

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

PALMAS

Vol. 43 No. 1

Volumen 43 N° 1 de 2022 • pp. 1-168 • enero-marzo de 2022 • ISSN impreso 0121-2923 • ISSN digital 2744-8266.



CULTIVO

Aplicación de polen y ácido α -naftalenacético en híbrido OxG en Ecuador. ¿Polinizar sin mezclarlos genera beneficios?

CULTIVO

Selección de parentales élite tipo *dura* para la producción de progenies enanas de *Elaeis guineensis* mediante parámetros genéticos

MEMORIAS

XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite



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

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


CON EL APOYO DEL FONDO DE FOMENTO PALMERO



Calle 98 No. 70-91
Tel: 601 313 86 00
www.fedepalma.org
Bogotá D. C., Colombia

Esta publicación cuenta
con el patrocinio del
Fondo de Fomento Palmero



Fotografía: archivo Fedepalma

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

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

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

Nicolás Pérez Marulanda
Presidente Ejecutivo de Fedepalma

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

Comité Editorial
Andrés Felipe García Azuero
Hernán Mauricio Romero Angulo
Carolina Gómez Celis
Martha Helena Arango de Villegas

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

Coordinación Editorial
Ana Marcela Hernández Calderón

Colaboración
Leonardo Paipilla

Responsable de Publicaciones
Yolanda Moreno Muñoz

Centro de Información y Documentación
Martha Helena Arango de Villegas

Traductor
Carlos Arenas

Diseño y diagramación
Lida R. Chaparro S.

Impresión
Estudio 45-8 S. A. S.

CONTENIDO

CULTIVO

- 10 Aplicación de polen y ácido α -naftalenacético en híbrido OxG en Ecuador. ¿Polinizar sin mezclarlos genera beneficios?

Use of Pollen and α -Naphthalenacetic Acid in OxG Oil Palm Trees in Ecuador. Does Pollination without Mixing them Grant Any Benefits?

Bravo Vladimir, Solórzano Octavio, Calixto Braulio, Bastidas Josselyn

- 21 Selección de parentales elite tipo *dura* para la producción de progenies enanas de *Elaeis guineensis* mediante parámetros genéticos

*Selection of Elite Dura-Type Parents to Produce Dwarf Progenies of *Elaeis guineensis* Using Genetic Parameters*

Tupaz-Vera Andrés, Ayala-Díaz Iván, Barrera Carlos Felipe, Romero Hernán Mauricio

MEMORIAS XVII REUNIÓN TÉCNICA NACIONAL DE PALMA DE ACEITE

ACTO DE INSTALACIÓN

- 41 Palabras de Nicolás Pérez Marulanda, Presidente Ejecutivo de Fedepalma

Speech by Nicolás Pérez Marulanda, Executive President of Fedepalma

Nicolás Pérez Marulanda

- 43 Cenipalma, tres décadas de investigación y extensión al servicio de los palmicultores

Cenipalma, Three Decades of Research and Extension at the Service of Palm Growers

Alexandre Patrick Cooman

- 49 Reconocimiento a 30 años de Cenipalma

Recognition to 30 Years of Cenipalma

Elzbieta Bochno Hernández

SESIONES PLENARIAS

- 52 Manejo integrado del agua y el suelo: sostenibilidad y regeneración de la palma de aceite en Colombia

Integrated Management of Water and Soil: Sustainability and Regeneration of Oil Palm in Colombia

Arias Arias Nolver Atanacio

- 64 Productividad y calidad de aceite, retos para el sector palmero colombiano
Productivity and Oil Quality, Challenges for the Colombian Palm Oil Sector
García Núñez Jesús A., Chaparro T. Diana C., Ramírez C. Nidia E., Caballero B. Kennyher, Díaz Cesar A., Cortés Ingrid L., Munar David A., González Alexis, Mondragón Alexandra, Cala Silvia, Guerrero Anderson, Sierra Sonia, Albarracín Jorge A., Cuellar Mónica
- 76 Diferenciación competitiva en sostenibilidad: una oportunidad para la palmicultura colombiana
Competitive Differentiation in Sustainability: an Opportunity for Colombian Palm Oil Agroindustry
García Azuero Andrés Felipe
- 80 Conversatorio, 30 años de Cenipalma: ciencia, tecnología e innovación
Discussion, 30 years of Cenipalma: Science, Technology and Innovation
Díaz Luengas Jorge Mario, Garcés Obando Freddy Fernando, Gaitán Bustamante Álvaro León, Cooman Alexandre Patrick
- 82 Conociendo el perfil socioeconómico de los productores para promover la adopción de tecnología
Toward an Understanding of the Socioeconomic Profile of Palm Oil Farmers to Promote the Adoption of Technology
Hinestroza C. Alcibiades, Sanabria Óscar, Beltrán G. Jorge A.
- 92 ¿El negocio de la palma de aceite en Colombia puede ser más competitivo?
Oil Palm Business in Colombia: Can it Be More Competitive?
Mosquera-Montoya Mauricio

MÓDULO 1. NUTRICIÓN Y MANEJO DEL AGUA, FACTORES DETERMINANTES EN EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITE

- 97 Incremento en el contenido de materia orgánica del suelo con el uso de biomasa del cultivo, como estrategia para mantener altas productividades.
Increase in the Content of Organic Matter in the Soil with the use of Biomass from the Crop, as a Strategy to Maintain High Productivity.
Castillo R. Óscar A.
- 102 Toxicidad por aluminio (Al^{3+}) como limitante del crecimiento y la productividad: experiencias en diagnóstico y manejo en Palmeras de Yarima S. A. (Santander)
Aluminum Toxicity (Al^{3+}) as a Limitation of Growth and Productivity: Diagnosis and Management Experience of Palmeras de Yarima S. A. (Santander)
Díaz Durán Miguel Ángel, Ochoa Carlos Arturo. I. A., Álvarez Jhon Wilmar, Rincón Numpaque Álvaro Hernán

- 117 Relación de las demás presentaciones del Módulo 1. Nutrición y manejo del agua, factores determinantes en el cultivo de palma de aceite, y del Módulo 2. Plantas de beneficio eficientes para incrementar calidad de aceite y sostenibilidad

Other Presentations of Module 1. Nutrition and Water Management, Determining Factors in Oil Palm Cultivation, And Module 2. Efficient Mills for Increased Oil Quality and Sustainability

MÓDULO 3. SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITE DE PALMA

- 119 Ganancia en biodiversidad en los bosques riparios en un proyecto palmero

Biodiversity Gain in Riparian Forests in an Oil Palm Project

Fandiño L. Emilio, Combatt Lindo Anthony

- 129 Relación de las demás presentaciones del Módulo 3. Sostenibilidad en la producción de aceite de palma

Other Presentations of Module 3. Sustainability in Palm Oil Production

MÓDULO 4. NÚCLEO PALMERO: ESTRATEGIA CLAVE PARA PROMOVER CONFIANZA Y TRABAJO FRENTE AL PRODUCTOR

- 130 Implementación de las mejores prácticas de manejo de los cultivares híbrido OxG en la palmicultura a pequeña escala

Implementation of Best Management Practices for Hybrid OxG Cultivars in Small-Scale Palm Cultivation

Bello C. Laura L., García P. Alejandra M., Peña M. José del C., Pabón V. Juan G., Díaz R. Óscar M.

- 141 Experiencias de la Unidad de Servicio y Atención al Proveedor (USAP) del Núcleo Palmeras de Puerto Wilches S. A., en pro del mejoramiento productivo de los aliados estratégicos y del aseguramiento de materia prima para la planta extractora

Experiences of Palmeras de Puerto Wilches Supplier Service and Attention Unit (SSAU/USAP- in Spanish) in Favor of the Productive Improvement of the Strategic Allies and the Assurance of Raw Material for the Mill

Banderas Pereira Anngey Lorena, Pabón Villalba Juan Guillermo

- 149 Relación de las demás presentaciones de los Módulos 4, 5 y 6

Other Presentations of Module 4, 5 y 6

152 Premiación a los mejores pósteres de investigación

Award for the Best Research Posters

Fedepalma

155 Premio al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad 2021

Small and Medium Scale Producer Award with Best Country Productivity 2021

Enríquez Castillo Gabriel Esteban, Beltrán Giraldo Jorge Alonso

158 Resumen y conclusiones de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Overview and Concluding on the XVI National Technical Meeting in Oil Palm

Beltrán Giraldo Jorge Alonso, Enríquez Castillo Gabriel Esteban

165 Catálogo de expositores

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, Institutionalality, 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.

Temas de alto valor técnico al servicio de la palma de aceite

En esta edición, además de la presentación de las memorias de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite 2021 (RTN), en el marco de este evento, hacemos referencia a la celebración de los 30 años de la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), encargada de la investigación y desarrollo de soluciones a problemas que se le presentan al palmicultor en el cultivo, y de la creación de nuevas tecnologías que pueden ayudar a mejorar el trabajo en campo y la producción de aceite de palma. Es así como presentamos algunos de los reconocimientos recibidos por la corporación, destacando su labor en investigación y aporte al desarrollo del país.

En cuanto a la RTN, en esta edición se encuentran las charlas magistrales que abordaron temas como el manejo del agua, la productividad y la calidad del aceite, la diferenciación del aceite de palma colombiano, el conocimiento del perfil socioeconómico del palmicultor y la presentación del híbrido OxG.

Esto, sin dejar de lado el conversatorio realizado con algunos de los principales centros de investigación agrícola del país y sus directivos, el cual dio luces sobre cómo abordar los temas de investigación y su agenda, siempre de la mano de las necesidades de los productores. Vale la pena destacar que la RTN tuvo una nutrida participación por parte de nuevos autores, lo que ayudó a refrescar el conocimiento y las maneras de contarlo.

Además, tenemos los artículos de las presentaciones y los pósteres ganadores. Es así como, la revista Palmas desarrolla el uso de biomasa, la toxicidad del aluminio, la ganancia de biodiversidad en los bosques riparios y el manejo de las mejores prácticas del híbrido OxG.

En los artículos técnicos enviados a la publicación, se encuentra el de Vladimir Bravo, de la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera de Ecuador (ANCUPA), quien hace una investigación sobre el uso de polen y ANA en dicho país, lo que nos permite tener una idea de cómo se trabajan estas herramientas en otras latitudes. En cuanto a la publicación de nuestros investigadores, tenemos el artículo sobre la producción de progenies enanas de *Elaeis guineensis*, que fue presentado en la revista *Agronomy*, y que hoy es traducido a nuestros lectores, para darles acceso a la información internacional.

