el promedio de la TEA nacional.
- Generar una herramienta que permita realizar negociaciones con base en el potencial real de aceite del fruto comprado.

Desarrollo

Como se ve en la Figura 1, sobre el histórico de extracciones de aceite, en ambas curvas (nacional y planta), a pesar de que la tendencia es ascendente, la brecha entre ambas se mantiene a lo largo de los años y esto se debe en gran parte a la calidad del fruto procesado.

Bajo el enfoque de incrementar la productividad en el siguiente eslabón de la cadena es indispensable aumentar el contenido de aceite en el fruto, pero ¿cómo evaluar su calidad y la eficiencia de los insumos utilizados en los primeros eslabones de la cadena? Se han desarrollado varias metodologías las cuales miden la cantidad de aceite en el fruto de un proveedor, algunos con resultados buenos, pero que a su vez tienen ciertos inconvenientes. Una de ellas es el análisis de racimos, esta es la más difundida y utilizada en el campo y en las plantas de beneficio actualmente, junto con su metodología alterna. Por otro lado, las plantas en sus inicios utilizaban la medición por vertederos con todas las limitaciones que este implicaba y, posteriormente, apareció su evolución a la tecnología conocida como M-PIA automatizada y NIR online, que pese a ser confiable y desempeñarse bastante bien, presenta unos costos muy elevados que en la mayoría de plantas de beneficio están por fuera del alcance.

La realidad en una planta de beneficio es la que se observa en la Figura 3, frutos con diferentes niveles de maduración y calidad en su conformación, que

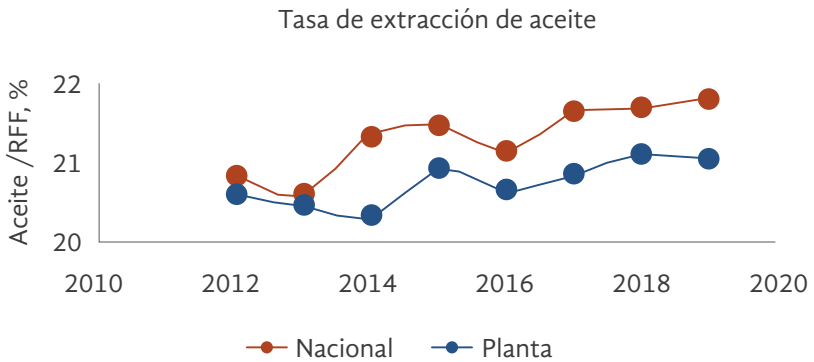


Figura 1. Histórico tasas de extracción de aceite

además entregan variadas cantidades de aceite cada una como se muestra en la Figura 2, por esto, en el caso del análisis de racimo se encuentran las siguientes debilidades:

- Alta demanda de recurso físico y personal.
- Poca precisión y exactitud.
- Tamaño de muestras muy pequeño (relacionan en total menos del 0,5 % del peso).
- Tiempos muy largos para obtener resultados, con más de dos días, puesto que es necesario hacer extracciones en el laboratorio.
- Falta de aleatoriedad en el análisis de racimo, esto es lo que no permite que sea evaluado el estado general de RFF, es decir, si tiene mayor cantidad de fruto verde o sobremaduro, este análisis no es capaz de determinar sus proporciones y por ende el error es alto.

Figura 2. Potencial de aceite según estado de madurez

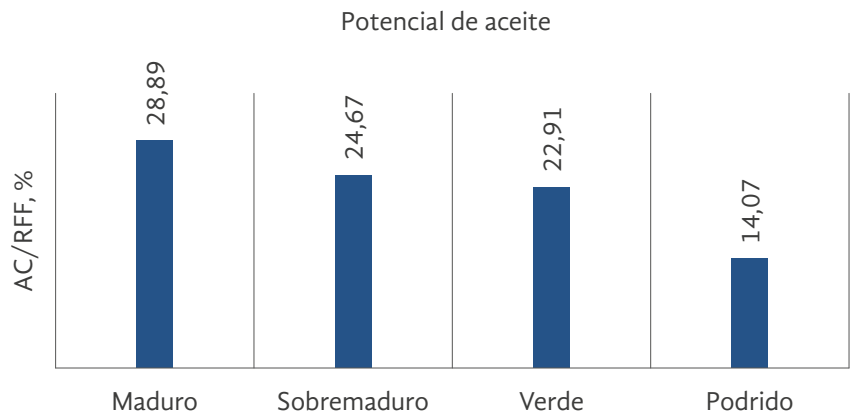
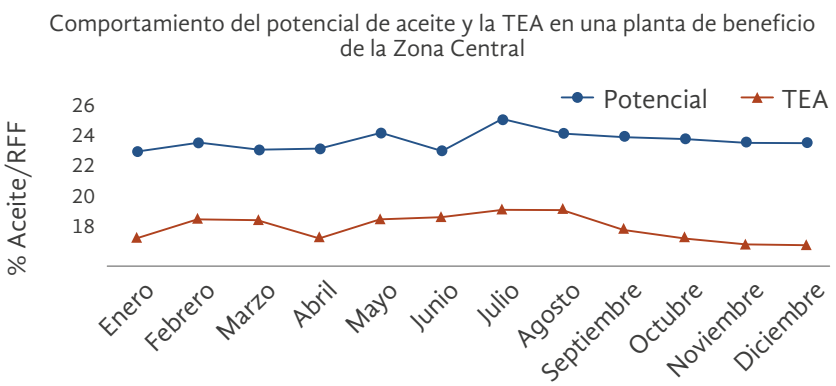


Figura 3. Estados de madurez de un viaje de fruto

Figura 4. Potencial (tradicional) vs. TEA real



Si se compara el comportamiento de los potenciales de aceite (tradicionales) y la TEA real en la planta de beneficio, podemos encontrar diferencias como las mostradas en la Figura 4. Este es un ejemplo de una planta de la Zona Central donde se encontraron diferencias de hasta 5 puntos sobre la TEA real, dicha diferencia tan amplia genera mucha incertidumbre y limita el poder de decisión en situaciones como pagos diferenciados a proveedores o costos para procesamiento por maquila.

Pero entonces, ¿qué es el MPD? Es la caracterización del fruto suelto esterilizado, tomado a la salida del tambor desfrutador, es decir, la masa llevada hacia los digestores. Esta metodología permite caracterizar a los proveedores por su potencial de aceite y determinar la incidencia de estos en la TEA total de la planta. La caracterización se hace a través de separar del MPD los frutos considerados normales, frutos partenocárpicos, frutos partenocárpicos no aceitosos o abortados y las impurezas, y determinar la extracción independiente de cada uno de los componentes (Figura 5).

Cronológicamente hablando, esta metodología es la más reciente que se ha desarrollado, además es muy confiable, lo que genera un punto de apoyo o partida para la toma de decisiones estratégicas en la planta de beneficio.

Dentro de las ventajas que se pueden encontrar, se tienen que:

- Es rápida, económica y factible porque los recursos para la implementación son bastante bajos.
- Es una metodología universal, lo cual quiere decir que puede ser utilizada tanto para frutos *E. guineensis* como para frutos híbridos.
- Tiene en cuenta todos los estados de madurez, esto se debe a que se hace un muestreo completo de todo el fruto.
- El tamaño mínimo para su análisis está definido por el de las vagonetas de la planta de beneficio.
- No se requiere hacer paradas para la determinación de sus resultados y tiene bastante precisión y exactitud.

Se tienen algunos modelos matemáticos para determinar el potencial de aceite, esta parte aún se encuentra en validación para fruto *E. guineensis* y está en modelación para híbridos.

La TEA de la planta es la relación entre aceite que trae el fruto y el peso de este, pero si a esta relación se le multiplica y divide por un mismo factor, esto no va a afectar su igualdad, de esta manera se puede separar la relación en dos componentes, aceite sobre MPD y MPD sobre RFF (Figura 6).

El aceite/MPD se debe determinar como el aceite que tiene la composición completa de fruto suelto, esto es, los frutos normales, los frutos partenocárpicos, los partenocárpicos no aceitosos y las impurezas. Por el lado de MPD/RFF se determina la pérdida de humedad en el racimo durante la esterilización y el peso total de la tusa de los racimos del ensayo, de esta manera al multiplicar los resultados de ambos componentes se obtiene el valor buscado de aceite sobre RFF o la TEA de los racimos del ensayo.

El proceso de análisis es el siguiente (Figura 7):

1. Se determina la humedad que pierden los racimos durante la esterilización. Para esto se toma una muestra de 10 racimos del viaje completo mediante el método del lazo y se pesan antes y después de la esterilización.
2. Durante el proceso de desfrutación se toma una muestra de MPD equivalente al 1 % del total del peso del fruto a analizar y se cuartea, de tal manera que al final se obtengan dos muestras de alrededor de un kilogramo cada una.
3. Simultáneamente con el paso 2, se debe retirar la tusa de la banda de evacuación para ser cuantificado su peso.
4. La muestra de fruto suelto se caracteriza y, a través de extracción Soxhlet, se determina el aceite total que poseen los componentes del fruto.

Una mejora que se implementó fue la instalación de toma de muestra de fruto suelto en forma de esclusa que permite que esta sea mucho más homogénea y representativa del fruto completo.

Como se puede ver en la Figura 8, la metodología puede tener varias aplicaciones como el seguimiento del contenido de aceite para diferentes proveedores

Figura 5. Componentes del MPD

Normales | Partenocárpicos | Partenocárpicos no aceitosos (abortados) | Impurezas

Figura 6. Determinación de TEA metodología MPD

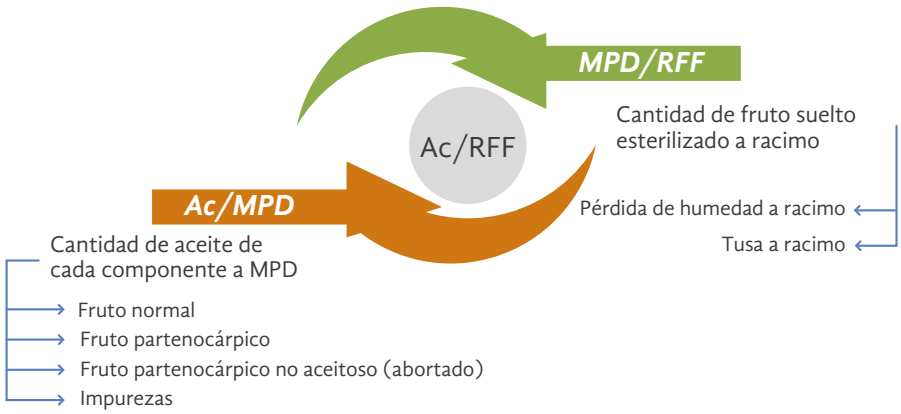


Figura 7. Procedimiento de análisis MPD

o, por ejemplo, dar explicación a una de las preguntas más comunes dentro de una planta de beneficio, ¿porque disminuyó la TEA? Esto puede darse por diferentes motivos: la edad, el tipo de cultivo, la variedad, sin embargo, este análisis nos sirve para tener un punto de apoyo adicional.

Este análisis también nos entrega información que puede ser muy valiosa en campo a través de tablas construidas con los resultados de diferentes ensayos (Tabla 1). Para determinar, por ejemplo, la eficiencia en el proceso de corte o de la polinización del fruto, entre otros.