Con todo esto, en el volumen 43, número 1, la revista Palmas entrega una robusta serie de temas que pueden contribuir a entender y mejorar el cultivo de palma de aceite, a tener mayores producciones y a estar preparados para las enfermedades y problemas que se presenten, con el fin de tener productores empoderados y con el conocimiento necesario para sacar adelante su cultivo, su empresa.

Bienvenidos a esta nueva edición.

NICOLÁS PÉREZ MARULANDA
Presidente Ejecutivo de Fedepalma

High-Technical Value Topics at the service of Oil Palm

In this issue, besides presenting the memoirs of the 17th National Technical Meeting of Oil Palm 2021 (NTM), within the framework of this event, we refer to the 30th anniversary of Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), responsible for research and developing solutions to the problems faced by palm farmers in the crops, and the creation of new technologies to improve the field work and palm oil production. Thus, we present some of the recognitions this corporation has received, emphasizing its research work and contributions to the development of Colombia.

As for the NTM, this issue includes the keynote speeches that addresses topics such as water management, productivity and oil quality, the differentiation of Colombian palm oil, knowledge of the socioeconomic profile of palm farmers, and the presentation of the OxG hybrid.

This, in addition to the discussion held with some of the main agricultural research centers in the country and their directors, which enlightened us on how to address research topics and their agenda, always in line with the needs of producers. It is worth noting that the NTM had a strong participation by new authors, which helped to renew knowledge and the ways to transmit it.

Furthermore, we present two articles of the presentation and the winning posters. Thus, Revista Palmas develops the use of biomass, aluminum toxicity, biodiversity gain in riparian forests and the management of best practices of the OxG hybrid.

The technical articles submitted for publication include the paper by Vladimir Bravo, of the National Association of Oil Palm Growers of Ecuador (ANCUPA), who researched the use of pollen and ANA in that country, which gives an idea of how these tools work in other countries. Regarding the publication by our researchers, we present the article on the production of dwarf progenies of *Elaeis guineensis*, published in the journal *Agro-nomy*, and which we translated to give our readers access to international information.

With all this, issue number 1 of volume 43 of Revista Palmas presents a robust series of topics that can contribute to understanding and improving the cultivation of oil palm, have greater productions and be prepared for the diseases and problems that may arise, to have empowered producers with the knowledge necessary to make their crops and businesses thrive.

NICOLÁS PÉREZ MARULANDA
Fedepalma CEO

Aplicación de polen y ácido α -naftalenacético en híbrido OxG en Ecuador. ¿Polinizar sin mezclarlos genera beneficios?*

Use of Pollen and α -Naphthalenacetic Acid in OxG Oil Palm Trees in Ecuador. Does Pollination without Mixing them Grant Any Benefits?

CITACIÓN: Bravo, V., Solórzano, O., Calixto, B. & Bastidas, J. (2022). Aplicación de polen y ácido α -naftalenacético en híbrido OxG en Ecuador. ¿Polinizar sin mezclarlos genera beneficios? Palmas, 43(1), 10-20.

PALABRAS CLAVE: Híbrido OxG, Conformación de racimo, Contenido potencial de aceite en racimo, Polinización artificial, Frutos partenocárpicos.

KEYWORDS: OxG hybrid, *Fruit set*, Potential oil content in oil palm bunches, Artificial pollination, Parthenocarpic fruits.

*Artículo de investigación e innovación científica y tecnológica.

RECIBIDO: agosto de 2021.

APROBADO: febrero de 2022

BRAVO VLADIMIR

**ASOCIACIÓN NACIONAL DE
CULTIVADORES DE PALMA ACEITERA DE
ECUADOR (ANCUPA)**
Autor de correspondencia
vbravo@ancupa.com

SOLÓRZANO OCTAVIO
Instituto Superior Tecnológico
Calazacón, Santo Domingo, Ecuador

CALIXTO BRAULIO
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,
El Carmen, Manabí, Ecuador

BASTIDAS JOSSELYN
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí,
El Carmen, Manabí, Ecuador

Resumen

El híbrido interespecífico OxG requiere un manejo agronómico que incluye la polinización asistida (y artificial). Diversos estudios con polinización artificial y el uso de ácido α -naftalenacético (ANA) han demostrado los beneficios de este compuesto para la conformación de racimos y el contenido de aceite en racimo. Sin embargo, se ha observado que ANA es incompatible con el polen cuando se les mezcla en un mismo insumo para ejecutar la polinización.

Por ello, el presente estudio evaluó el efecto de tres ciclos de aplicación con polen o ANA, por separado y sin mezclar, en frecuencias de 2 y 7 días entre cada ciclo. Los resultados muestran diferencias estadísticas entre 3 ciclos de aplicación de ANA vs. el testigo (polen), evidenciando un incremento en el potencial de aceite de 33 % (frecuencia +2) y 38 % (frecuencia +7). En cuanto a la conformación del racimo, el porcentaje de frutos abortados disminuyó 61 % (frecuencia +2) y 70 % (frecuencia +7), mientras que el contenido de frutos normales disminuyó 77 % (frecuencia 2 días) y 62 % (frecuencia 7 días). A pesar de la reducción del contenido de frutos normales, no se registraron diferencias estadísticas para el peso promedio del racimo, debido a que la relación raquila a racimo incrementó significativamente en los tratamientos con 3 ciclos de aplicación de ANA, mientras que en los tratamientos testigo (3 aplicaciones de polen) este valor disminuyó. De esta manera, se encontró que existen beneficios para las variables peso promedio, conformación de racimo y potencial de aceite en racimo directamente proporcionales a la aplicación de ANA. Por lo anterior, se recomienda el uso de ANA y polen por separado.

Abstract

The agronomic management of interspecific OxG hybrid material requires the adoption of assisted (and artificial) pollination. Several studies focused on artificial pollination using α -naftalenacetic acid (NAA) have shown the benefits of this compound for the variables fruit set and oil content in oil palm fruit bunches. Nevertheless, it has been observed that NAA is incompatible with pollen when both are mixed for pollination. With that in mind, this study sought to evaluate the effect of three cycles of pollen or NAA application (separately and without mixing) with frequencies of 2 and 7 days between each one. Results showed statistical differences in three application cycles of NAA vs. control (pollen), increasing oil to bunch potential by 33 % (+2 days frequency) and 38 % (+7 days frequency). For fruit set, the percentage of aborted fruits decreased 61 % (+2 days frequency) and 70 % (+7 days frequency), while the content of normal (fertile) fruits decrease 77 % (+2 days frequency) and 62 % (+7 days frequency). Despite the drop in fertile fruits, there were no differences in mean bunch weight, due to raquila-to-bunch ratio has significantly higher values for treatments with three application cycles of NAA than the control (three pollen applications) ones, which had a significative decrease. As a result, positive outcomes were identified for the variables mean bunch weight, fruit set, and oil to bunch potential after NAA application. Therefore, the application of pollen and NAA separately is suggested.

Introducción

En Ecuador, la aparición de plantas afectadas por la enfermedad conocida como la Pudrición del cogollo (PC) tuvo su primer registro en 1979 e inició la devastación en los cantones de Shushufindi (Sucumbíos) y Nuevo Paraíso (Orellana), desde 1991 (Franqueville, 2001). A partir de 2005 se observó el inicio de esta enfermedad en San Lorenzo (Esmeraldas), donde destruyó 15.000 ha y, desde 2010, en Viche (Esmeraldas), donde llegó a afectar 8.000 ha (Agrocalidad y ANCUPA, 2015). Según el Censo Nacional Palmicultor (MAG *et al.*, 2018) la PC ha afectado (y continúa afectando) cultivos de palma de aceite desde Quinindé hasta Santo Domingo, donde se estima una pérdida aproximada de 125.000 ha de dicha plantación en los últimos años.

Este problema fitosanitario afecta al material *Elaeis guineensis* Jacq. debido a su susceptibilidad genética, y la única alternativa para evitar sus efectos destructivos sobre este cultivo es la renovación con variedades tolerantes, como el híbrido interespecífico OxG, cruzamiento de *Elaeis guineensis* con *Elaeis oleifera*, el cual ha introducido las características de tolerancia a la PC de la especie americana (*E. oleifera*) en la especie africana (*E. guineensis*) (Amblard, Berthaud, Durant y Gasselint, 2000).

El manejo de este híbrido implica el uso de nuevas metodologías, pues la polinización entomófila tiene un bajo desempeño debido a que los insectos *Elaidobious kamerunicus* no son atraídos a las inflorescencias femeninas del híbrido, mientras que otros curculiónidos (*Grasiduis hybridus* y *Couturerius* sp.) afines a *E. oleifera* llegan a las inflorescencias de híbridos

OxG, aunque en bajas cantidades (Ávalos, 2014; Dávila, 2016). Adicionalmente, la baja viabilidad del polen afecta al rendimiento de la labor de polinización, ya que se ha encontrado que la tasa de germinabilidad del polen es de 16,8 % en el híbrido Taisha x La Mé; 12,1 % en Taisha x Avros; y 9,65 % en Coari x La Mé (Mantilla, 2015).

Por lo anterior, mejorar la productividad de los híbridos OxG hace imprescindible la ejecución de la polinización asistida, la cual es una labor fundamental para incrementar el potencial de rendimiento de los racimos de fruta fresca, gracias a la formación de frutos normales y frutos partenocárpicos y a la disminución de frutos abortados (Leguizamón, Santacruz y Rosero, 2016), y que demanda ciertas condiciones específicas, como la disponibilidad de personal especializado y el uso de polen de alta germinabilidad (almacenado en frío). A pesar de contar con condiciones óptimas, diversos factores (ambientales, logísticos y laborales, entre otros) influyen en las cifras de aborto y pérdida de frutos y de formación de frutos partenocárpicos de mala calidad, en cantidades que afectan el contenido de aceite en racimo (Quintero, 2016). Así, la formación de fruto en el racimo dependerá de diversos factores, y su estímulo estará dominado por hormonas vegetales, principalmente auxinas (De Jong *et al.*, 2009, citado por Sauer, Robert y Kleine-Vehn, 2013).

Actualmente, existen diversos estudios de evaluación sobre la aplicación de ácido α -naftalenacético (ANA) durante la labor de polinización artificial, los cuales dan cuenta de incrementos en el porcentaje de frutos partenocárpicos y, por consiguiente, de menores tasas de los frutos abortados (Daza, Ayala-Díaz, Ruiz-Romero y Romero, 2020). Estos trabajos presentan información relevante sobre el diseño del racimo y su potencial de aceite (Ochoa y Palacio, 2021), comparaciones del medio de aplicación, en líquido o sólido (García, Ibagué, Munévar, Hernández y Mosquera-Montoya, 2020), análisis económicos de diferentes escenarios de aplicación de los insumos ANA y polen (Ruiz, Daza, Caballero y Mosquera-Montoya, 2020) y la definición de las mejores tecnologías para incrementar el contenido de aceite en racimo por hectárea (Romero y Ayala, 2021).