Figura 8. Potenciales MPD vs. TEA real

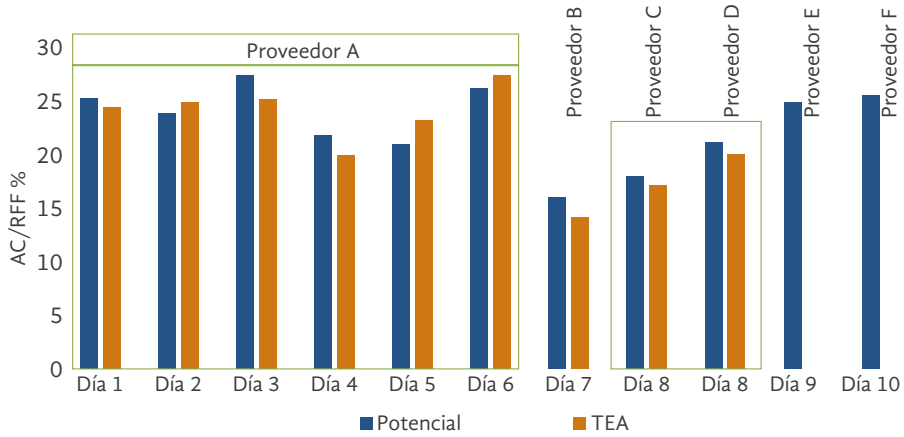


Tabla 1. Composición de MPD

Elaeis guineensis	MPD		
	Promedio	Min.	Máx.
Composiciones del fruto			
Aceite en mesocarpio fresco, % AMFform	55	44	63
Humedad en el mesocarpio, % HM	**25**	**20**	**35**
Mesocarpio en frutos, % MF	73	59	83
Cuesco en frutos, % CF	11	8	15
Almendra a frutos, % AF	10	6	15
Peso medio de frutos, g PMF	6	4	8
Aceite en frutos, %	40	30	51
Composiciones del racimo			
Fruit set, % FS	83	70	92
Fruto en racimo, % FR	57	45	65
Aceite en racimo, % AR	26	20	34

La variación entre el análisis de racimo y la TEA real obtenida en promedio es de 4,36 puntos porcentuales mientras que la diferencia entre MPD y la TEA real es 1,09 puntos porcentuales (Figura 9). Además, si se tienen en cuenta varias plantas de beneficio del país, la diferencia es de alrededor de 0,82 puntos porcentuales, esto es una mejora significativa y un punto de partida para que esta metodología sirva para desarrollar negociaciones basadas en los potenciales de aceite.

Haciendo un paralelo entre las metodologías, mientras el análisis de racimo genera subjetividad debido a la persona o al encargado de hacer el muestreo y selección de los racimos, el MPD presenta una muy baja subjetividad al tratarse del fruto completo, es mucho más rápida y flexible, además de barata. Mientras un análisis de racimo puede durar entre 1 y 2 días, un proceso completo de MPD puede tardar alrededor de 2 o 3 horas, siempre y cuando las ecua-

ciones que relacionan el contenido de agua y el del aceite en el mesocarpio estén validadas. Mientras una extracción se puede tomar entre 10 y 12 horas, un análisis de estos mediante ecuaciones matemáticas puede tomar entre 10 y 15 minutos. Las ecuaciones están siendo aplicadas y validadas para fruto *E. guineensis*, y para el híbrido se encuentra en modelos preliminares para su determinación.

Los datos mostrados en la Figura 10 son esencialmente algunos ejemplos de los recolectados comparativamente entre el aceite obtenido por Soxhlet y el modelo teórico apoyado en los modelos matemáticos. Se tiene un error promedio de alrededor de 4,23 %, lo que quiere decir que los datos son bastante confiables, considerando además el ahorro en tiempo que se puede obtener en este proceso.

Figura 9. Comparativo análisis de racimo, MPD y TEA real

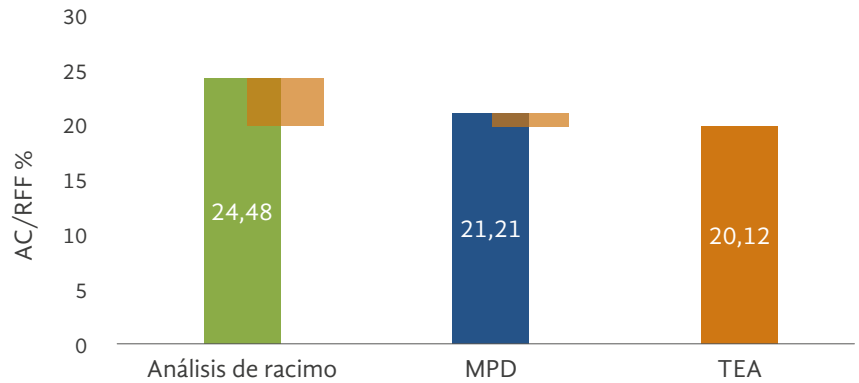


Figura 10. Extracción real vs. teórica

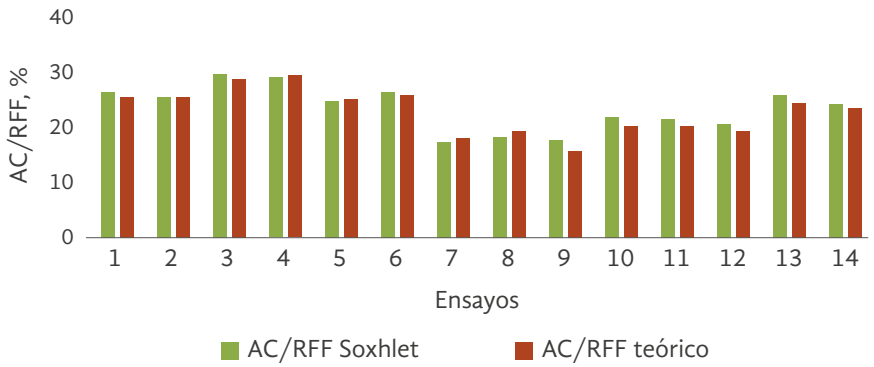


Tabla 2. Ecuaciones validadas fruto *E. guineensis*

Aceite en el mesocarpio de frutos normales	
$A_cMF_{fn} = 94{,}37 - 1{,}086H_{fn} - 0{,}144\frac{Fn}{MPD}$	$R^2 = 0{,}8976\ \ P_r < 0{,}0001$
Aceite en partenocárpicos no aceitosos	
$\frac{A_c}{f_{ab}} = 69{,}8237 - 0{,}8526\ H_{fab}$	$R^2 = 0{,}8859\ \ P_r < 0{,}0001$
Aceite en impurezas	
$\frac{A_c}{Imp} = 62{,}1533 - 0{,}9157H_{imp}$	$R^2 = 0{,}6908\ \ P_r < 0{,}0001$

Conclusiones

- Se logró registrar información confiable acorde con la variabilidad del proceso en relación con el fruto procesado, tanto para la planta de beneficio como para los proveedores.
- Tener en cuenta todos los estados de calidad de la cosecha el MPD sirve como una herramienta de negociación.
- Los modelos matemáticos bajarán los tiempos para obtención de resultados a solo minutos después de tomada la muestra.

Experiencia en el uso de tecnología TD-NRM en Unipalma S. A.

Experience in the Use of TD-NRM Technology in Unipalma S. A.

Citación: Sierra-Z., F. (2021). Experiencia en el uso de tecnología TD-NRM en Unipalma S. A. *Palmas, 42*(1), 149-157.

Palabras clave: Pérdidas de aceite, Resonancia magnética nuclear, Control de proceso, Eficiencia en plantas de beneficio.

Keywords: Oil losses, Nuclear magnetic resonance, Process control, Efficiency in palm oil mills.

Sierra Z. Wilder F.
Director de Planta Unipalma

Resumen

La determinación de contenido de aceite en fruto, almendra y todas las corrientes del proceso de extracción de aceite de palma son un indicador fundamental en las plantas de beneficio para medir la eficiencia de este. El método tradicional para medir contenido de aceite ha sido la extracción química por Soxhlet, sin embargo, la tecnología ha desarrollado nuevas técnicas que permiten obtener resultados en menor tiempo. Las más desarrolladas hasta el momento son la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR por sus siglas en inglés) y la resonancia magnética nuclear de dominio temporal (TD-NRM).

Unipalma S. A., en su búsqueda por tener procesos eficientes, optó por adquirir un equipo de resonancia magnética nuclear para realizar determinaciones de aceite, con esto logró tener un mejor control de las pérdidas del proceso, mayor cantidad de análisis por cada punto de muestreo y datos suficientes para toma de decisiones en corrientes del proceso como cambio de tornillos y de boquillas, reparación de prensa de tusa, entre otros. Adicional a esto, tener

contenidos de aceite en un minuto luego de secada la muestra, versus las ocho horas que dura el proceso Soxhlet, permite repetirla para asegurar la información y no depender de un nuevo análisis que tarda más de ocho horas. Los resultados evidencian que con esta metodología se logran correlaciones r^2 sobre 0,9, bastante estables entre muestras y hacen de esta tecnología una buena herramienta para las plantas de beneficio de aceite de palma.

Abstract

The determination of oil content in fruit, kernel and all the currents of the palm oil extraction process are a fundamental indicator in the mills to measure the efficiency of this. The traditional method for measuring oil content has been chemical extraction by Soxhlet. However, technology has developed new techniques that allow to obtain results in less time. The most developed so far are near infrared spectroscopy (NIR) and time domain nuclear magnetic resonance (TD-NRM). Unipalma S.A., in its search to have efficient processes, chose to acquire a nuclear magnetic resonance equipment to carry out oil determinations, with this it achieved better control of process losses, a greater amount of analysis for each sampling point and sufficient data for decision making in process streams such as screw change, nozzle change, empty fruit bunch press repair, among others. In addition to this, having oil content after drying the sample in 1 minute versus the 8 hours that the Soxhlet process lasts, allows repeatability of the samples to ensure the information and not depend on a new analysis that takes more than 8 hours. The results show that with this methodology r^2 correlations over 0.9 are achieved, quite stable between samples and make this technology a good tool for palm oil extraction mills.

Introducción

A nivel industrial, cada vez es más exigente cumplir con mejores rendimientos en los procesos, menores horas de paradas de planta y reducción de costos. Cada una de estas variables hace que un negocio sea más o menos rentable y cada una tiene un impacto diferente en los resultados de una compañía, pero todas tienen algo en común y es que van a determinar la eficiencia de negocio.

Es bien conocido en el gremio palmero que la eficiencia de las plantas de beneficio de aceite de palma siempre va a tener como factor fundamental, dentro de su razón de ser, cuánto aceite se pierde en el procesamiento de la materia prima. Independientemente de que esta tenga mayor o menor contendido de aceite o que se tengan diferentes materiales de fruto, la planta tiene como pilar fundamental perder la menor cantidad de aceite durante el proceso. Sin embargo, esta industria se enfrenta a un problema al realizar la determinación de las pérdidas, y es que, aunque la metodología tradicional para la determinación de contenido de aceite en muestras es bastante útil para realizar las mediciones en todas las corrientes del proceso, tanto líquidas como sólidas, tiene como falencia una variable sobre la cual no tenemos control: el tiempo.

Cuando las plantas de beneficio en Colombia empezaron a realizar análisis de laboratorio, se propuso tomar muestras acumulativas cada hora y estudiar por turno cada una de las corrientes de proceso (Bernal Castillo, 1988). Esta actividad resulta eficiente, en gran medida, porque los valores acumulativos pueden dar indicios de si un equipo está trabajando mal, lo que permite entrar a intervenir. Sin embargo, las metodologías no estaban estandarizadas para todas las zonas en el país y por ende los resultados no eran comparables. Más adelante se realizaron afinamien-

tos a las metodologías de los análisis de laboratorio y se observó que el impacto en los estados financieros de las empresas al reducir pérdidas de aceite era bastante atractivo (Garcia *et al*., 2000) y que estos podían empezar a ser una herramienta para la toma de decisiones en la actualización de un equipo.

Con más plantas aplicando las metodologías en Colombia, se logra ver el impacto económico que se genera al contar con un adecuado control en el proceso respecto a pérdidas de aceite y, además, se crean nuevas perspectivas de cómo debe realizarse el proceso y cómo se puede avanzar a nivel gremial para reducir mucho más las pérdidas de aceite en plantas de beneficio (Yáñez y García, 2004). Adicional a esto, se empieza a ver el negocio global y a tener en cuenta dichas pérdidas desde el cultivo y la cosecha, y cómo estas afectan la tasa de extracción (Acero, 2004). A nivel internacional, también hay algunas publicaciones que evidencian una fuerte preocupación por tener menores tasas de extracción, y una búsqueda por encontrar herramientas que permitan reducir las pérdidas de aceite desde el cultivo hasta la planta de beneficio (Walat y Bock, 2003) (Walat *et al*., 2013).

Todo lo anterior logró fomentar un desarrollo tecnológico en las plantas de beneficio, pues se incluyeron equipos más eficientes como las prensas de tusa, los fracturadores de racimos, lo decantadores de 3 fases, centrífugas de alta eficiencia, incluso hoy se fabrican equipos exclusivamente para reducir las pérdidas de aceite al máximo, como los procesos de reprensado de fibras (Subramaniam *et al*., 2013), entre muchos otros.

Sin embargo, aunque en la actualidad los laboratorios de las plantas de beneficio tienen equipos modernos, las metodologías para determinación de aceite siguen siendo las mismas, y es aquí donde se regresa a la variable "tiempo". La técnica más usada es la extracción por solvente mediante el uso de un sistema Soxhlet, y su proceso está muy bien descrito en el manual de laboratorio de Cenipalma (Cala *et al*., 2011). Este es bastante sencillo, pero tiene un inconveniente, y es que para determinar la cantidad de aceite de una muestra se puede tardar entre 6-10 o más horas, según el contenido de aceite que tenga la muestra. Unipalma S. A., buscando optimizar su proceso productivo y entendiendo que un correcto control de pérdidas de aceite es fundamental para hacer más eficiente su planta de beneficio, decidió buscar alternativas diferentes y tecnologías que permitieran tener resultados en menos tiempo y que fueran lo suficientemente confiables y repetibles para tomar decisiones.

Materiales y métodos

La primera parte del proceso de conversión a otro tipo de tecnologías era realizar una revisión bibliográfica del tema. Esta debía hacerse tanto nacional como internacional. Era importante buscar aliados que también estuvieran en búsqueda de nuevas tecnologías para realizar los ensayos o pruebas preliminares, como referencia se tenía la planta de Palmeiras Colombia y Biopalma, en Brasil, que estaban trabajando con un equipo de resonancia magnética nuclear. También se tenía como referente la planta de Agroince, en Colombia, que se encontraba en el desarrollo de un equipo con tecnología de espectroscopia de infrarrojo cercano.

Adicional a esto, se debía indagar en otros procesos productivos como soya, girasol y otras oleaginosas, y qué equipos se usaban para realizar análisis de materias primas, productos terminados y, los más importantes, para el control de procesos. Esto con el fin de establecer relaciones entre el procesamiento del fruto de palma con otros procesos y, de esta manera, evaluar la posibilidad de implementar estos equipos en las determinaciones de la planta de beneficio.

Resultados y discusión

Luego de la revisión bibliográfica respecto a equipos que realizan determinación de grasas y aceites, nos dimos cuenta que había poca información al respecto, pero que básicamente existían tres formas de determinar el contenido de aceite: Soxhlet, espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) y resonancia magnética nuclear de dominio temporal (TD-NMR).

Soxhlet

Aunque los equipos para extracción Soxhlet han avanzado mucho y se tienen cabinas especiales para

agilizar dicha acción, este sigue siendo un análisis que requiere de más de 6 horas para dar un resultado. Adicional a esto, los solventes que se utilizan para la determinación son algo costosos (si se utiliza grado analítico) e inflamables, lo cual es un riesgo. Su principio se basa en remover, mediante solventes, los aceites contenidos en las muestras. Para esto se hace recircular el solvente, el cual asciende por evaporación a un condensador y en este se reduce la temperatura pasando a estado líquido y enjuagando la muestra por goteo e inmersión. Este ciclo se repite varias veces hasta que no se presenta coloración en el solvente depositado en el Soxhlet o después de cierto tiempo, finalmente se recupera parte del solvente y se pone a evaporar las trazas en el horno por 30 minutos, o más, hasta obtener el aceite seco en el balón.

Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR)

Esta técnica analítica viene tomando fuerza a través de los años, ya que es bastante sencilla en operación y tiene múltiples usos tanto a nivel de proceso en línea como en laboratorios de muchas industrias. Su principio de funcionamiento se basa en la radiación absorbida por las moléculas, según una frecuencia determinada. Con este proceso se puede reconocer un compuesto y a su vez arrojar información de la concentración de la muestra. Como ventajas se tiene que puede identificar cuantitativa y cualitativamente un compuesto en una muestra, no requiere adecuación de la misma y es un método no destructivo. Adicional, no requiere uso de solventes y aporta información de varios tipos de análisis de la muestra. Como desventaja, necesita realizar curvas o estándar de calibración con un número de datos significativo de muestras, cuando las concentraciones son muy pequeñas no se pueden medir por este método (<100 ppm), además, requiere personal calificado para el mantenimiento e implementación. Para el gremio palmero se encontró que están en desarrollo varios equipos fabricados por BUCHI Labortechink AG (Ramírez, 2016).

Resonancia magnética nuclear de dominio temporal (TD-NMR)

Este es un método que se ha aplicado en otros procesos en los cuales se han tenido buenos resultados. Para el gremio palmero aplica un equipo desarrollado por Fine Instrument Technology (FIT) (Flores *et al.*, 2019). Su fundamento se basa en usar las propiedades magnéticas de los núcleos de las moléculas. El equipo emite una frecuencia y analiza la información de vibración de estas respecto al tiempo. La intensidad es utilizada para conocer el contenido de aceite y el decaimiento en el tiempo puede usarse para la determinación de ácidos grasos. Para este tipo de análisis existe el estándar ISO 10632:2000 para determinación de aceite y contenido de agua en residuos de oleaginosas, también esta la práctica recomendada por la Sociedad Americana de Químicos de Aceite (AOCS AK 3-94), la cual establece el procedimiento para determinación de aceite en semillas de leguminosas para soya, girasol y maní. Esta metodología tiene como ventaja que la calibración del equipo requiere pocas muestras, ya que es bastante estable, los resultados se dan en gramos de aceite y se tarda alrededor de un minuto, luego de colocar la muestra en el lector. Como desventaja se tiene que actualmente no hay sistemas de medición en línea, el equipo es sensible a los cambios de energía y requiere un tiempo de estabilización.

Tabla 1. Comparación entre los diferentes métodos para determinación de aceite en muestras

Tecnología	Tiempo para resultado	Uso de solventes	Análisis destructivo	Tiempo de calibración	Tiempo de implementación
Soxhlet	6-10 horas	Sí	Sí	N/A	N/A
NIR	1 minuto	No	No	Más de 3 meses	No definido
NMR	1 minuto	No	No	1 semana	Inmediato

NRM en Unipalma S. A.

Luego de realizar la revisión bibliográfica, se encontró que había dos caminos para escoger: tecnología NIR o NMR. Evaluando ventajas y desventajas de cada una de estas soluciones, el grupo técnico de Unipalma S. A. definió que los equipos NMR se ajustaban a la necesidad actual del proceso y podía empezar a implementarse inmediatamente, en comparación con la tecnología NIR que, aunque tiene un gran potencial, aún está en desarrollo y requiere un poco más de tiempo para su ejecución. Sin embargo, para el grupo surgían dudas sobre la operación, ya que normalmente los equipos tecnológicos requieren personal fuertemente calificado y necesitan de condiciones especiales para operar. Todas estas dudas fueron resueltas con el proveedor del equipo quien indicó que no requería personal especializado para su operación y las condiciones ambientales no eran diferentes a las que se tiene en el laboratorio actual. En la Tabla 1 se puede ver un resumen comparativo de las metodologías.

Comprado el equipo y recibido en la planta, los técnicos del proveedor en conjunto con personal de Unipalma S. A. realizaron las curvas de calibración, para esto se realiza una curva de aceite y se determina la intensidad con diferentes masas del mismo. Luego se utilizó como referencia la extracción de aceite con el método Soxhlet de diferentes muestras de las corrientes de proceso (fruto, fibra, efluente, tusa, condensados, nuez, almendra, etc.) con el fin de realizar cada una de las curvas de calibración del equipo, según la muestra. Para cada corriente de proceso se hicieron alrededor de 12 muestras por duplicado en el Soxhlet, este tiene como metodología, primero, tomar las intensidades del equipo y, luego, colocar la referencia que da la extracción Soxhlet, este proceso tardó una semana en Unipalma S. A.

Entrada en operación

El equipo trae un *software* para lectura de muestras, el cual debe instalarse en un computador, en Unipalma S. A. usamos un PC para uso exclusivo del equipo NMR. Para iniciar a operar luego de prenderlo, se debe esperar alrededor de seis horas para que el equipo se estabilice, este trae dos encendidos, uno de corriente eléctrica y otro que se usa al momento de realizar la medición. La recomendación del proveedor es tener una UPS y el equipo siempre encendido en modo espera. En Unipalma S. A. tuvimos problemas de energía por los cambios de planta (somos cogeneradores y autogeneradores), así que la recomendación es tener una UPS que no permita que el equipo se desestabilice, ya que estabilizarlo consume bastante tiempo.

Para el procesamiento de las muestras se debe realizar el mismo procedimiento del manual de laboratorio de Cenipalma en la parte de secado y cuarteamiento. En Unipalma S. A. este se realiza con horno microondas en ciclos de cuatro minutos de calentamiento y un minuto de enfriamiento, para fibras son entre tres y cuatro ciclos; para líquidos entre cinco y seis ciclos, y se va reduciendo la potencia del horno para evitar quemar la muestra.

El equipo trae unos tubos en vidrio para depositar las muestras y hacer las mediciones, se enciende el equipo en modo lectura y previo a cada muestra, se realiza una calibración con agua. En otro tubo se deposita la muestra seca y se realiza la lectura mediante el *software*, seleccionando el tipo de muestra que se requiere determinar. El resultado es expresado en gramos de aceite en un tiempo entre treinta segundos y un minuto, como se puede ver en la Figura 1. Es importante que el volumen de la muestra no supere la marca que trae cada tubo, ya que por debajo de esta se realizan las lecturas (Figura 2).

En el procedimiento anterior, teniendo en cuenta el secado de la muestra, no transcurre más de una hora, lo que hace que sea mucho más rápido que la determinación por Soxhlet y que se puedan realizar varias muestras y contramuestras sin problema para asegurar la veracidad de los datos.

Inicialmente tuvimos problemas en las determinaciones debido a que el equipo NMR marcaba menos aceite que la comparación con el Soxhlet, al realizar una revisión junto con los técnicos del proveedor del equipo, se revisó que las muestras tenían algo de humedad, así que se decidió secarlas aún más, fue de esta forma como se percató que el secado era de vital importancia para la determinación, pues cuando la muestra queda con algo de humedad, los valores que reporta el equipo pueden incrementar el porcentaje de error. En la Figura 3 se muestran las diferencias de aceite en muestra seca, en cada uno de los métodos.