A pesar de que la metodología de trabajo con ANA se ha venido ajustando a la realidad del campo, con el objetivo de obtener el mejor *fruit set*, una mayor producción de aceite y hacer uso de insumos sólidos con dosis adecuadas (Ochoa y Palacio, 2019), es necesario conocer el beneficio potencial que se puede

obtener de la realización de tres ciclos de aplicación de los insumos polen y ANA por separado, considerando particularmente a los medianos y pequeños palmicultores, quienes aún no se benefician de bonificaciones percibidas por un mayor contenido de aceite en racimo, sino que continúan vendiendo su producción de racimos de fruta fresca (RFF) con un pago a razón del número de toneladas producidas.

Ante este escenario, la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera de Ecuador (ANCU-PA) llevó a cabo la presente investigación, cuyo objetivo fue determinar el efecto de la aplicación de polen y ANA sin mezclar en la conformación y el potencial de aceite en racimo de híbridos interespecíficos OxG en dicho país.

Materiales y métodos

Localización

Esta investigación analizó material híbrido Coari x La Mé, siembra 2015, producido por Murrin Corporation Ecuador, entre agosto 2019 y febrero de 2020. La fase de trabajo en campo se llevó a cabo en el lote Saltamontes de la plantación “Costa Rica 2”, propiedad de Jorge Muñoz Pazmiño (17N 694662 29789), ubicada en la provincia de Pichincha, Cantón Puerto Quito, sitio Agrupación Los Ríos, a una altura de 161 m s. n. m.

Tratamientos

Se evaluaron 8 tratamientos resultantes de la interacción de los insumos polen y ANA en cada ciclo de polinización, los cuales se llevaron a cabo con 2 frecuencias (cada 2 y 7 días), como se detalla en la Tabla 1.

Para el tratamiento testigo se empleó una relación 1:10 (polen:talco), descargando aproximadamente 2 g inflorescencia¹. Los tratamientos con ANA recibieron el producto Polinizamix^{®1} (ANA 6 %). Este fue aplicado descargando 4 g para alcanzar una dosis de 240 mg inflorescencia⁻¹. Para la primera aplicación se utilizó inflorescencias en estadio fenológico 607, que al menos presentasen 80 % de flores con los estigmas completamente abiertos y de color beige. En los 2 ciclos posteriores se adoptó la frecuencia establecida para cada uno de los tratamientos descritos en la Tabla 1.

1 Producto registrado por ANCUPA.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción	Insumo	Frecuencia de aplicación (días)
1	Testigo 1	Polen - polen - polen	1 - 3 - 5 (+2)
2	Testigo 2	Polen - polen - polen	1 - 7 -14 (+7)
3	P-P-A	Polen - polen - ANA	1 - 3 - 5 (+2)
4	P-A-A	Polen - ANA - ANA	1 - 3 - 5 (+2)
5	A-A-A	ANA - ANA - ANA	1 - 3 - 5 (+2)
6	P-P-A	Polen - polen - ANA	1 - 7 - 14 (+7)
7	P-A-A	Polen - ANA - ANA	1 - 7 - 14 (+7)
8	A-A-A	ANA - ANA - ANA	1 - 7 - 14 (+7)

Análisis estadístico

El análisis estadístico efectuado acudió a un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 3 repeticiones. En total, se evaluaron 8 racimos (1 racimo por planta), llevando a cabo un análisis funcional de las medias a través de prueba de Tukey al 5 %. Los cálculos fueron realizados en el programa SPSS 18.

Análisis de racimos

Para la cosecha de los racimos se consideró el estado fenológico 809. El peso de racimo fue tomado inmediatamente después de la cosecha y los racimos

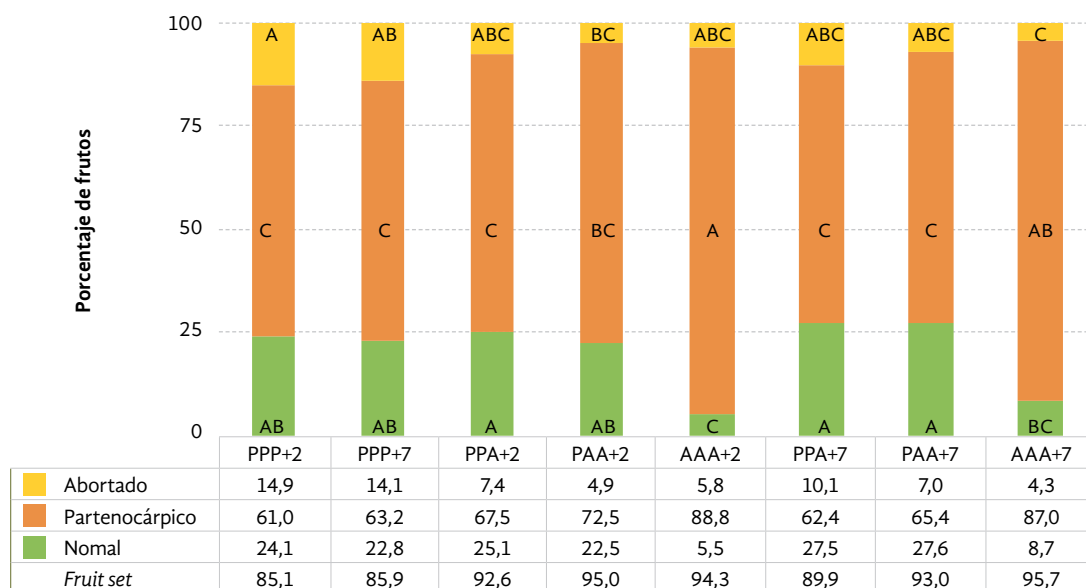
fueron llevados al Laboratorio de Investigación en Biotecnología del Centro de Investigaciones en Palma Aceitera (CIPAL), propiedad de ANCUPA, para efectuar el procedimiento de acuerdo con los protocolos establecidos por esta organización.

Resultados y discusión

Conformación del racimo (*fruit set*)

La proporción (en número) de frutos normales (FN) muestra diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1). Los tratamientos que recibieron exclusivamente ANA (5 y 8) presentaron la menor proporción

Figura 1. Proporción (en número) de frutos normales, partenocárpico y abortados por racimo para los tratamientos evaluados (tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente entre sí)



de FN, con una reducción de 77,4 % para la frecuencia +2 y 61,7 % para la frecuencia +7, en comparación con los testigos. En contraste, para los frutos partenocárpicos (FP) la tendencia fue inversa, con mayores contenidos de FP para los tratamientos 5 y 8, que registraron un incremento de 45,6 % (frecuencia +2) y 37,7 % (frecuencia +7), comparados con los testigos. Por su parte, el contenido de frutos abortados (FA) tuvo diferencias significativas, con menores valores para los tratamientos con aplicación exclusiva de ANA, disminuyendo 61,4 % (frecuencia +2) y 69,6 % (frecuencia +7). Los resultados para FN de T5 y T8 concuerdan con lo observado por Romero, Daza, Urrego, Rivera y Ayala (2018), quienes identificaron que el porcentaje de FN con aplicación de ANA (en líquido) disminuyó entre 3,8 y 7 %, y con los hallazgos de Ochoa y Palacio (2021) para FP, quienes obtuvieron un 80,5 % de FP tras la aplicación de dosis de 240 mg de ANA.

Por otro lado, para los tratamientos con 3 aplicaciones de ANA, la proporción (en peso) de FP incrementó 238,9 % (frecuencia +2) y 203,5 % (frecuencia +7). Los resultados obtenidos en esta dimensión difieren de lo expuesto por Ochoa y Palacio (2019, 2021), quienes encontraron porcentajes más bajos para FP. Esta diferencia puede ser resultado de que los tratamientos T5 y T8 incluían únicamente ANA. Al respecto, Somyong *et al.* (2018) mencionan que los tratamientos con auxinas pueden ser los más efectivos para inducir partenocarpia en *E. guineensis*.

La relación en peso de FN mostró diferencias significativas, evidenciando que los tratamientos que recibieron exclusivamente ANA presentan el menor porcentaje, con una reducción de 86,1 % para la frecuencia +2 y 77 % para la frecuencia +7 (Figura 2). Esta información es similar a lo presentado por Ochoa y Palacio (2019), quienes encontraron un contenido de 62,6 % de FN en aplicación de polen.

Frente a los resultados hasta ahora expuestos, cabe resaltar que el presente estudio evaluó la aplicación de insumos por separado, lo cual no permite establecer comparaciones entre los resultados de todos los tratamientos.

Peso promedio de racimo

El peso promedio de racimo no mostró diferencias significativas (Figura 3), encontrando para la frecuencia +2 que T1 alcanzó la cifra de 11,5 kg y que T3 registró el valor más alto, con 13,1 kg. Para la frecuencia +7, T2 alcanzó 11,8 kg y T7 13,4 kg, siendo este el de mayor valor. Estos resultados difieren de lo expuesto por Daza *et al.* (2020), quienes reportan un mayor peso promedio de racimo tras la aplicación de polen. No obstante, nuestros hallazgos son comparables con los de Linares *et al.* (2019), quienes reportan datos similares para esta variable al aplicar 2 pases de ANA (120 mg) + polen y 3 pases con polen.