Figura 1. Resultado de la determinación de aceite en equipo NMR

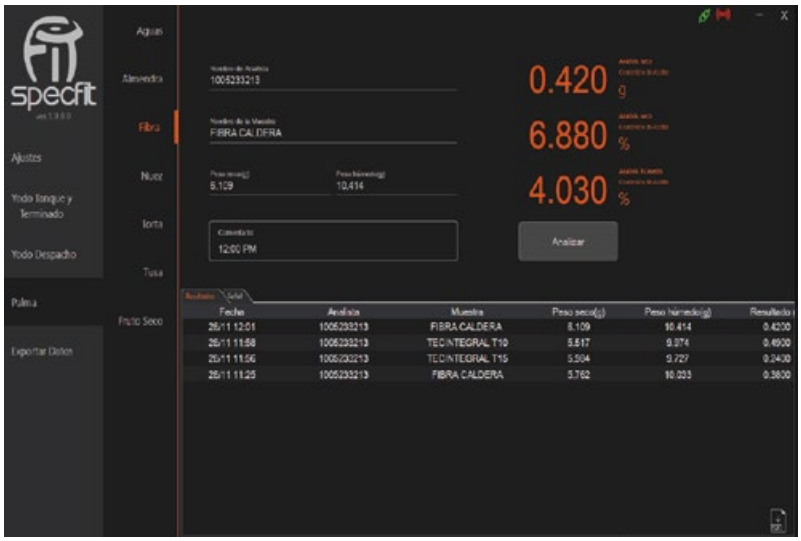


Figura 2. Tubo de ensayo con muestra para medición por NMR

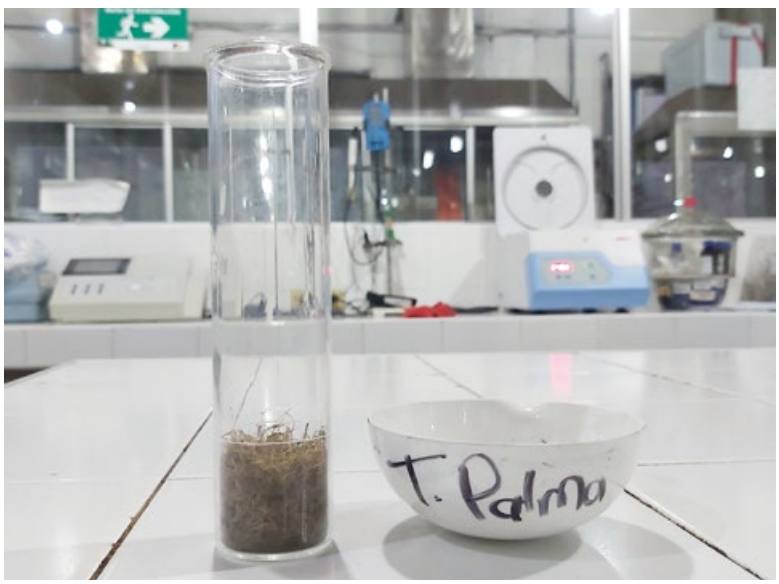
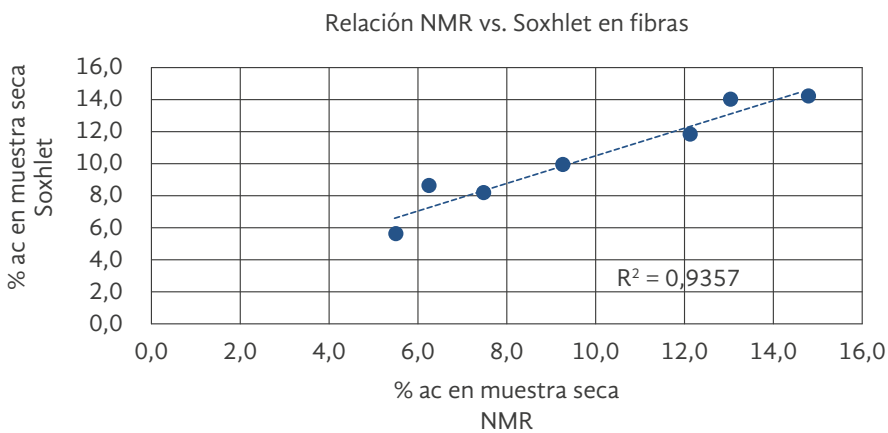


Figura 3. Comparación entre el método Soxhlet y el equipo NMR para muestra de fibras



La entrada del equipo en funcionamiento fue bastante sencilla para todos los analistas de laboratorio, y los datos al realizar la correlación con el método Soxhlet, luego de varios meses de operación, fueron estables. Inicialmente se realizaban pocos análisis por disponibilidad de personal, ya que el del laboratorio se encargaba de la recolección de muestras volumétricas, palmistería y calidad de productos, sin embargo, con el tiempo nos dimos cuenta que no se estaba explotando el potencial del equipo, así que se decidió, desde el mes de marzo, tener una persona por turno exclusivamente para el tema de pérdidas que determinara una muestra cada dos horas, y de esta manera poder tener un mejor control de nuestro proceso. Es así como, si se detecta algún incremento en pérdidas, se puede actuar inmediatamente ante el suceso o volver a muestrear para corroborar la información. En la Tabla 2 se puede ver el incremento en el número de análisis por mes.

Lo más importante de tener datos confiables es poder relacionar la información con otras variables para, de esta manera, buscar la solución o explicación a algunos comportamientos del proceso. En Unipalma S. A. se correlacionaron los resultados de pérdidas de aceite con los días de ciclo de cosecha antes y después de utilizar el equipo NMR. Como se puede ver en la Figura 4, antes del uso del equipo NMR las pérdidas en fibra se incrementaban al subir los días de ciclo de cosecha, sin embargo, luego del uso del equipo se mejoró el control en esta corriente del proceso, aun cuando los días de ciclo de cosecha estuvieron sobre valores históricos. Por otra parte, al evaluar las pérdidas en efluentes mostradas en la Figura 5 y contrastarlas con los días de ciclo, se puede ver que inicialmente hubo un incremento, el cual luego de unos días y de intervenciones en las centrífugas se corrigieron. En cuanto a los efluentes también se tuvo problemas de diferencias con los datos contrastados con el Soxhlet las primeras semanas, sin embargo, con un buen proceso de secado y mejoramiento de la curva se pudo adecuar. También se tuvo inconvenientes con los equipos en mayo y no se consiguieron algunos repuestos, lo cual inevitablemente incrementó las pérdidas en esta corriente, también motivada por los ciclos de cosecha más largos.

La disminución en pérdidas en Unipalma S. A. por la corriente de fibras fue de 0,2-0,3 % AC/RFF respecto a los datos que se tenían anteriormente esto, convertido en aceite, resulta una cantidad nada despreciable, la cual puede incrementarse al sumar las reducciones en las demás corrientes, lo que indica que la recuperación del costo del equipo se puede realizar en menos de un año, aunque esto dependerá de las pérdidas actuales reales que tenga cada planta y el control que se realice.

Finalmente, luego de tener estabilizadas las corrientes de proceso, el proveedor del equipo mencionó que adicional a los análisis de contenidos de aceite también se pueden realizar análisis de otro tipo, aprovechando las distintas variables que se generan, por esta razón, se está trabajando en elaborar curvas de índice de yodo y determinación de perfil lipídico, aunque están en desarrollo para el equipo de Unipalma S. A.

Tabla 2. Cantidad de análisis realizados por mes por NMR

Mes	Número de análisis realizados
Febrero	154
Marzo	503
Abril	413
Mayo	548
Junio	725
Julio	634
Agosto	233

Figura 4. Comparación de pérdidas de aceite en fibras con los días de ciclo de cosecha del fruto en Unipalma S. A.

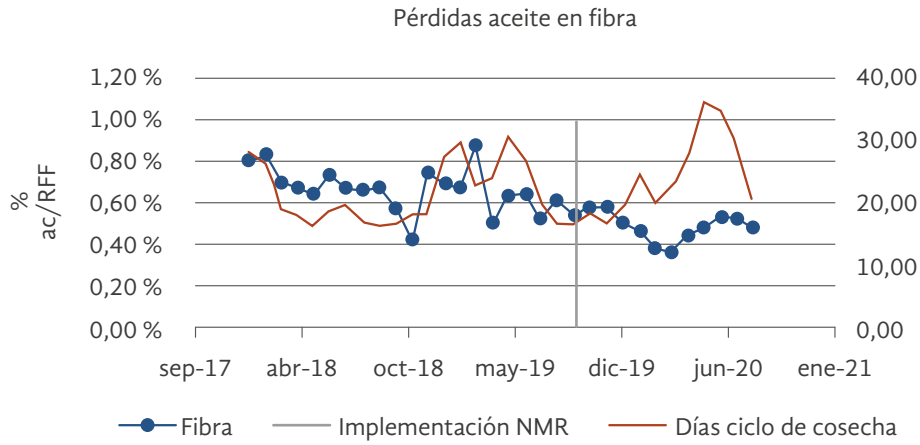
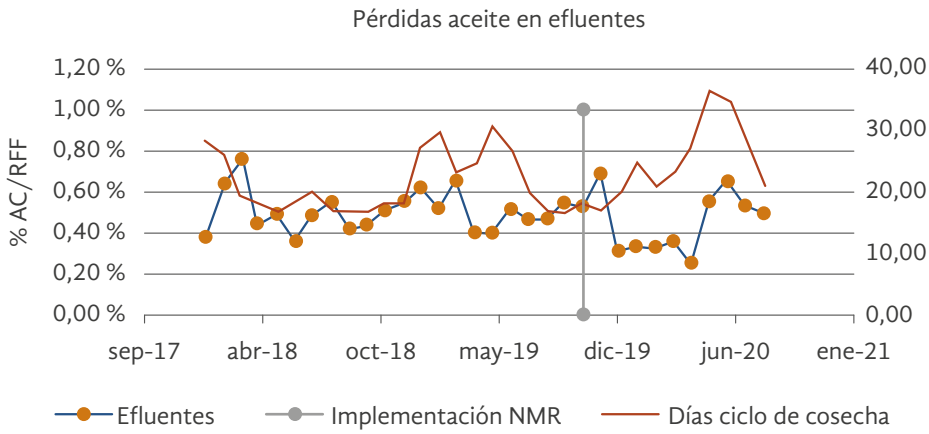


Figura 5. Comparación de pérdidas de aceite en efluentes con los días de ciclo de cosecha del fruto en Unipalma S. A.



Conclusiones

El uso de tecnología TD-NMR resultó ser una alternativa que permite tener un mejor control sobre las corrientes de proceso y determinar de forma oportuna la cantidad de aceite que se está perdiendo para tomar acciones. Esta metodología está aprobada para otros tipos de oleaginosas y resulta una opción importante para el gremio. Lo más interesante es que al utilizar nuevas tecnologías se mejoran los procesos y procedimientos actuales en las plantas de beneficio, reduciendo tiempos de análisis y obteniendo un sinergismo entre el laboratorio y el proceso.

Unipalma S. A. tuvo una experiencia satisfactoria en el uso del equipo TD-NMR y redujo el consumo de solventes, el riesgo de incendio en laboratorio e incrementó la cantidad de datos obtenidos por este en todas sus corrientes de proceso, tanto para aceite de palma como de palmiste.

Esta es una tecnología que va en evolución y no es una caja mágica, por lo cual debe realizarse seguimiento para sacar el mejor provecho.

Agradecimientos

Agradecemos a la gerencia de Unipalma S. A. por apoyar proyectos novedosos y tecnológicos, todo esto enfocado en la sostenibilidad y optimización del proceso.

Referencias

Acero, J. (2004). Mitos y realidades de pérdidas de aceite de palma en Colombia. *Palmas, 25*(Especial, tomo 2), 443-447.

Bernal Castillo, G. (1988). Control de extractoras: métodos de análisis de laboratorio y control rápido de producción. *Palmas*, 39-47.

Cala-A., S. L., Yáñez-A., E. E. & García-N., J. A. (2011). *Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio.* Bogota D.C.: Cenipalma.

Flores, D., Carvalho, A. S., Azevedo, S. P., Colnago, L. A. & Consalter, D. M. (2019). Uso de resonancia magnética en la investigación del potencial de aceite de frutas, su composición y pérdidas. *Palmas, 40*(Especial, tomo 2), 20-28.

García-N., J. A., Yáñez-A., E. E. & Rodríguez-C., N. (2000). Balance de pérdidas de aceite en plantas de beneficio de las zonas palmeras colombianas Norte y Central. *Palmas, 21*(Especial, tomo 1), 375-380.

Ramírez-López, L. (2016) ¿Cómo se hace posible el proceso de monitorización ultradetallada en la industria de la palma de aceite mediante espectroscopia infrarrojo cercano? *Palmas, 37*(Especial, tomo 2), 47-55.

Subramaniam, V., Menon, R., Sin, H. & Choo-Yuen, M. (2013). Recovery Sistem to Increase the Revenue of a Palm Oil Mill. *Oil Palm Research, 25*, 116-122.

Walat, O. & Bock, N. (2003). OER and Total Oil Losses. *Palm Oil Engineering Bulletin, 66*, 7-11.

Walat, O. & Bock, N. (2013). *Palm Oil Mill OER and Total Oil Losses 108*, 11-16.

Yáñez-A., E. E. & García, J. A. (2004). Reducción de pérdidas de aceite y almendra en planta de beneficio en Colombia. *Palmas, 25*(Especial, tomo 2), 448-456.

Relación de las demás presentaciones

Other Presentations

Módulo 2: Mejoras en planta de beneficio para incrementar calidad de aceite y sostenibilidad

Ponencia

Estrategia de mitigación de MOSH y MOAH en planta de beneficio

Ponente

William Arcesio Silva Imbachi, Dirección de Procesos Agroindustriales de Entrepalmas, S. A.

Ponencia

Cierre de brechas de potencial de aceite y TEA

Ponente

Maribel Romero De La Hoz, Aceites Manuelita S. A.