Figura 2. Proporción (en peso) de frutos normales, partenocárpicos y abortados por racimo para los tratamientos evaluados (tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente entre sí)

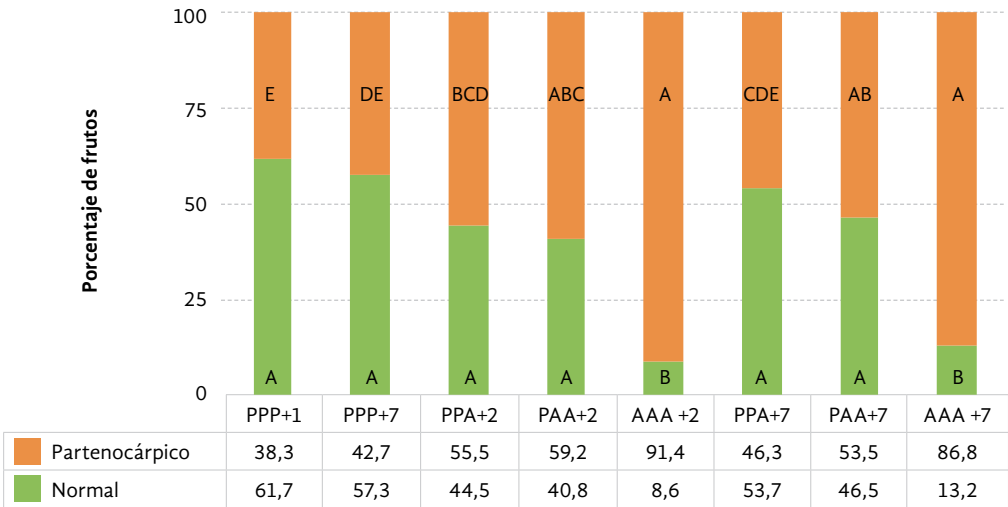
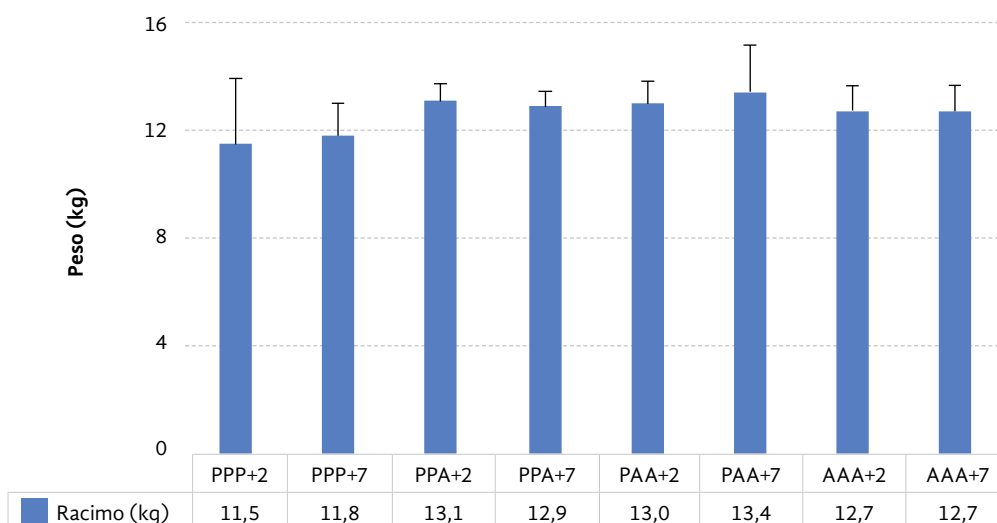


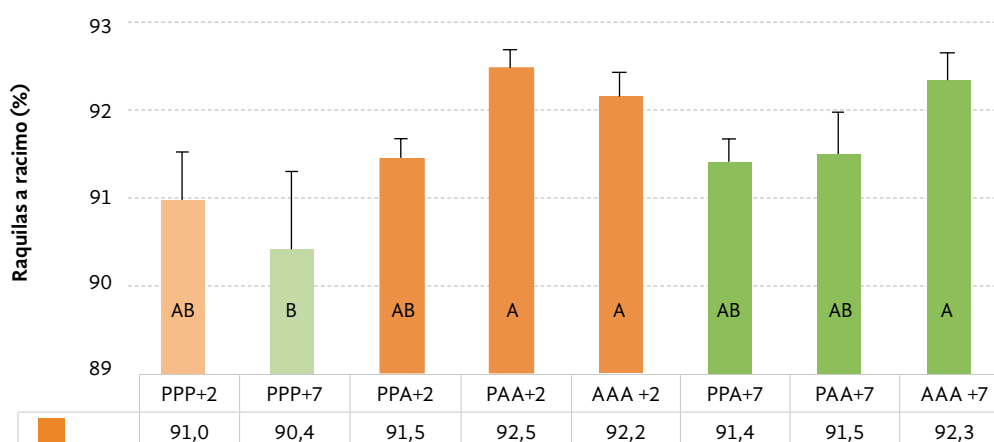
Figura 3. Peso promedio de racimo obtenido con los tratamientos evaluados



Se tiene evidencia sobre la capacidad del uso de ANA para estimular el desarrollo de frutos partenocárpicos en híbridos OxG (Daza *et al.*, 2020), lo cual hace posible recuperar aquellos frutos de este tipo que anteriormente no se formaban, mejorando así el contenido de frutos en racimo. Por esto, con el fin de comprender mejor la razón por la cual el peso promedio fue igual entre los tratamientos estudiados, se analizó la relación peso de raquillas a racimo, es decir, se

pesaron las raquillas con todos los frutos. Aquí se observaron diferencias significativas (Figura 4), con los mejores valores registrados por T4, T5 y T8, los mismos que tienen menor contenido de frutos normales (Figura 2). De esta manera, se evidencia que gracias a la cantidad de frutos partenocárpicos estimulados (y formados) por la aplicación de ANA, el peso promedio de racimo fue compensado en aquellos tratamientos con bajo contenido de frutos normales.

Figura 4. Relación (en peso) de raquillas a racimo en los tratamientos evaluados (tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente entre sí)



Peso promedio de fruto

Cabe destacar que se encontró FN en todos los tratamientos (aunque para T5 y T8 la proporción fue menor), cuya formación se puede atribuir a la presencia de plantaciones de *E. guineensis* circundantes al cultivo estudiado.

Los datos en cuanto al peso promedio de FN mostraron diferencias significativas para T1 y T2, lo cual es directamente proporcional al peso de la almendra, variable frente a la cual se obtuvieron resultados similares. Al comparar los testigos (T1 y T2) vs. los tratamientos con tres ciclos de aplicación de ANA (T5 y T8), se observa que el peso de la almendra presentó una reducción de 52,3 % (frecuencia +2) y 49,8 % (frecuencia +7). Estos datos permiten observar que, además del efecto negativo que tiene ANA sobre el polen (Ruiz *et al.*, 2020), el uso de ANA también influye en el desarrollo de la almendra, pues el peso de esta se redujo 14,1 % (T6) y 17,1 % (T7) con la frecuencia +7, mientras que para la frecuencia +2 la disminución fue de 31,9 % (T3) y 33,7 % (T4). Lo anterior indica que frecuencias de aplicación de ANA más cercanas al estadio fenológico 607 permiten reducir el peso de la almendra (Figura 5), fenómeno que se explica en el hecho de que las auxinas están

relacionadas en la depresión del crecimiento del ovario luego de la fertilización (Pandolfini, 2009). De otro lado, con respecto al peso promedio de FP, los datos no dan cuenta de diferencias significativas, lo cual difiere de los resultados obtenidos por Romero *et al.* (2018), quienes registraron pesos más altos en FP tratados con ANA en suspensión líquida, y va en línea con lo reportado por Ochoa y Palacio (2019), en cuyo trabajo se empleó una mezcla sólida.

Relación almendra a racimo

La relación almendra a racimo muestra diferencias significativas entre tratamientos, donde T5 y T8 registran los menores valores (Figura 6), indicando que todos los tratamientos con al menos una aplicación de polen en inflorescencias de estadio fenológico 607 generan la misma cantidad de almendra en el racimo. Este hallazgo permite corroborar lo expuesto por Romero *et al.* (2018) en tratamientos con polen.

Potencial de aceite

De acuerdo con nuestros hallazgos, el potencial de aceite (en laboratorio) en racimo muestra diferencias significativas, donde T5 y T8 reportan los mejores

Figura 5. Peso promedio de FN, FP y almendra en los tratamientos evaluados (tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente entre sí)

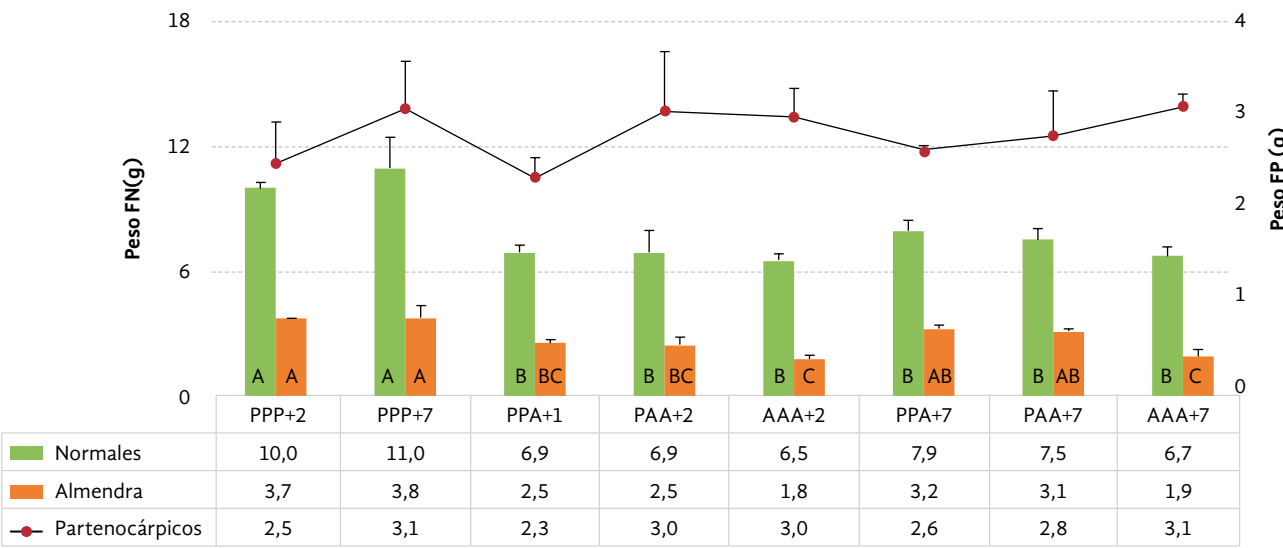
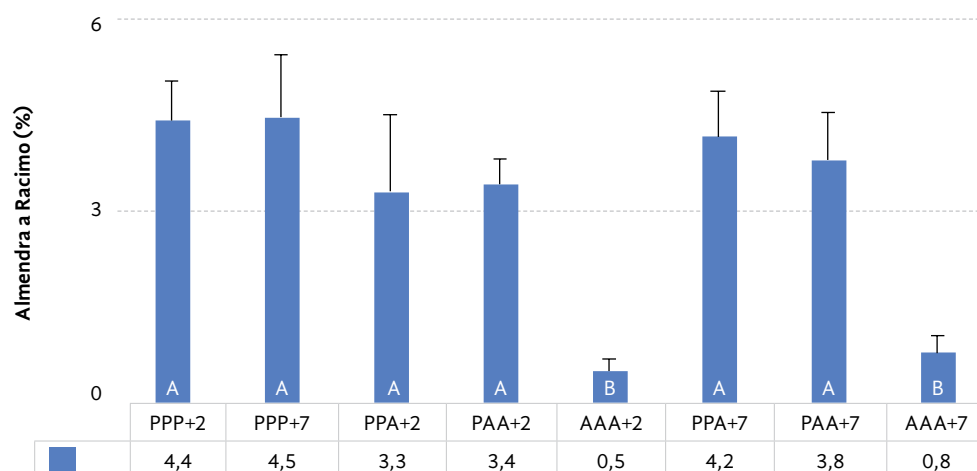


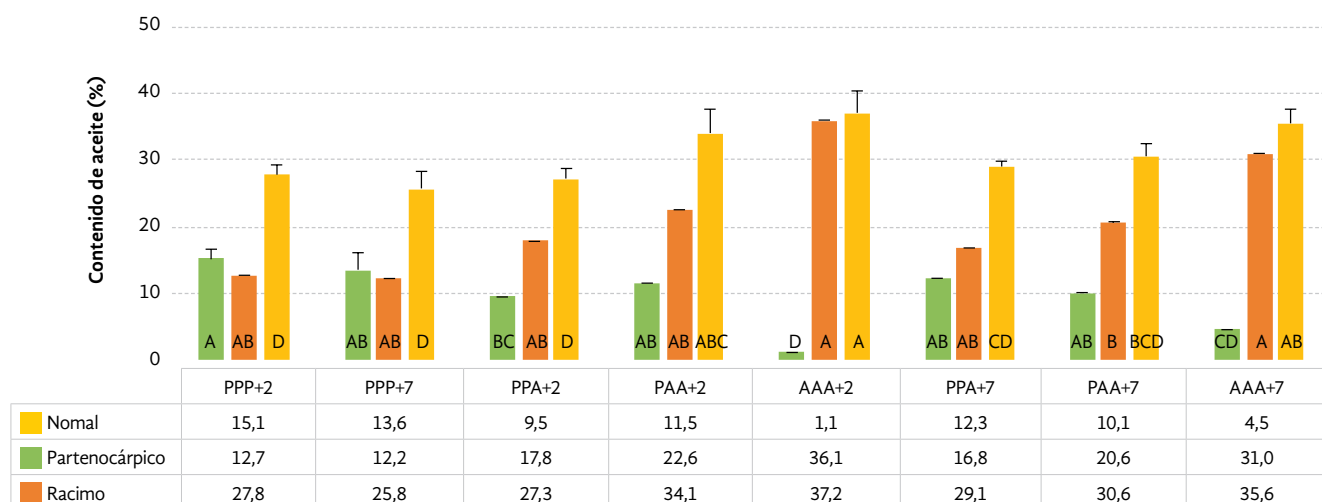
Figura 6. Relación almendra-racimo en los tratamientos evaluados (tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente entre sí)



resultados, con un mayor contenido de aceite en FP y en racimo (Figura 7). Es evidente que el efecto de ANA es directamente proporcional al contenido de aceite, debido al mayor contenido de FP observado en el *fruit set*, como se observó en la Figura 3. Así, T5 presenta un incremento de 9,4 puntos porcentuales de aceite (133,4 %) frente a T1, mientras que T8 tuvo un aumento de 9,8 puntos (138 %) frente a

los datos de T2. Adicionalmente, se puede mencionar que T5 (frecuencia +2) reporta un potencial de aceite 1,6 % mayor que T8 (frecuencia +7), los cual se debe, principalmente, al estímulo temprano generado por ANA sobre la flor, que al ser estimulada en 3 ocasiones más cercanas al periodo de antesis permite obtener un mayor potencial de aceite (aunque sin diferencias significativas), gracias a que el crecimiento

Figura 7. Potencial de aceite en FN, FP y racimo en los tratamientos evaluados (tratamientos con letras distintas difieren estadísticamente entre sí)



del fruto ocurre de manera más rápida (Forero, Hormaza, Moreno y Ruíz, 2012; Hormaza, Forero, Ruíz y Romero, 2010) y a que las auxinas actúan como reguladores positivos del crecimiento del fruto (Pattinson *et al.*, 2013).

Conclusiones

La aplicación de ANA es una práctica fundamental para favorecer el diseño del racimo en híbrido O $\times$ G. Su uso denota beneficios potenciales en el llenado de las estructuras del racimo, la generación de una mayor cantidad de frutos partenocárpicos y, por ende, contenidos de aceite más altos en racimo.

Se ha comprobado que el uso de la mezcla de polen y ANA no es una práctica adecuada debido a la inhibición de la germinabilidad del polen. Adicionalmente, se ha observado que el uso de ANA permite disminuir el crecimiento de la almendra en los frutos normales, a pesar de que los insumos sean aplicados por separado. Un factor determinante para esta reducción es la frecuencia entre ciclos de aplicación, pues cuando la frecuencia es de 2 días se genera un mayor efecto en la disminución del peso de la almendra.

Por su parte, el potencial de aceite incrementa sustancialmente con aplicaciones de tres ciclos de ANA. No obstante, es importante destacar que si se realiza la primera aplicación de polen (en antesis) y 2 aplicaciones de ANA cada 2 días, el potencial de aceite es estadísticamente similar que al aplicar únicamente ANA. Bajo este concepto, y a partir del in-

terés de obtener un mayor contenido de aceite, una frecuencia más cercana entre aplicaciones estimula más eficientemente al fruto para la producción de aceite rojo (CPO), siempre y cuando las inflorescencias no presenten asincronía floral. Esta eficiencia se debe a la fisiología de la planta, que desencadena un crecimiento rápido de los frutos durante las primeras semanas del desarrollo del racimo. Al respecto, es importante evaluar en campo la relación costo/beneficio de aplicaciones con menor frecuencia vs. el incremento del contenido de aceite en planta de beneficio, con el fin de realizar ajustes que generen un desempeño eficiente en las labores cultivo-planta de beneficio.

Por último, el peso de racimo puede ser mantenido si las aplicaciones de ANA garantizan su alcance a todas las estructuras (posibles) de la inflorescencia, puesto que la recuperación de todas estas permite compensar el peso que se deja de generar por la reducción de frutos normales. Esta información resulta fundamental para la planificación del trabajo en campo relacionado con las labores de polinización, de manera que se pueda emplear exclusivamente ANA sin afectar significativamente el rendimiento.

Agradecimientos

Extendemos nuestros sinceros agradecimientos al Dr. Jorge Muñoz Pazmiño, palmicultor destacado y referente de la zona occidental del Ecuador, pues el presente estudio fue llevado a cabo gracias a su especial colaboración.

Bibliografía

- Agrocalidad y ANCUPA. (2015). *Resultados del Informe censo de plantaciones de palma aceitera afectadas por la Pudrición del cogollo en la provincia de Esmeraldas* (memoria técnica). San Lorenzo, Ecuador: Agrocalidad y ANCUPA.
- Amblard, P., Berthaud, A., Durant, T. & Gasselint. (2000). Las semillas de palma de aceite comercializadas por el CIRAD presente y futuro. *Revista Palmas*, 21(2), 300-308.
- Avalos, F. (2014). *Biología del comportamiento, reproducción, y alimentación de polinizadores de la familia Curculionidae en híbridos de palma de aceite (E. oleifera x E. guineensis) en el oriente ecuatoriano* (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad de las Américas,

- Dávila, A. (2016). *Estudio de la biología de los insectos y evaluación del potencial polinizador para incremento de producción de cultivos de híbridos de palma aceitera (E. oleífera x E. guineensis) en el litoral ecuatoriano* (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad de las Américas.
- 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 oleífera* Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Production Science*, 24(3), 354-362.
- Franqueville, H. (2001). La pudrición de cogollo en la palma de aceite en América Latina. Revisión preliminar de hechos y logros alcanzados. Montpellier, Francia: CIRAD.
- Forero, D. C., Hormaza, P. A., Moreno, L. P. & Ruíz, R. (2012). *Generalidades sobre la morfología y fenología de palma de aceite*. Bogotá, Colombia: Cenipalma.
- García, A., Ibagué, D., Munévar, D. E., Hernández, J. S., Mosquera-Montoya, M. (2020). Polinización artificial: ¿ANA en suspensión líquida o ANA en mezcla sólida? *Revista Palmas*, 41(4), 15-26.
- Hormaza, P., Forero, D., Ruíz, R., Romero, H. M. (2010). *Fenología de la palma de aceite africana (Elaeis guineensis Jacq.) y del híbrido interespecífico (Elaeis oleífera [Kunt] Cortes x Elaeis guineensis Jacq.)*. Bogotá, Colombia: Cenipalma y Colciencias.
- Leguizamón, O., Santacruz, L. & Rosero, S. (2016). *Evaluación de dos frecuencias de aplicación de polinización asistida del material híbrido OxG*. En XIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Medellín, septiembre de 2016.
- Linares-Leguizamón, O., Santacruz-Arciniegas, L. & Rosero-Estupiñán, G. A. (2019). *Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (Elaeis oleífera x Elaeis guineensis)*. Palmas, 40(4), 96-105.
- MAG, FEDAPAL, ANCUPA, AEXPALMA, APROGRACEC, AGROPRESICIÓN. (2018). *Memoria Técnica Inventario de Plantaciones de Palma Aceitera en el Ecuador*. Quito, Ecuador.
- Mantilla, P. (2015). *Evaluación de viabilidad y compatibilidad de polen en distintos materiales híbridos de palma aceitera (Elaeis oleífera x Elaeis guineensis)* (Tesis de pregrado). Ecuador: Universidad de las Américas.
- Ochoa, I. & Palacio, N. (2019). *Evaluación preliminar del efecto del Ácido α -naftalenacético (ANA) sobre la conformación del racimo y sus componentes en híbridos Unipalma OxG*. En XV Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. Bucaramanga, septiembre de 2019.
- Ochoa, I. E. & Palacio, N. (2021). Contribución al diseño de racimos con ácido α -naftalenacético (ANA). *Revista Palmas*, 42(1), 107-118.
- Pandolfini, T. (2009). Seedles Fruit Production by Hormonal Regulation of Fruit Set. *Nutrients*, 1(2), 168-177.

- Pattinson, R., Csukasi, F. & Catalá, C. (2014). Mechanisms Regulating Auxin Action During Fruit Development. *Physiologia Palntarum*, 151, 62-72.
- Quintero, J. S. (2016). *Polinización asistida mediante interacción método, dosis, y fuente de polen en híbrido interespecífico OxG, (Elaeis oleifera x Elaeis guineensis)* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Romero, H., Daza, E., Urrego, N., Rivera, Y. & Ayala, I. (2018). La polinización artificial con reguladores de crecimiento incrementa la producción de aceite en híbridos interespecíficos OxG. En XIX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. Cartagena, septiembre de 2018.
- 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. *Revista Palmas*, 42(1), 55-64.
- Ruiz, E., Daza, E. S., Caballero, K. & Mosquera-Montoya, M. (2020). *Análisis económico de la polinización artificial en cultivos híbrido OxG (Elaeis guineensis x Elaeis oleifera)* (Póster). En XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, septiembre de 2020.
- Sauer, M., Robert, S. & Kleine-Vehn, J. (2013). Auxin: Simply Complicated. *Journal of Experimental Botany*, 64(9), 2565-2577.
- Somyong, S., Walayaporn, K., Jomchai, N., Naktang, C., Yodingyong, T., Phumichai, C., Pootakham, W. & Tangphatsornruang, S. (2018). Transcriptome Analysis of Oil Palm Inflorescences Revealed Candidate Genes for an Auxin Signaling Pathway Involved in Parthenocarpy. *PeerJ*, 6, e5975.