Ponencia

Análisis de desempeño de un nuevo concepto de planta de beneficio enmarcado en economía circular

Ponente

Juan Camilo Barrera Hernández

Auxiliar de Investigación Universidad de Wageningen, Cenipalma

Módulo 3. Eficiencia en la nutrición y manejo del agua en el cultivo de la palma de aceite

Ponencia

Comportamiento y mejoras productivas en cultivo establecido con mucuna en la plantación Santa Sofía, municipio de Puerto Gaitán, altillanura colombiana

Ponente

Rubén Darío Rodríguez, Director Agronómico de Palmas de Puerto Gaitán S. A. S.

Ponencia

Manejo integrado de los nutrientes para una producción sostenible

Ponente

Dumar Motta Valencia, Ingeniero Agrónomo.

Ponencia

Aumento del déficit hídrico como consecuencia del cambio climático y su efecto sobre la productividad en plantaciones de palma de aceite del Núcleo Palmaceite S. A.

Ponente

Favio Martínez Bonilla, Coordinación de Riesgos y Drenajes, Departamento Agronómico de Palmaceite S. A.

Ponencia

Indicadores de uso eficiente y administración del agua en plantaciones de palma de aceite

Ponente

Tulia Delgado, Investigadora Asistente de Cenipalma.

Módulo 4. Costos, mano de obra y administración de plantación

Ponencia

Experiencia en el registro digital de datos con la tecnología de CyberTracker en proveedores de Palmas del Cesar S. A.

Ponentes

Hernando Navarro, Coordinador Agronómico USP de Palmas del Cesar S. A.
Édgar Cepeda, Director USP de Palmas del Cesar S. A.

Ponencia

Imágenes georreferenciadas como apoyo en la toma de decisiones en el cultivo de palma de aceite. Caso Extractora El Roble S. A. S., Zona Norte colombiana

Ponente

Sergio Luis González Bello. Planeación y Desarrollo Agronómico, Departamento Agronómico Extractora El Roble S. A. S.

Ponencia

Costos variables de extracción de aceite en plantas de beneficio de la Zona Norte 2019

Ponentes

Ánderson Guerrero, Extensionista de Cenipalma
Héctor Muñoz, Director de Planta de Palmaceite S. A.*
Doris Obando, Directora de Planta de Extractora El Roble S. A. S.*
Javier Muñoz, Director de Planta de Aceites S. A.*
Edwin Marsiglia, Director de Planta de Padelma Ltda.*
Juan Gantiva, Jefe de Planta de Gradesa S. A.*
Wilson Gavito, Subgerente de Planta de Extractora Sicarare S. A. S.*
Edwin Reina, Jefe de Planta de Oleoflores S. A. S.*

* Miembros del Comité Asesor de Plantas de Beneficio de la Zona Norte

Ponencia

Polinización artificial en híbrido OxG ¿ANA sólido o ANA líquido?

Ponentes

Didier Fernando Ibagué, Director Agronómico de Palmares del Cucú
Nelson Valderrama Rodríguez, Coordinador Agronómico
Elkin Joaquín Álvarez Berrocal, Supervisor de Polinización

Ponencia

Implementación de la polinización artificial: evaluación económica en cultivo y planta extractora en cultivares Coari x La Mé en el Urabá (Colombia)

Ponentes

Elizabeth Ruiz Álvarez, Investigadora Asociada de Cenipalma
Edison Daza, Asistente de Investigación de Cenipalma
Kennyher Caballero, Auxiliar de Investigación de Cenipalma
Daniel Munévar, Auxiliar de Investigación de Cenipalma
Kelly Sinisterra, Auxiliar de Investigación de Cenipalma
Daniel López, Auxiliar de Investigación de Cenipalma
Mauricio Mosquera Montoya, Coordinador de la Unidad de Validación de Cenipalma

Módulo 5. Eficiencia en nutrición y manejo del agua en el cultivo

Ponencia

Experiencia con materiales de alta productividad tolerantes a la Pudrición del cogollo en la Zona Norte colombiana

Ponente

Adalberto Méndez González, Ingeniero Agrónomo, Magíster en Desarrollo Empresarial

Ponencia

Cómo enfrentar la Pudrición del cogollo y no morir en el intento

Ponente

Rafael Rey Picón, Ingeniero Agrónomo, Subgerente de Pravia S. A. S.

Ponencia

Estrategia regional de monitoreo y control de *Rhynchophorus palmarum* en la Zona Central palmera de Colombia

Ponente

Diana Yanneth Navarrete Girón, Coordinadora Regional de Manejo Fitosanitario ZC, Convenio Empresarial Zona Central

Ponencia

Configuración de parámetros de riesgo en cultivos de palma de aceite afectados por ML a partir de la caracterización de deficiencias foliares utilizando IMAs Machine & Deep Learning

Ponente

Alejandro Peña, Director del Grupo de Investigación en Inteligencia Computacional y Automática de la Universidad EIA

Ponencia

Identificación de *Trichoderma* sp. en cultivos de palma de aceite en el Urabá antioqueño, con potencial de antagonismo frente a hongos fitopatógenos

Ponentes

Karen Lorena Carmona Quintero, Coordinadora de Investigación y Desarrollo

Óscar Alejandro Castillo Reyes, Director Agronómico Bioplanta Palmera para el Desarrollo (BPD) S. A.

Módulo 6. Fortalecimiento de la asistencia técnica

Ponencia

Experiencia en la implementación del plan estratégico para la producción de palma sostenible en proveedores de Palmas del Cesar S. A., 2017-2023.

Ponentes

Liseth Quiñones Torres, Ingeniera Agrónoma de Palmas del Cesar S. A.

Édgar Cepeda, Ingeniero Agrónomo de Palmas del Cesar S. A.

Ponencia

Experiencias de trabajo en la implementación de estrategias de sostenibilidad

Ponente

Viviana Dueñas, Coordinadora de Procesos Transversales de Palmas del Cesar S. A.

Premiación a los mejores pósteres de investigación

Award for the Best Research Posters

Fedepalma

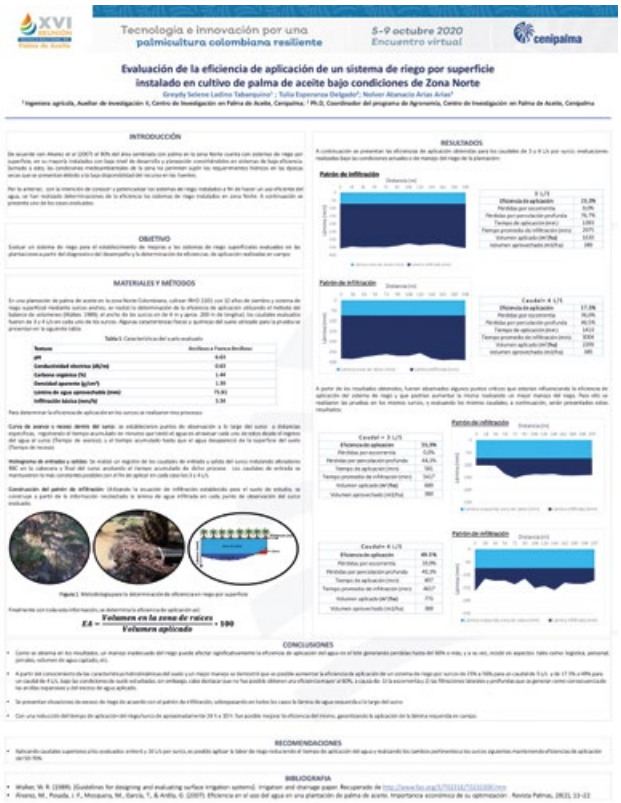
En el marco de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite 2020 se realizó la exposición virtual de pósteres elaborados por los programas de investigación y extensión de Cenipalma e investigadores externos, que presentaron avances y resultados de estudios sobre palma de aceite. Se recibieron en total 58 piezas gráficas de los programas de Agronomía, Biología, Plagas y Enfermedades, Extensión, Geomática, Procesamiento y Validación, entre otros temas.

Este año el jurado, que estuvo conformado por Argemiro Reyes, miembro honorario de la Junta Directiva de Fedepalma; Fernando Correa, miembro de la Junta Directiva de Cenipalma; Alexandre P. Cooman, Director General de Cenipalma; Jorge Alonso Beltrán, Director de Extensión; Eloína Mesa, Investigadora Asociada de Biometría; Julián Becerra, Coordinador Nacional de Manejo Sanitario; Elzbieta Bochno, Secretaria General; Hernán Mauricio Romero, Director de Investigación; Juan Carlos Vélez, Líder de Formación y Capacitación; Brillit Gañán, Responsable de Estrategias Didácticas; Lina Fernanda Loaiza, Gerente de Innovación y Desarrollo de Servicios; y Alcibiades Hinestroza, Líder de Promoción y Desarrollo de Asistencia Técnica, todos de Cenipalma; se dio a la tarea de encontrar el trabajo que tuviera un impacto en la investigación de palma de aceite y describiera los resultados alcanzados de una manera gráfica y clara. Fue así como se evaluaron los objetivos, la metodología para realizarlo, el procedimiento para la generación de datos, el título del póster y las razones para crearlo, entre otros aspectos. Quienes cumplieron los requisitos a cabalidad fueron los ganadores en cada una de las diferentes temáticas:

Agricultura de precisión y manejo del cultivo

Evaluación de la eficiencia de aplicación de un sistema de riego por superficie instalado en el cultivo de palma de aceite bajo condiciones de Zona Norte

Presentado por Greydy Selene Ladino Tabarquino, Tulia Esperanza Delgado y Nólver Atanacio Arias Arias.


Tecnología e innovación por una palmicultura colombiana resiliente

5-9 octubre 2020 Encuentro virtual

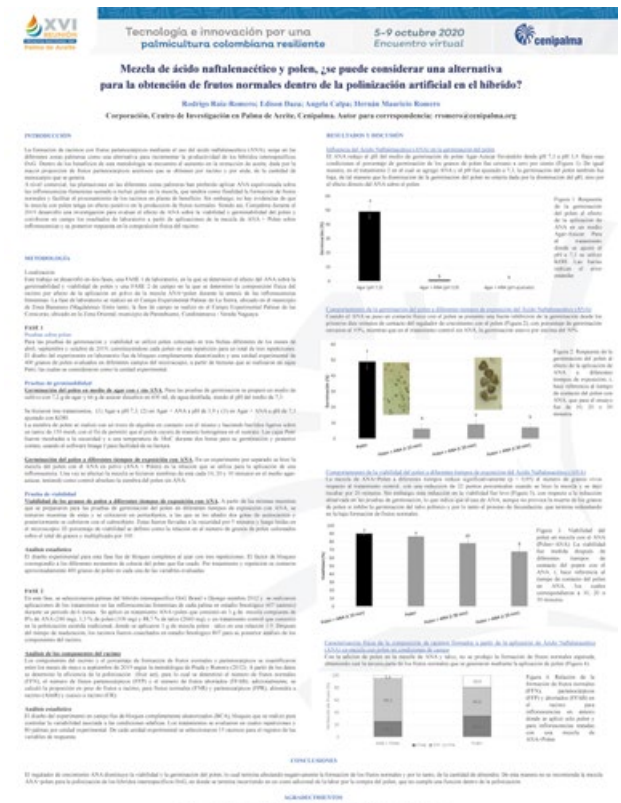
cenipalma

Evaluación de la eficiencia de aplicación de un sistema de riego por superficie instalado en cultivo de palma de aceite bajo condiciones de Zona Norte

Mejoramiento y problemáticas fitosanitarias de la palma de aceite

Mezcla de ácido naftalenacético y polen, ¿se puede considerar una alternativa para la obtención de frutos normales dentro de la polinización artificial en el híbrido?

Presentado por Rodrigo Ruiz-Romero, Edison Daza, Ángela Calpa y Hernán Mauricio Romero.