Selección de parentales élite tipo *dura* para la producción de progenies enanas de *Elaeis guineensis* mediante parámetros genéticos*

Selection of Elite *dura*-Type Parents to Produce Dwarf Progenies of *Elaeis guineensis* Using Genetic Parameters

CITACIÓN: Tupaz-Vera, A., Ayala-Díaz, I., Barrera, C. F. & Romero, H. M. (2022). Selección de parentales élite tipo *dura* para la producción de progenies enanas de *Elaeis guineensis* mediante parámetros genéticos (Traductor Arenas C.). *Palmas*, 43(1), 21-39.

PALABRAS CLAVE: Introgresión, Heredabilidad, Rasgos genéticos, Crecimiento reducido, Palma de aceite.

KEYWORDS: Introgression, Heritability, Genetic traits, Reduced growth, Oil palm.

* Traducido del original *Selection of Elite *dura*-Type Parents to Produce Dwarf Progenies of *Elaeis guineensis* Using Genetic Parameters*, publicado en la revista *Agronomy*, número 11 de 2021.
Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/agronomy11122581>

DERECHOS DE AUTOR: © 2021 de los autores. Licenciatarío MDPI, Basilea, Suiza. Este artículo es de acceso abierto, bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

TUPAZ-VERA ANDRÉS

Asistente de Investigación, Programa de Biología y Mejoramiento de Cenipalma

AYALA-DÍAZ IVÁN

Líder de Fitomejoramiento, Programa de Biología y Mejoramiento de Cenipalma

BARRERA CARLOS FELIPE

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Medellín

ROMERO HERNÁN MAURICIO

Director de Investigación de Cenipalma
Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
Autor de correspondencia
hromeroa@cenipalma.org

Resumen

Una baja tasa de crecimiento anual de la estípita en las progenies de palma de aceite es deseable para incrementar la vida productiva y económica de este cultivo. Por ello, la selección recíproca recurrente (SRR) ha permitido el desarrollo de poblaciones de palma de aceite a través de varios ciclos de reproducción, los cuales han resultado en una mayor frecuencia de alelos favorables asociados a rasgos de interés para esta especie. En esta investigación se analizaron

las familias derivadas de los cruces *Deli dura* x *Africana dura*, evaluando la productividad, las características vegetativas y la cantidad de aceite de 7 progenies de *dura* por un periodo de 12 años, con el fin de estimar, a partir de la información recopilada, los parámetros genéticos, la heredabilidad y las correlaciones fenotípicas de los rasgos genéticos cuantitativos de las progenies enanas de alto rendimiento. Para ello, se acudió a un análisis de varianza, seguido de una comparación de medios para todos los rasgos estimados. El efecto de las progenies fue significativo ($p \leq 0,01$) para la mayoría de los rasgos analizados. Las cifras de productividad de las progenies, expresados en racimos de fruta fresca (RFF), oscilaron entre 165 y 208 kg RFF/palma/año. La relación aceite a racimo (A/R) osciló entre 17 y 19 %, con un promedio general de 18 %. Una de las características esenciales de este estudio fue el crecimiento vertical de la estípita. Los resultados señalan que las progenies P6 y P7 son aquellas con el menor incremento anual de altura, con valores que oscilan entre 0,29 y 0,33 m/año, indicando que se trata de cultivares de crecimiento lento con un alto rendimiento de RFF y A/R. Las heredabilidades más altas se encontraron para el rasgo vegetativo de altura (71,62 %) y el número de foliolos (46,64 %). Así mismo, se identificó que el desarrollo de los parentales *dura* con características de crecimiento lento, junto con una alta producción de racimos y de aceite, permite extender la vida productiva del cultivo a más de 35 años, otorgando un importante valor agregado a la obtención de cultivares diferenciados de palma de aceite.

Abstract

The low annual growth rate of the stipe in oil palm progenies is desirable to increase these crops' productive and economic life. Recurrent reciprocal selection (RRS) has allowed the development of oil palm populations through several breeding cycles with an increased frequency of favorable alleles associated with traits of interest. The present study evaluated families derived from *Deli dura* × *African dura* crosses. For 12 years, the yield, vegetative characteristics, and the amount of oil in seven *dura* progenies were assessed to estimate, from the information collected, the genetic parameters, heritability, and phenotypic correlations among quantitative genetic traits of high-yielding dwarf progenies. The analysis was carried out using analysis of variance, followed by a comparison of means for all estimated traits. The effect of the progenies was highly significant ($p \leq 0.01$) for most traits. The yield values, expressed in fresh fruit bunches (FFB) for the progenies, ranged from 165 to 208 kg per palm per year. The oil-to-bunch ratio (O/B) ranged from 17% to 19%, with an overall average of 18%. One of the essential characteristics in this study was the vertical growth of the stipe. Progenies P6 and P7 were identified as those with the lowest annual increase in height, with values of 0.29 and 0.33 m year⁻¹. The values indicate that these are slow-growing cultivars with a high FFB yield and O/B. The highest heritabilities were found for the vegetative trait height (71.62%) and the number of leaflets (46.64%). The development of *dura* parents with slow growth characteristics in combination with a high bunch and oil production allows extending the productive life of the crop to more than 35 years, providing added value to obtaining differentiated cultivars of oil palm.

Introducción

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es un cultivo perenne de semillas oleaginosas que se cultiva en regiones tropicales. La importancia agronómica de esta especie deriva de su alta capacidad para producir aceite, puesto que en condiciones óptimas alcanza entre 3 y 10 toneladas de aceite por hectárea [1]. Esta planta es la segunda fuente más importante de aceite vegetal a nivel mundial después de la soya, y cuenta con un área total sembrada cercana a 23 millones de

hectáreas. Latinoamérica es una de las regiones llamadas a satisfacer la demanda mundial de aceites, ya que posee el área suficiente de suelos aptos para la expansión de los cultivos oleaginosos, como la palma de aceite.

Se estima que en 2050 la producción global de aceite de palma será de 240 millones de toneladas [2], siendo una de las razones para incrementar la producción de este aceite, la alta demanda de aceites vegetales y biocombustibles. Actualmente, Colombia ocupa el cuarto lugar entre los países productores de

aceite de palma a escala mundial, superado por Indonesia, Malasia y Tailandia, y se ubica primero en Latinoamérica [1].

La palma de aceite cuenta con tres formas de fruto: *dura*, *pisífera* y *tenera*; esta última es un híbrido intraespecífico entre *dura* x *pisífera* [3]. Los tipos de fruto que definen el grosor o la ausencia del endocarpio están codificados por el gen *Sh* [4, 5]. Los cultivares comerciales son comúnmente del tipo *tenera*, ya que estos tienen una mayor proporción de mesocarpio en el fruto que el tipo *dura* y, por lo tanto, generan una mayor producción de aceite por hectárea [6, 7].

Para la producción de semillas comerciales, el parental femenino empleado es siempre de tipo *dura* [8]. Sobre el tema, los programas de mejoramiento genético de la palma de aceite, entre los que se incluyen el desarrollado por el Malaysian Palm Oil Board (MPOB), en Malasia; el CIRAD (*La Recherche Agonomique pour le Développement*), en Francia; A. S. D. (Semillas y clones de palma de aceite), en Costa Rica; y otros llevados a cabo en Ecuador y Colombia, han realizado colecciones o intercambios de germoplasma de palma de aceite como un recurso esencial para el desarrollo de nuevos cultivares [8]. En este sentido, el desarrollo de progenies juega un papel fundamental para la identificación de genotipos de alto rendimiento con alta variabilidad genética y la posibilidad de generar introgresiones de rasgos genéticos deseables [9].

En el país, la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) ha llevado a cabo ensayos de progenies tipo *dura* de genotipos asiáticos y africanos. Originalmente, los genotipos de la palma tipo *Deli dura* fueron introducidos en la década de 1940 a la estación agrícola de Lancetillas, en Honduras (América Central), desde el sudeste asiático [10]. Posteriormente, el Instituto de Fomento Algodonero (IFA) introdujo a Colombia progenies seleccionadas que fueron sembradas en las plantaciones Patuca y Pepilla, en el Caribe colombiano, donde las mejores familias fueron cruzadas con genotipos africanos. Esto dio lugar, en la década de 1960, a las primeras plantaciones comerciales de palma de aceite en Colombia, las cuales fueron desarrolladas con cultivares *dura*-IFA. A diferencia de las plantaciones actuales, que son de tipo *tenera*, estos eran cultivares con frutos tipo *dura*. Así, se realizaron nuevos procesos de mejoramiento genético con evaluaciones y selecciones de los mejores individuos, que fueron

identificados a partir de sus cifras de rendimiento y características vegetativas, tales como el lento crecimiento de la estípita. Posteriormente, se crearon progenies élite de *dura* a partir de las mejores variables genéticas identificadas, introduciendo características adicionales como un crecimiento lento y un alto potencial de producción de racimos y aceite. Las palmas seleccionadas fueron sembradas en campo en 2005, y actualmente se conocen como la población *dura* de lento crecimiento, o también como progenies enanas *dura*, de Cenipalma.

La selección recíproca recurrente (SRR) en la palma de aceite permite el desarrollo de dos poblaciones diferentes, independiente de los rasgos de interés. Posteriormente, estas poblaciones se combinan con el objetivo de evaluar y seleccionar los mejores ejemplares para un nuevo ciclo de reproducción, manteniendo un alto grado de variación genética. El ciclo productivo del cultivo de palma de aceite es de entre 25 y 30 años, el cual puede llegar a extenderse si se generan cultivares de crecimiento reducido con alta productividad y otras características de interés [11].

La estimación de los parámetros genéticos de las poblaciones en mejoramiento genético es de gran importancia, ya que esto permite conocer la estructura genética de dichas poblaciones y controlar las características deseadas. Además, este proceso es esencial para evaluar la variabilidad genética de las poblaciones y orientar la selección del método de mejoramiento apropiado para la obtención de los resultados esperados [12-15]. Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo estimar el comportamiento de los parámetros genéticos de los principales rasgos de interés en las poblaciones enanas de palma de aceite variedad *dura*, con el fin de optimizar los procesos de selección y mejoramiento de cultivares altamente productivos y con un ciclo de vida más largo.

Materiales y métodos

Material vegetal

La población *dura* enana, o de lento crecimiento, de Cenipalma está compuesta por siete progenies de hermanos completos (HC) resultantes de procesos recurrentes de selección de poblaciones *dura*-IFA y *dura* africana provenientes de Eala, en el Congo (anteriormente Zaire) [10]. Las poblaciones de *dura*-IFA, caracterizadas por una alta producción de aceite y racimos, fueron cruzadas con parentales de crecimen-

to vertical lento, identificadas en este estudio como P1 a P7. Las progenies obtenidas estuvieron en vivero durante 12 meses y posteriormente fueron trasplantadas a su sitio final, en 2005. Para ello, se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 3 bloques y 12 plantas por cada unidad experimental. Las mediciones se realizaron entre 2008 y 2020. En el área de estudio, las condiciones climáticas registraron precipitaciones anuales de entre 2.194 y 4.005 mm/año, con una media de 3.155 mm. Por su parte, las prácticas de manejo agronómico se realizaron bajo los estándares de siembra del Campo Experimental El Palmar de la Vizcaína (CEPV), entre las que se incluye la fertilización balanceada (expresada en kilogramos por planta) de N (1,23), P (0,50), K (2,51), Mg (0,34), S (0,21) y B (0,05), según los resultados de los análisis foliares y de suelos efectuados [16].

Variables de respuesta

Los registros de producción fueron tomados entre el año 3 y 12 después de la siembra, registrando los racimos de fruta fresca (RFF), número de racimos (NR) y peso promedio de racimo (PMR) para cada palma en todas las unidades experimentales analizadas y durante 2 y 3 ciclos de cosecha por mes. Los valores de estos componentes se obtuvieron empleando la expresión (1), que se presenta a continuación:

$$\begin{aligned} \text{RFF (kg palma}^{-1} \text{ año}^{-1}) &= \sum_{i=1}^n \text{PTR}_i \quad (1)^1 \\ \text{NR (racimos palma}^{-1} \text{ año}^{-1}) &= \sum_{i=1}^n \text{PTR}_i \\ \text{PMR (kg)} &= \frac{\text{RFF}}{\text{NR}} \end{aligned}$$

Entre 2009 y 2020 se realizaron cinco rondas de mediciones de las características vegetativas. El cálculo de la producción de hojas (PF), la sección transversal del peciolo (STP), la longitud del raquis (LR), la longitud del foliolo (LF), el número de foliolos (NF), el área foliar (AF), el índice de área foliar (IAF) y el diámetro del estípite (DT) fue realizado utilizando la metodología propuesta por Corley y Breure [16]. Para calcular el incremento anual de la altura (AT), se midió la altura de la palma desde el nivel del suelo hasta la base de la hoja 41, según la filotaxis

de la palma [17]. Posteriormente, el AT fue calculado utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{AT por año (aumento de altura/año)} = \frac{(\text{altura en año } t) - (\text{altura en año } t-2)}{(t-2)}$$

Donde t es la edad de la palma (en años) desde la fecha de siembra hasta el momento de una medición determinada. El área foliar (AF) se calculó utilizando la ecuación propuesta por Hardon, Williams y Watson [18], la cual se muestra a continuación:

$$\text{AF} = b \times (n \times lw)$$

donde:

AF: área foliar (m^2)
n: número de foliolos
lw: ancho x largo de los foliolos (cm)
b: factor de corrección (0,55).

El índice del área foliar (IAF) se define como la proporción del área foliar por unidad de área de suelo. Este se considera un factor esencial para determinar la capacidad del cultivo de capturar energía solar [19]. El IAF se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{IAF} = \text{AF} \times \text{PF} \times \text{densidad de siembra} / 10.000$$

donde:

AF: área foliar
PF: producción de hojas (total de hojas por palma)

Las metodologías propuestas anteriormente [19-20], modificadas por Prada y Romero [21], fueron utilizadas para calcular el contenido de aceite y los componentes de los RFF, tomando muestras de dos a tres racimos de cada palma entre 2008 y 2020. Para evitar la variación estacional con el tiempo, se tomaron muestras de racimos maduros (mínimo cinco frutos sueltos) al menos tres meses después de tomada la muestra anterior en una misma palma. Los rasgos de producción evaluados de aceite fueron, peso medio del fruto (PMF), la relación racimo a espiga (R/E), la relación aceite a mesocarpio seco (A/MS), la relación aceite a mesocarpio fresco (A/MF), la relación aceite a racimo (A/R), la relación fruto normal a racimo (FN/R), el *fruit set* (FS), la relación mesocarpio a fruto (M/F), la relación almendra a fruto (A/A) y la relación de hueso-fruto (C/F).

1 n representa el número de rondas de cosecha y PTR el peso total de los RFF (kg).

Análisis estadístico

Los datos recopilados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) bajo un modelo lineal generalizado, como se detalla en la Tabla 1, utilizando el *software* GENES y la versión 4.1.1 del paquete R. Debido a la naturaleza perenne del cultivo de palma de aceite, los años se consideraron como ambientes para el modelo lineal. A continuación, se presenta el modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B_k + A_j + GE_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} : fenotipo de la palma k de la progenie i y la réplica j
 G_i : efecto de la progenie i
 B_k : efecto del bloque k
 A_j : efecto del año j
 GE_{ij} : la interacción entre la progenie y el año
 ε_{ijk} : error residual resultante de las contribuciones ambientales.

Las medias se compararon utilizando la prueba de diferencia honestamente significativa (DHS), o prueba de Tukey. Además, se utilizó el coeficiente de correlación de clase o heredabilidad en sentido amplio (H^2) para estimar la heredabilidad en todos los rasgos evaluados [22]:

$$H^2_B = \frac{\sigma^2_g}{(\sigma^2_g + \sigma^2_{ga} + \sigma^2_e)}$$

donde:

σ^2_g : varianza de genotipo
 σ^2_{ga} : interacción entre varianza de genotipo y varianza anual
 σ^2_e : varianza ambiental.

En cuanto a las correlaciones múltiples, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para medir el grado de asociación de los rasgos genéticos cuantitativos de las progenies estudiadas.

Resultados y discusión

Rasgos del componente de productividad

La Tabla 2 presenta los cuadrados medios del análisis de varianza para las características RFF, NR y PMR. Nuestros hallazgos muestran que los efectos de las progenies y el año de siembra fueron significativos para todos los componentes de la variable productividad. Del mismo modo, la interacción $G \times E$ reportó datos significativos en los componentes NR y PMR, pero no para RFF, lo cual muestra un comportamiento consistente de la producción de RFF durante el periodo analizado. No obstante, aunque se encontraron diferencias significativas para la interacción $G \times E$, el componente de varianza de esta fue bajo en comparación con el reportado para las progenies y las réplicas. Así, la alta significancia obtenida ($p \leq 0,01$) para RFF, NR y PMR en las progenies analizadas durante el periodo de evaluación, da cuenta de una alta variabilidad genética con un amplio margen de selección que permite avanzar en la obtención de progenies altamente productivas. Arolu *et al.* [23] reportaron resultados similares en cultivares de Deli *dura* y Nigeria *pisifera*, identificando una alta significancia para el efecto de las progenies en los componentes de la productividad (RFF, NR, PMR) del cultivo de palma de aceite. Así mismo, estudios realizados en Indonesia con 23 progenies de *dura* x *pisifera* mostraron diferencias significativas entre los años de evaluación estudiados [24].

Tabla 1. Esquema del modelo ANOVA y cuadrados medios esperados (CME) para el análisis de progenie de hermanos completos.

Esquema	df	CM	CME
Réplicas (R)	(r-1)	MS1	$\sigma^2_e + \sigma^2_{ga} + \sigma^2_r$
Progenie (G)	(g-1)	MS2	$\sigma^2_e + \sigma^2_{ga} + \sigma^2_g$
Año (E)	(a-1)	MS3	$\sigma^2_e + \sigma^2_{ga} + \sigma^2_a$
$G \times E$	(g-1) (a-1)	MS4	$\sigma^2_e + \sigma^2_{ga}$
Error			σ^2_e

σ^2_g = varianza de genotipo; σ^2_{ga} = interacción entre varianza de genotipo y varianza anual; σ^2_e = error.

Tabla 2. Componentes de cuadrados medios y varianza para los factores de productividad de progenies *dura x dura*.

Fuente de la variación	df	RFF	NR	PMR
Réplicas (R)	2	5.329,40	15,29	4,72
Progenie (G)	6	7.739,85**	47,99**	50,45**
Año (E)	9	29.154,64**	782,39**	533,39**
G × E	54	808,50 ns	10,54**	3,00**
Error	138	854,14	3,66	2,02
Componentes de varianza				
σ^2 G		231,05 (21,5)§	1,25 (18,2)	1,58 (40,7)
σ^2 G.E.		-13,04 (-1,2)	1,96 (28,6)	0,28 (7,2)
σ^2 e		854,14 (79,7)	3,66 (53,3)	2,02 (52,0)

RFF: racimos de fruta fresca (kg/palma); NR: número de racimos (racimos/palma), PMR: peso promedio del racimo (kg/racimo); σ^2 G: varianza de las progenies, σ^2 GE: varianza de las progenies por año; σ^2 e: varianza del error; § componente de la varianza como porcentaje de la varianza total.

** $p < 0,01$; no significativo (ns) $p > 0,05$.

La comparación de medias a través de la prueba de Tukey mostró que el rasgo RFF oscilaba entre 165 y 208,4 kg/palma, siendo las progenies P3 (209,4) y P1 (192,6) significativamente diferentes a las demás. El componente de NR estuvo entre 11,04 y 14,25 racimos/palma, donde las progenies P5 y P3 fueron significativamente diferentes a las demás y reportaron los valores más altos, con 13,99 y 14,25 racimos/palma, respectivamente. Los valores para PMR se ubicaron entre 15,30 y 18,75 kg/racimo, con progenies sobresalientes como P1 (18,75 kg) y P6 (18,15 kg), como se muestra en la Tabla 3. Noh *et al.* [25] reportaron valores de NR entre 5,9 y 11 racimos/palma y cifras para PMR entre 18 y 28,1 kg/racimo en progenies *dura* nigeriana y *dura* × Deli, los cuales son menores que los resultados para NR y mayores que los valores de PMR registrados en este estudio.