Tecnología e innovación por una palmicultura colombiana resiliente

5-9 octubre 2020 Encuentro virtual

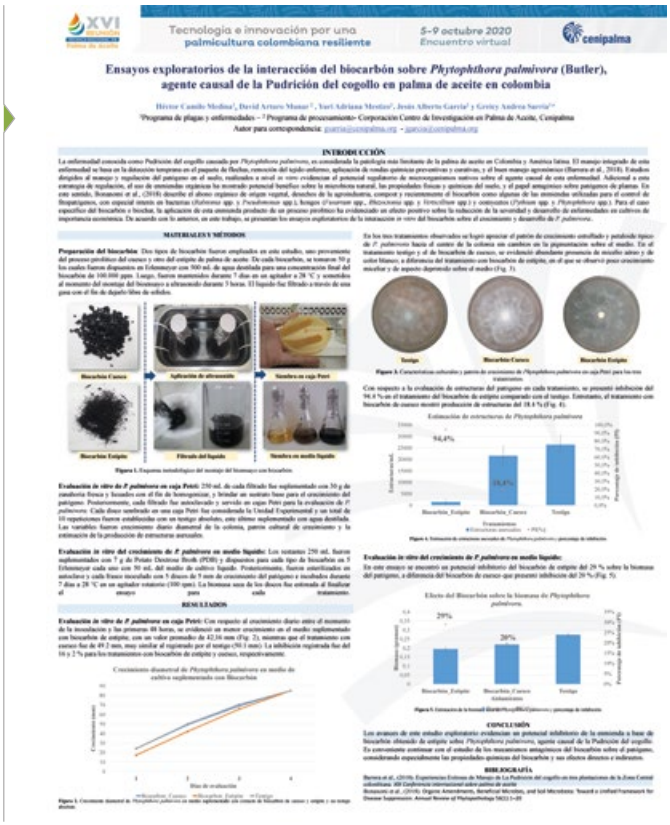
cenipalma

Mezcla de ácido naftalenacético y polen, ¿se puede considerar una alternativa para la obtención de frutos normales dentro de la polinización artificial en el híbrido?

Extensión de tecnologías agroindustriales, productos y servicios para los palmicultores

Ensayos exploratorios de la interacción del biocarbón sobre *Phytophthora palmivora* (Butler), agente causal de la Pudrición del cogollo en palma de aceite en Colombia

Presentado por Héctor Camilo Medina, David Arturo Munar, Yuri Adriana Mestizo, Jesús Alberto García y Greicy Andrea Sarria.


Tecnología e innovación por una palmicultura colombiana resiliente

5-9 octubre 2020 Encuentro virtual

cenipalma

Ensayos exploratorios de la interacción del biocarbón sobre *Phytophthora palmivora* (Butler), agente causal de la Pudrición del cogollo en palma de aceite en colombia

Escalamiento de tecnologías

Metodología para determinar el número de palmas requeridas para estimar producción

Presentado por Liseth Estefania Vargas M., Eloína Mesa Fuquen, Nubia Rairán Cortés, Rodrigo Ruiz Romero y Wilson Pérez Toro.

Tecnología e innovación por una palmicultura colombiana resiliente

5-9 octubre 2020 Encuentro virtual

cenipalma

Metodología para determinar el número de palmas requeridas para estimar producción (Avance)

Premio al Productor de Pequeña Escala con Mejor Productividad 2020

Award for the Small-Scale Producer with Best Productivity 2020

Enríquez C. Gabriel E.
Responsable de Extensión Zona Norte
Beltrán G. Jorge A.
Director de Extensión de Cenipalma

Se entregó el premio al Productor de Pequeña Escala con Mejor Productividad 2020 con la participación de 52 productores postulados pertenecientes a 27 Núcleos de las 4 zonas palmeras, lo cual genera satisfacción dada la importancia que reviste este reconocimiento para un grupo que representa el 85 % del total de proveedores de fruto de palma de aceite y se constituye, por lo tanto, en eje de desarrollo zonal.

Las condiciones para inscribirse al premio eran muy sencillas: ser catalogado como productor de pequeña escala con menos de 50 hectáreas sembradas, estar inscrito en el Registro Nacional Palmicultor, estar vinculado a un Núcleo, asociación u organización palmera como proveedor de racimos de fruta fresca (RFF) que certificara la producción de los últimos 3 años y, finalmente, enviar un video evidenciando la aplicación de mejores prácticas agrícolas.

Del total de productores inscritos, 19 eran de la Zona Norte, pertenecientes a los Núcleos Bioplanta Palmera para el Desarrollo BPD S. A., Extractora María La Baja S. A., Palmaceite S. A., Palmagro S. A., Oleoflores S. A. S., CI Tequendama S. A. S., Extractora El Roble S. A. S., Palmeras de la Costa S. A., y un productor de Agroince Ltda. De la Zona Central, 16 productores de los Núcleos Palmas del Cesar S. A., Palmicultores del Norte S. A. S., Palmeras de Puerto Wilches S. A., Extractora San Fernando S. A., Palma y Trabajo S. A. S., Extractora Catatumbo S. A.,

Agroince Ltda., Extractora Vizcaya S. A. S. y Palmas Oleaginosas de Bucarelia S. A. S. En Zona Oriental fueron 14 productores pertenecientes a Extractora Sur de Casanare S. A., Entrepalmas S. A. S., Manuelita Aceites y Energía, Oleaginosas San Marcos S. A., Hacienda La Cabaña S. A., Agropecuaria La Rivera Gaitán S. A. S., Palmeras Santana S. A. S., y un productor con una condición especial entre Inparme y La Cabaña. Por último, 3 productores de la Zona Suroccidental de los Núcleos Palmas de Tumaco S. A. S. y Extractora Santa Fe S. A. S.

El jurado fue integrado por Miguel Eduardo Sarmiento Gómez, Presidente de Junta Directiva de Cenipalma; José Ignacio Sanz Scovino, quien se desempeñó como Director General de Cenipalma entre los años 2007 al 2017; y Elzbieta Bochno Hernández, Secretaria General de Cenipalma, los cuales, por su trayectoria asumieron con especial cuidado la selección de los ganadores y fueron garantes de imparcialidad. Para la elección tuvieron en cuenta la tendencia de la producción y, en los videos de postulación, observaron detenidamente la adopción de mejores prácticas agrícolas en su cultivo y que el productor fuera, en persona, quien demostrara la adopción de tecnología y competencias de liderazgo. Esto explica, por ejemplo, el segundo lugar de Zona Oriental.

Ganadores

El 9 de octubre, día de la clausura de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite se dieron a conocer los ganadores que se describen a continuación:

Primer puesto

Nombre productor	Zona	Núcleo	Área de cultivo (ha)	Productividad APC (t/ha)
Luis Enrique Mosquera Quinto	Norte	Bioplanta Palmera para el Desarrollo, BPD S. A.	5 hectáreas Chigorodó, Antioquia	8,1 t/APC/ha
Henry Córdoba Carvajal	Central	Palmas del Cesar S. A.	15 hectáreas Sabana de Torres, Santander	8,3 t/APC/ha
Rafael Ernesto Vargas Pérez	Oriental	Extractora Sur del Casanare S. A. S.	24 hectáreas Villanueva, Casanare	3,8 t/APC/ha
Félix Hipólito Anchico	Suroccidental	Extractora Santa Fe S. A. S.	8 hectáreas Tumaco, Nariño	5,5 t/APC/ha

Segundo puesto

Nombre productor	Zona	Núcleo	Área de cultivo (ha)	Productividad ACP (t/ha)
Justo Salina Parra	Norte	Extractora María La Baja S. A.	7,8 hectáreas María La Baja, Bolívar	7 t/APC/ha
Antonio María Ortiz Avendaño	Central	Palmicultores del Norte S. A. S.	8,5 hectáreas Tibú, Norte de Santander	7,5 t/APC/ha
Cesar Augusto Gualteros Hernández	Oriental	Entrepalmas S. A. S.	37 hectáreas San Martín, Meta	5,8 t/APC/ha
Santos Cirilo Banguera Ortiz	Suroccidental	Palmas de Tumaco S. A.	30 hectáreas Tumaco, Nariño	6 t/APC/ha

Premios

Monómeros Colombo Venezolanos S. A., bajo la dirección de Gustavo Sol, Gerente General, fue el patrocinador oficial del premio con la entrega de 12 toneladas de fertilizantes en premios para las 4 zonas palmeras; 2 toneladas para los ganadores y 1 tonelada para los segundos lugares.

Por su parte, Lina Loaiza, Gerente de Innovación y Desarrollo de Tecnopalma, apoyó el premio para los primeros lugares con un kilogramo de ácido naftalenacético ANA para la polinización artificial en híbrido OxG, que también se ha comprobado que funciona en la formación de frutos *E. guineensis*, un análisis foliar más un análisis de suelos y, para los segundos lugares, un análisis foliar.

La Dirección de Asuntos Institucionales de Fedepalma con su Director, Juan Fernando Lezaca, les otorgó a los ganadores de la primera versión 2019, de manera retroactiva, y a los cuatro ganadores de la versión 2020, la cuota de afiliación y sostenimiento por un año para que disfruten de los beneficios de ser afiliado a la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma.

Agradecimientos

Agradecemos a los productores postulados y los invitamos a seguir participando; esperamos ampliar el alcance para premiar no solo a pequeños, sino también a medianos y grandes productores; a los Núcleos Palmeros, a nuestro patrocinador oficial Monómeros, a Tecnopalma, a la Dirección de Asuntos Institucionales y la Oficina de Comunicaciones de la Federación. De igual forma, al equipo de extensión en las zonas palmeras y, en especial, a Myriam Deisi Barahona, Secretaria de Extensión, por el gran apoyo no solo en las actividades del premio sino también en la organización de la Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite.

Resumen y conclusiones de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Overview and Concluding on the XVI National Technical Meeting in Oil Palm

Beltrán G. Jorge A.
Director de Extensión de Cenipalma

La XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite (RTN) realizada esta vez de manera virtual, durante la semana del 5 al 9 de octubre, se desarrolló en 6 módulos que evidenciaron que muchas de las prácticas y tecnologías expuestas contribuyen efectivamente a una actividad más sostenible.

En esta ocasión, el lema que identificó el encuentro "Tecnología e innovación para una palmicultura resiliente" reunió los factores de los que dependerá que el gremio salga fortalecido de la serie de pruebas que hoy enfrenta. La resiliencia es un proceso de competitividad enmarcado en la necesidad de adaptarse a situaciones adversas. Por eso, ningún lema pudo ser el más apropiado para congregar en un momento en el que, a los usuales retos fitosanitarios de productividad, se suman los derivados de la pandemia ocasionada por el COVID-19. Durante la Reunión, se presentaron 38 conferencias a 660 asistentes entre participantes, conferencistas, invitados especiales, expositores y funcionarios de Fedepalma y Cenipalma. Se destacó la participación de 48 de los 69 Núcleos Palmeros, equivalente al 70 % del total.

Agenda académica

El encuentro fue instalado por el Presidente Ejecutivo de Fedepalma, Jens Mesa Dishington, quien realizó un análisis a fondo sobre los retos y oportunidades de

la agroindustria de la palma de aceite en Colombia, y clausurado por el Director General de Cenipalma, Alexandre Patrick Cooman.

Así mismo, se abordaron con profundidad seis módulos cruciales para el sector: 1. Retos y oportunidades para la palmicultura colombiana: híbrido OxG y su procesamiento; 2. Eficiencia en la nutrición y manejo del agua en el cultivo de la palma de aceite; 3. Manejo fitosanitario de la palma, un propósito sectorial; 4. Mejoras en plantas de beneficio para incrementar calidad de aceite y sostenibilidad; 5. Eficiencia: costos, mano de obra y administración de plantación; 6. Fortalecimiento de la asistencia técnica para la implementación de las mejores prácticas agrícolas (MPA) e incrementar la productividad de aceite de palma sostenible.

La Figura 1 indica el número de presentaciones por módulo, siendo el híbrido OxG el de más ponencias con el 26 %. Cabe destacar que las zonas aportaron 24 de las 37 presentaciones, siendo el 60 % del total. Las zonas Oriental y Central participaron con 8 trabajos, seguidas por la Norte con 5 y la Suroccidental con 2. Por su parte, los investigadores de Cenipalma expusieron 8 trabajos. Así mismo, 8 fueron las charlas magistrales. Se destacan las presentaciones de las plantaciones y plantas de beneficio, las cuales tuvieron un proceso de selección por los Comités Asesores Regionales en cada zona palmera. En total, el módulo 1 contó con 10 presentaciones (26 %), los módulos 2, 3, 4 y 5, cada uno con 6 presentaciones (18 %), y el módulo 6 con 4 (10 %).

Premiación a pósteres y al productor de pequeña escala

Se tuvieron en total 58 pósteres de investigación y extensión. En la Figura 2 se puede apreciar el número por módulo y zona palmera, correspondiendo a la Zona Central el 43 %; Oriental, 24 %; Norte, 17 %; Suroccidental, 7 %; y de carácter nacional, 9 %.

Figura 1. Número de presentaciones por módulo y participación por zona palmera

Además, por segunda ocasión consecutiva se entregó el Premio al Productor de Pequeña Escala con Mejor Productividad 2020, dentro de medio centenar de inscritos, el doble del año anterior, lo cual satisface dada la importancia que reviste este reconocimiento para un grupo de productores que representa el 85 % del total de proveedores de fruto de palma de aceite y se constituye, por lo tanto, en eje de desarrollo zonal.

Reconocimiento a conferencistas

Fueron galardonados los conferencistas con las mejores presentaciones. El primer puesto fue para Didier Fernando Ibagué Rodríguez, de Palmeras del Cucú S. A. S. con el trabajo Polinización artificial en híbrido OxG ¿ANA líquido o ANA sólido? El primer puesto como debutante en la RTN fue para Andrés Niño Estupiñán de Extractora Monterrey S. A. con la presentación Polinización, criterios de cosecha y procesamiento del híbrido OxG. El primer y segundo puesto para plantas de beneficio correspondió a Wilder Fabián Sierra Zarabanda y Mario Alberto Ossa de Unipalma S. A., y Extractora Sur del Casanare S. A. S. con las presentaciones Experiencias en el uso de tecnología TD-NRM en Unipalma S. A. y Masa que Pasa al Digestor (MPD), una metodología para la toma de decisiones gerenciales durante el procesamiento de fruto, respectivamente. El primer, segundo y tercer puesto en trabajos de cultivo fueron para Iván Erick Ochoa Cadavid, Danny Fabricio Ricardo Moreno y Jorge Eduardo Corredor Mejía de Unipalma S. A., Palmasol S. A. S. y Palmeiras Colombia S. A. con los trabajos: Contribución al diseño de racimos con ácido α-naftalenacético (ANA), regulador de crecimiento tipo auxina; Experiencias en la administración de la polinización con ANA Palmasol S. A. S. y Diseño de fruta con el uso estratégico de ANA, respectivamente.

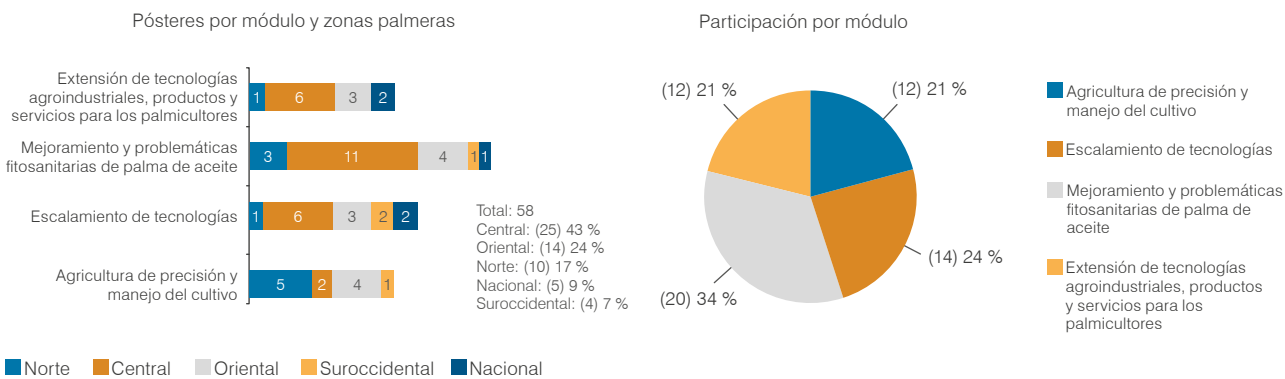
Expopalma

Como en anteriores versiones, se contó con Expopalma, un espacio, esta vez virtual, organizado para atender las necesidades de la agroindustria, a través de la interacción entre los clientes y los promotores de marcas, productos y servicios destinados al mercado palmicultor. Se presentaron 24 estands comerciales, de los cuales 12 realizaron charlas enfocadas en plantas de beneficio (34 %), Tecnopalma (24 %), fertilizantes (17 %), sostenibilidad, maquinaria y temas financieros (8 %, cada uno).

Conclusiones generales

- La XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite realizada de manera virtual responde a cómo nos hemos adaptado a una nueva realidad, que si bien plantea el reto de cuidarnos los unos a los otros, ha permitido optimizar el uso de las tecnologías y la conectividad, y demostrar que cuando existe el interés, es posible encontrar la manera de estar vinculados activa y colectivamente.

Figura 2. Número de pósteres por módulo y participación por zona palmera



- Las experiencias vividas y socializadas por las plantaciones y plantas de beneficio de todas las zonas palmeras, junto con los resultados de las investigaciones de Cenipalma, permiten lograr una agroindustria competitiva y sostenible.
- El Premio al Productor de Pequeña Escala con Mejor Productividad 2020 es una fuente de orgullo para el sector, ya que exalta el esfuerzo de aquellos productores que adoptan las tecnologías para seguir siendo rentables y sostenibles, siempre en la búsqueda de mejor calidad de vida. Se establecerán nuevas categorías a los emprendedores de mediana y gran escala en los siguientes años.
- La palmicultura colombiana es una ciudadana del mundo con indicadores y resultados de talla mundial, con la capacidad de adaptarse a situaciones adversas porque es resiliente.

Reconocimientos especiales

- Coordinación: Gabriel Esteban Enríquez C.
- Presentadores: Elzbieta Bochno, Lisanyer García y Alberto Vidal en Expopalma.
- Moderadores: José María Obregón, María del Pilar Pedreira, Miguel Sarmiento, Alberto Mario Lacouture, Juan Carlos Lara, Consuelo Velasco y James Cock.
- Relatores: Diego Fernando Díaz, Carlos Alberto Fernández, Óscar Alejandro Castillo, Héctor Muñoz, Jesús David Romo, Juan Guillermo Pabón y Miguel Ángel Díaz.
- Evaluadores del premio al productor: Miguel Sarmiento, José Ignacio Sanz, Elzbieta Bochno.
- Equipo evaluador de presentaciones: Eloína Mesa, Víctor Rincón, Iván M. Ayala D., Rodrigo Ruíz Romero, César Augusto Díaz R., Edison Steve Daza, Kennyher Caballero, Ingrid Liliana Cortés B., David Arturo Munar F., Diana Chaparro Triana, Diego Luis Molina L., Tulia Esperanza Delgado R., Álvaro Hernán Rincón N., Mauricio Mosquera, Elizabeth Ruiz A., Nubia de los Ángeles Rairán C., José Julián Monroy R., Julián Fernando Becerra E., Greicy Andrea Sarria V., Rosa Cecilia Aldana, Luis Guillermo Montes B., Nolver Atanacio Arias A.
- Evaluadores de pósteres: Argemiro Reyes, Fernando Correa, Jorge Alonso Beltrán, Eloína Mesa, Julián Becerra, Elzbieta Bochno, Hernán Mauricio Romero, Fernando Correa, Alexandre Cooman, Juan Carlos Vélez, Brillit Gañán, Lina Fernanda Loaiza, Alcibiades Hinestroza.
- Oficina de Eventos: María Carolina Guzmán y Patricia Parrado.
- Oficina de TI: Mario Gómez y Sammy Maestre.
- Personal de comunicaciones y prensa: Carolina Gómez, Lourdes Molina, Esteban Mantilla y Yolanda Moreno.
- Equipo de Extensión de las zonas palmeras.
- Comités Asesores regionales agronómico y de plantas de beneficio.

EXPOPALMA

Información de expositores

Patrocinador Esmeralda

Metalteco

Dirección: kilómetro 6, vía Bucaramanga-Girón.
Bucaramanga, Colombia
Teléfono: +57 (7) 646 9411
Contacto comercial: Édgar Augusto Marín
Cel.: 318 680 1717
Página web: www.metalteco.com
Correo electrónico: contacto@metalteco.com
Facebook: metalteco
LinkedIn: metalteco
Instagram: @metalteco
Actividad de la empresa: con más de 30 años de experiencia en la industria de los grandes proyectos, Metalteco se ha consolidado como una de las empresas más importantes en Colombia y Latinoamérica. A través de los años ha desarrollado múltiples plantas completas para extracción de aceite de palma, producción de alimentos concentrados, mecanización de puertos y manejo y secado de cereales.

Patrocinadores Oro

Acepalma

Dirección: calle 90 # 19-41, of. 303-304.
Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 (1) 317 1387
Página web: www.acepalma.com
Actividad de la empresa: comercialización nacional e internacional de productos y servicios dentro del ecosistema de la palma de aceite y de palmiste.

Monómeros S. A.

Dirección: vía 40, Las Flores. Barranquilla, Colombia
Teléfono: +57 (5) 361 8212
Contacto comercial: William Peña
Cel.: 310 729 3440
Página web: www.monomeros.com
Facebook: Monomerossa
Actividad de la empresa: es la compañía líder que ofrece productos y soluciones para impulsar el desarrollo del sector agropecuario y la agroindustria de Colombia. Monómeros tiene la capacidad de atender la demanda de fertilizantes, fosfatos de calcio para la nutrición animal y productos químicos para el mercado nacional, desde sus dos complejos industriales ubicados estratégicamente en las ciudades portuarias más importantes del país: Barranquilla y Buenaventura.

Yara Colombia S. A.

Dirección: carrera 11 # 94 A-34, piso 3, edificio LG. Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 (1) 744 1470
Contacto comercial: Didier Casallas
Cel.: 320 543 7144
Página web: www.yara.com.co
Facebook: Yara Colombia
LinkedIn: Yara Latino América
Instagram: @yaracolombia
Actividad de la empresa: genera conocimiento para alimentar al mundo de manera responsable y proteger al planeta. Apoyando su visión de un planeta sin hambre, sigue una estrategia de crecimiento de valor sostenible al promover soluciones de nutrición de cultivos amigables con el medio ambiente y de alto rendimiento, para la comunidad agrícola y la industria alimentaria mundial.

Patrocinadores Plata

Co2Cero

Dirección: carrera 45 A # 104 B-16. Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 (1) 604 7279
Nombre Gerente: Mauricio Rodríguez Castro
Contacto comercial: Federico López
WhatsApp contacto comercial: 313 817 0330
Página web: https://co2cero.co/
Facebook: @CO2CERO
LinkedIn: @CO2CERO
Instagram: @CO2CERO
Actividad de la empresa: lidera acciones innovadoras frente al cambio climático, generando proyectos y servicios para el beneficio de sus aliados que impactan positivamente al planeta, al mantener un modelo de negocio rentable, sostenible y replicable.

Tecnopalma

Dirección: calle 21 # 42-55
Teléfono: +57 (1) 208 8660, exts.: 3000-3001
Nombre Gerente: Lina Fernanda Loaiza Gómez
Contacto comercial: Ricardo Alexander Muñoz Serrano
WhatsApp contacto comercial: 315 588 3850
Página web: https://www.cenipalma.org/tecnopalma/
Facebook: Fedepalma
LinkedIn: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma
Instagram: Fedepalmaorg
Actividad de la empresa: fomenta la oferta tecnológica a partir de la entrega de productos y servicios que atiendan los retos de una palmicultura sostenible y productiva, lo que permite fortalecer el bienestar de familias, trabajadores y comunidades.

Patrocinadores Bronce

Control Unión Colombia S. A. S.

Dirección: calle 84 A # 12-18, of. 306. Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 (1) 696 0191
Gerente: Coen Esser
Contacto comercial: Franklin Suarez.
Cel.: 310 562 4698
Ignacio Falcone
Cel.: 315 870 8519
Página web: www.petersoncontrolunion.com
LinkedIn: control-union
Actividad de la empresa: es un ente certificador independiente que opera a nivel mundial. Inspecciona y emite certificados aceptados por la gran mayoría de países. Amplio rango de programas.

Bonanza Proyectos y Negocios S. A. S.

Dirección: carrera 18 # 36-50, of. 802.
Bucaramanga, Colombia
Teléfono: +57 313 337 9455
Gerente: César Augusto Gómez
Contacto comercial: César Augusto Gómez.
Cel.: 313 337 9455
María del Pilar Castillo
Cel.: 313 482 0803
Página web: www.bonanza.com.co
Facebook: Bonanza-Proyectos-Y-Negocios-127015305541021
LinkedIn: bonanza-proyectos-y-negocios-sas
Actividad de la empresa: ejecutores de proyectos de plantas agroindustriales y energías renovables, desde su concepción como idea en el tablero de sala de juntas, hasta el levantamiento del acta de entrega de la planta en operación.

Industrias Acuña Ltda.

Dirección: calle 22 # 11-61.
Bucaramanga, Colombia
Teléfono: +57 (7) 671 8898-671 5237
E-mail: gerencia@inal.com.co - info@inal.com.co - comercialpalma@inal.com.co
Página web: www.inal.com.co
Gerente: Ángel Custodio Acuña Llanes
Contacto comercial: Ricardo Calderón
Cel.: 314 479 8000
Facebook: /Industrias Acuña Ltda
LinkedIn: /Industrias Acuña Ltda
Actividad de la empresa: compañía metalmecánica y de ingeniería con experiencia en el diseño, fabricación, montaje y mantenimiento de equipos, piezas, máquinas y plantas industriales para la extracción de aceite de palma y de palmiste, así como en tecnologías de esterilización (esterilización dinámica: tecnología avatar), clarificación y aprovechamiento de biomasa residual.

Expositores

Banco Agrario

Dirección: carrera 8 # 15-43, piso 11.
Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 (1) 594 8500
Contacto comercial: Sandra Milena Hernández Barajas. Cel.: 313 895 4713
Página Web: www.bancoagrario.gov.co
Facebook: @bancoagrario
Instagram: @bancoagrario
Actividad de la empresa: el campo merece lo mejor, por eso invierte en tecnología móvil para llegar a las fincas. Originando crédito en campo para los pequeños productores y, con una nueva aplicación, se ponen las ventajas del banco en las manos de los clientes. El Banco Agrario trabaja de la mano de un campo que produce, emprende, transforma y exporta para proyectarse al mundo.

CID Palmero

Dirección: calle 98 # 70-91, piso 14.
Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 (1) 313 8600
Contacto comercial: Giovanni Cortés
Cel.: 320 473 1593
Página web: http://cidpalmero.fedepalma.org/
Actividad de la empresa: es el centro de información y documentación de la Federación Nacional de Palma de Aceite, especializado en aspectos científicos, técnicos, económicos y comerciales relacionados con la palma de aceite, oleaginosas, aceites y grasas.

DTec S. A. S.

Dirección: carrera 49 A # 85 A-30, piso 2.
Bogotá, Colombia
Teléfono: + 57 (1) 702 0533
Gerente: Ingeniero Gonzalo Mejía Mendiagaña.
Cel.: 315 308 8499

Página web: www.dtec.com.co
Facebook: dtec ltda
Instagram: dtec_gonmejia
Actividad de la empresa: con más de 20 años de experiencia en sistemas de transmisión, motores, reductores, acoples, bandas, rodilleras, variadores de frecuencia y otros.

GMA Arquitectura y Construcción S. A. S.

Dirección: calle 34 # 66 B-93. Medellín, Colombia
Teléfono: +57 (4) 475 3630
Contacto comercial: Jhon Jairo Álvarez.
Cel.: 310 631 5182
Página web: www.gmaconstructora.com.co
Instagram: @gma.grupodeproyectos
Actividad de la empresa: está orientada a identificar oportunidades de negocios en proyectos inmobiliarios, de diseño y de construcción de obras civiles para todos los sectores de la economía, y ofrecer alternativas de desarrollo

Semillas Élite de Palma para Las Américas S. A. S. (Sepalm)

Dirección: Cr. 9 No. 74-08 Oficina 208
Bogotá, Colombia
Teléfono: +57 (1) 744 9089
Gerente: Mauricio Herrera Vargas
Contacto comercial: Carolina Rojas Ramírez
Cel.: 312 304 3951
Página web: www.semillasdepalma.com
Facebook: /semillaspalmelitciradlatam
Actividad de la empresa: dedicada a la producción y comercialización de semillas de palma de aceite PalmElit-CIRAD *inside* en el continente americano.

Abonamos S. A. S.

Dirección: calle 98 sur # 48-325,
La Estrella Antioquia
Teléfono: +57 (4) 540 6560
Contacto comercial: Fernando Madrid (suroeste Antioquia). Cel.: 313 722 0099,
Jorge Zapata (Urabá). Cel.: 310 438 7714 y Rafael Álvarez (Caquetá y Huila). Cel.: 323 577 1161
Página web: www.abonamos.com
Facebook: @abonamossas
LinkedIn: /abonamossas
Instagram: @abonamossas
Actividad de la empresa: trabaja por la sostenibilidad social, económica y ambiental, lo que contribuye a la seguridad alimentaria. Desarrolla productos amigables con el medio ambiente que mejoran la calidad del suelo y la eficiencia, y la productividad del sector agropecuario.

Vehimaq-Inroda

Dirección: Zona Franca de Cúcuta, bodega P2.
Norte Santander, Colombia
Teléfono: +58 4247676119
Contacto comercial: Benito del Villar.
Tel.: 4247676119
Facebook: @Vehimaqzf.agricola
Instagram: @Vehimaqzf.agricola
Actividad de la empresa: la alianza de estas dos compañías trae al mercado colombiano nuevas tecnologías en el área agrícola, a través de su portafolio aplicado a la agricultura y la a ganadería, lo que facilita la labor del campo y aumenta la rentabilidad de las cosechas.

Soto S. A. S. Soluciones Agroindustriales

Dirección: carrera 48 sur # 88-45.
Ibagué, Colombia
Teléfono: +57 (8) 277 1855
Nombre gerente: Fernando Soto
Contacto comercial: Érika Ríos.
Cel.: 317 814 9130
Facebook: /sotosassolucionesagroindustriales
Instagram: /sotosassolucionesagroindustriales
Actividad de la empresa: compañía tolimense, reconocida en el mercado nacional por el desarrollo y fabricación de maquinaria, equipos e implementos agrícolas, innovadores, durables y de gran rendimiento.

Motorysa

Dirección: calle 80, km 1, vía Cota, costados sur
Teléfono: +57 (1) 748 0666
Contacto comercial: Julián Andrés Pescador.
Cel.: 320 343 8243
Página Web: www.motorysa.com.co
Facebook: @motorysavehiculoscomerciales
LinkedIn: @motorysavehiculoscomerciales
Instagram: @motorysavehiculoscomerciales
Actividad de la empresa: Motores y máquinas S. A. es el significado de Motorysa, una compañía pionera en la importación y distribución de vehículos desde hace más de 50 años. Actualmente, es la principal agencia de camiones Fuso, con sedes en Bucaramanga, Cali Villavicencio y Bogotá; camiones buses y camionetas Mercedes Benz y Freightliner, con vitrinas y servicio en Bogotá, Ibagué, Sogamoso y Duitama.

TransGrúas Lovera

Dirección: calle 58 A sur # 19 A-25
Teléfono: (57) (1) 315 3058751
Nombre Gerente: Andres J. Lovera S.
Cels.: 315 305 8751-321 209 6853
Página web: www.transgruaslovera.com
Facebook: /TransgruasLovera
LinkedIn: /andresjavierlovera
Instagram: /loveraandres
Actividad de la empresa: distribuidores del grupo FASSI en Colombia con sus productos ampliroll MARREL y brazos hidráulicos Fassi. Fabrica carrocerías para carga de fruto de palma y plataformas especiales. Con 11 años de experiencia.

La revista Palmas
invita a investigadores, docentes, estudiantes y profesionales a presentar sus artículos.

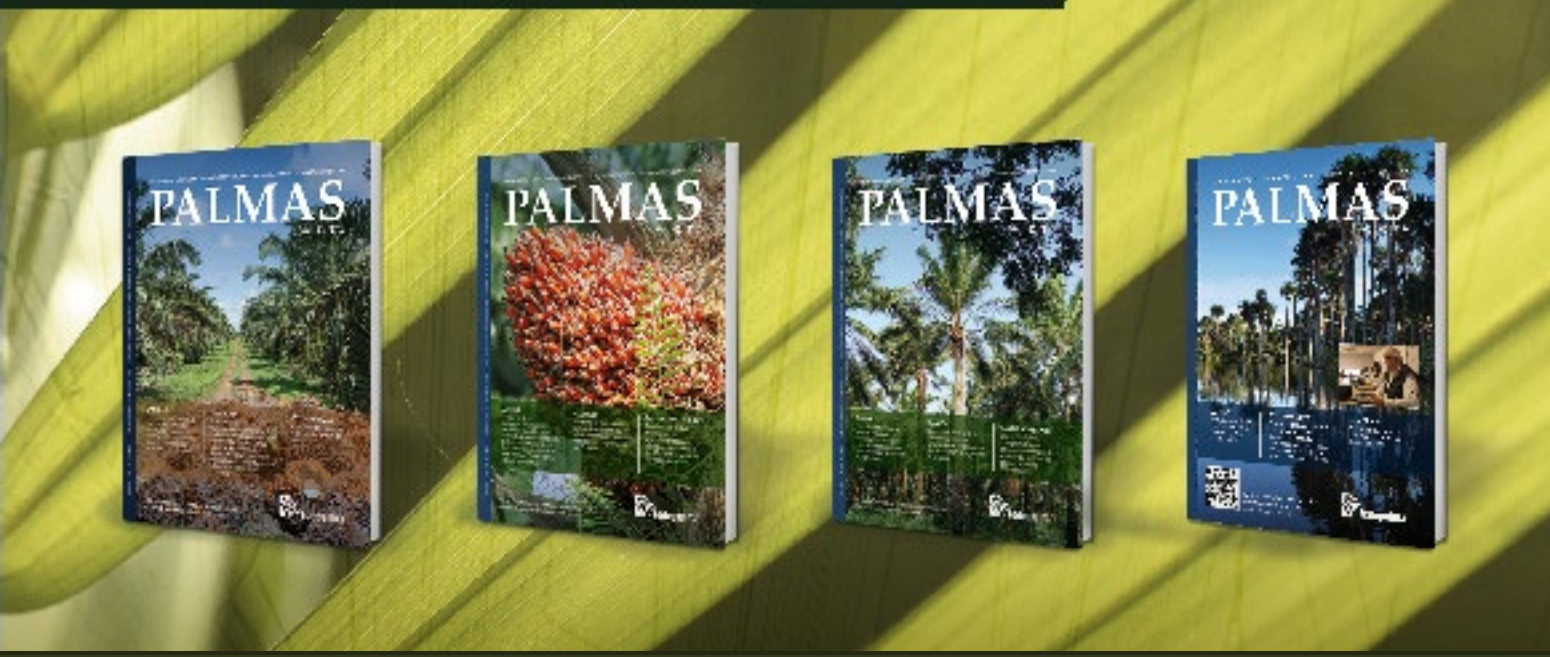
Esta es una publicación periódica, de análisis, especializada en la agroindustria de la palma de aceite.

Fecha límite de recepción

30 de agosto de 2021

Información de contacto: Ana Marcela Hernández C. | ahernandez@fedepalma.org

Paute con nosotros



Comercialización
Jairo Almonacid
Responsable de Mercadeo y Ventas

jalmonacid@fedepalma.org
Celular: 310 284 0511

En este número:

Aceite de palma 100% colombiano	**Tapa 1**
Programa de Aceite de Palma Sostenible de Colombia	**14**
Fondo de Fomento Palmero	**Tapa 2**

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

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

PALMAS

La Revista Palmas Volumen 42, Número 1, fue editada por la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma. Se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de Estudio 45-8 S. A. S. en la ciudad de Bogotá-Colombia, con un tiraje de 1.450 ejemplares sobre papel Earth Pack de 90 g.