La prueba de Tukey efectuada arrojó diferencias significativas para los años evaluados (Tabla 3). Durante los primeros años productivos (o etapa joven), las progenies analizadas muestran un NR alto (15-20 racimos/palma) y un PMR bajo (9-13 kg/racimo), lo que contrasta con los datos obtenidos para la etapa adulta de la planta, donde los valores de NR fueron inferiores (7-13 racimos/palma) y los de PMR incrementaron (14-23 kg/racimo). Este comportamiento era de esperarse y los valores obtenidos coinciden con los reportados en cultivares comerciales de *tenera* [16]. El año 14 después de la siembra en campo presentó los valores más bajos para los rasgos RFF y NR, lo cual se debe principalmente a los efectos cli-

máticos que impactaron el rendimiento de los cultivos en el CEPV, donde se llevó a cabo el ensayo, puesto que la precipitación en este lugar tuvo una disminución de más de 300 mm en comparación con años anteriores, con el agravante de que dicho año, en particular, registró 5 meses de déficit hídrico, con registros mensuales de menos de 150 mm (valor óptimo para el cultivo).

Rasgos vegetativos

La Tabla 4 incluye los datos correspondientes a los cuadrados medios de los rasgos vegetativos, evidenciando que la influencia de las progenies fue bastante significativa ($p \leq 0,01$) en casi todos los rasgos, excepto en DT. Del mismo modo, el efecto del año mostró altas significancias en las características vegetativas, excepto para AT, lo cual resulta esencial para determinar la estabilidad del crecimiento de las progenies. Debido a que esta última característica representa más de 71 % de la varianza genética, se estima que debe ser poco influenciada por las condiciones ambientales. Al respecto, estudios realizados en progenies de palma *dura* × *pisifera* mostraron que el componente de varianza genética para estos rasgos vegetativos está entre 35,2 y 82,5 %, siendo la altura el rasgo vegetativo con la influencia genética más significativa [26]; información que contrasta con los resultados del presente estudio, donde el efecto genético más importante es el rasgo AT, con valores de 12 a 71 %. Por otro lado, otras investigaciones reportan

Tabla 3. Medias de los rasgos del componente de productividad de las progenies estudiadas.

Progenie	RFF	NR	PPR
P1	192,62 b	11,52 bc	18,75 a
P2	173,07 cd	11,75 bc	16,71 b
P3	208,44 a	13,99 a	17,40 b
P4	165,02 d	12,17 b	15,30 c
P5	182,50 bc	14,25 a	15,86 c
P6	169,34 cd	11,04 c	18,15 a
P7	166,27 cd	11,64 bc	15,81 c
Media del ensayo	179,61	12,34	16,85
CV (%)	8,94	10,25	7,69
Años después de la siembra (ADS)			
ADS 3	185,07 c	20,80 b	9,15 g
ADS 4	221,70 a	23,28 a	9,55 g
ADS 5	206,65 ab	15,87 c	13,02 f
ADS 6	193,49 bc	13,13 d	14,72 e
ADS 7	175,87 c	9,05 f	19,51 c
ADS 10	207,77 ab	11,76 e	17,71 d
ADS 11	176,01 c	8,95 f	19,76 c
ADS 12	186,44 c	9,67 f	19,37 c
ADS 13	154,39 d	7,07g	21,96 b
ADS 14	88,69 e	3,78 h	23,78 a
Media en la etapa joven (ADS 3-5)	204,47	19,98	10,57
CV (%)	9,00	18,88	20,13
Media en la etapa adulta (ADS 6-14)	168,95	9,05	19,54
CV (%)	23,13	33,68	14,84
Media del ensayo	179,61	12,34	16,85
CV (%)	20,75	49,48	29,90

RFF: racimo de fruta fresca (kg/palma); NR: número de racimos (racimos/palma); PPR: peso promedio del racimo (kg/racimo); CV: coeficiente de variación. Las medias seguidas por la misma letra dentro de una misma columna no son significativas para $p < 0,05$ por prueba de Tukey ($n = 252$).

diferencias significativas para el IAF entre progenies y años de evaluación. Sobre el tema, trabajos recientes con germoplasma de *E. guineensis* han generado instrucciones particulares para el análisis de este rasgo vegetativo [27].

El efecto del genotipo y el año mostraron diferencias bastante significativas ($p \leq 0,01$) para la característica LR. Al respecto, Arolu *et al.* [22] dan cuenta de significancia en la interacción genotipo, réplica y reproducción de genotipo en los rasgos de esta característica (LR) en progenies *dura* x *pisifera*. Por su parte, Myint *et al.* [27] reportaron diferencias signi-

ficativas por el efecto de la interacción de familias, poblaciones y poblaciones familiares para el rasgo LR en germoplasma de *E. guineensis* proveniente de Senegal. En general, el efecto ambiental contribuye significativamente a determinar las características vegetativas menos estables, las cuales se modifican durante las etapas de desarrollo de la planta, como en el caso específico del diámetro de la estípita.

Alvarado y Henry [28] señalan que se requieren entre 4 y 5 ciclos de cultivo (60 años de pruebas de campo) para poder fijar el rasgo genético de un fenotipo compacto con valores de productividad aceptables.

Tabla 4. Componentes de los cuadrados medios y varianza de los rasgos de productividad de progenies *dura x dura*.

Fuente de la variación	df	PF	STP	LR	LF	AnF	NF	AT	AF	IAF	DT
Réplicas (R)	2	50,280	0,100	0,020	119,870	0,410	35,200	0,019	0,656	0,495	0,000
Progenie (G)	6	91,480**	0,200**	0,640**	520,360**	3,080**	410,760**	0,061**	2,200**	1,213**	0,005 ns
Año (E)	4	3.269,880**	102,300**	7,610**	27.410,430**	154,850**	3.276,130**	0,003 ns	58,512**	13,218**	0,347**
G × E	24	22,720 ns	0,060 ns	0,060 ns	75,260**	0,840**	29,610 ns	0,002 ns	0,454 ns	0,300 ns	0,003**
Error	68	23,880	0,070	0,050	44,380	0,180	28,860	0,002	0,284	0,252	0,000
Componentes de varianza											
$\sigma^2 G$		4,584 (16,3)§	0,009 (12,2)	0,039 (42,2)	29,673 (35,8)	0,149 (28,8)	25,410 (46,6)	0,004 (71,6)	0,116 (25,9)	0,061 (18,7)	0,000 (12,6)
$\sigma^2 G.E.$		-0,331 (-1,2)	-0,003 (-3,7)	0,003 (3,1)	8,823 (10,6)	0,189 (36,4)	0,214 (0,4)	0,000 (0,7)	0,049 (10,8)	0,014 (4,3)	0,001 (55,0)
$\sigma^2 e$		23,880 (84,9)	0,070 (91,5)	0,050 (54,6)	44,380 (53,5)	0,180 (34,8)	28,860 (53,0)	0,002 (27,7)	0,284 (63,3)	0,252 (77,1)	0,000 (32,4)

PF: producción de hojas (número de hojas/palma); STP: sección transversal del pecíolo (cm²); LR: longitud del raquis (cm); LF: longitud de los foliolos (cm); AnF: ancho de los foliolos (cm); NF: número de foliolos; AT: altura anual de la palma (m/año); AF: área foliar (cm²); IAF: índice del área foliar; DT: diámetro del tronco de la palma (m); $\sigma^2 G$: varianza de las progenies; $\sigma^2 G.E.$: varianza de las progenies por réplica; $\sigma^2 e$: varianza del error. La estimación negativa de la varianza se considera igual a cero; § componente de la varianza como porcentaje de la varianza total.

* Significativo en $p < 0,05$; ** significativo en $p < 0,01$; ns no significativo en $p > 0,05$.

No obstante, el presente estudio registró valores para los diferentes rasgos genéticos de dos ciclos de reproducción con progenies significativamente promotoras en cuanto a los rasgos de fenotipo compacto y alta productividad en un menor tiempo. Las diferencias identificadas en este estudio muestran una amplia variabilidad entre las progenies analizadas, lo que permitirá avanzar en la obtención de cultivares de crecimiento lento, una característica esencial para incrementar el ciclo de vida económico de las plantaciones de palma de aceite, haciendo posible que la fase de resiembra se pueda llevar a cabo hacia los 25 años, con lo cual se estima un aumento de 35 % en la vida productiva de este cultivo.

La Tabla 5 muestra los rasgos vegetativos de las progenies evaluadas y la comparación entre cada año de evaluación. Las medias de PF oscilaron entre 40,74 y 46,67 hojas/palma y solo P1 y P7 fueron significativamente diferentes ($p \leq 0,01$) para este rasgo. Para el rasgo STP, P3 y P4 fueron significativamente diferentes con respecto a las demás, con valores de 26,32 y 22,68 cm², respectivamente.

Para el rasgo LR, se formaron dos grupos significativamente diferentes, donde P1, P3, P5 y P6 registraron valores que oscilan entre 4,6 y 4,76 y P2, P4 y P7 valores entre 4,28 y 4,34.

Para los rasgos LF y AnF, P1, con valores de 93,78 y 8,71 cm, respectivamente, fue significativamente diferente a las demás progenies, destacándose por presentar los valores más altos para estas dos características de desarrollo vegetativo. En varias progenies de Deli *dura x* AVROS *pisifera*, los promedios generales de LF y AF fueron de 94,89 y 5,57 cm, respectivamente [24], los cuales son valores comparables con los obtenidos en esta investigación. Por su parte, el NF no presentó una amplia variación estadística entre progenies, tras incluir a P1, P3, P5 y P6 en un mismo grupo y a P2 y P7 en otro; P4 fue significativamente diferente, registrando el valor más bajo. Por último, el AF varió entre 6,40 m² en P4 y 7,35 m² en P1, con un promedio general de 6,84 m² para toda la población.

Para la variable IAF se registraron diferencias significativas entre las progenies evaluadas, donde P1 reportó el valor más alto (5,49) y P5 el más bajo (4,72), considerando que un rango entre 5 y 5,5 es óptimo para las plantas de palma de aceite una vez transcurridos diez años desde el momento de siembra [18, 29], lo que en la práctica se puede lograr con una densidad de siembra adecuada.

Según la literatura, con un IAF entre 5,5, y 6 [30] se podría alcanzar el máximo rendimiento por hectárea

Tabla 5. Medias de los rasgos vegetativos de las progenies evaluadas.

Progenie	PF	STP	LR	LF	AnF	NF	AT	AF	IAF	DT
P1	46,67 a	24,16 ab	4,68 a	93,78 a	8,71 a	157,71 a	0,47 a	7,35 a	5,49 a	0,33 a
P2	45,90 ab	23,87 ab	4,34 b	75,09 c	7,62 c	150,49 b	0,43 ab	6,59 cd	5,09 ab	0,33 a
P3	41,33 ab	26,32 a	4,76 a	85,46 b	8,57 a	156,98 a	0,42 b	7,19 ab	5,17 ab	0,30 bc
P4	46,21 a	22,68 b	4,28 b	78,68 bc	7,56 c	144,08 c	0,43 ab	6,40 d	5,12 b	0,32 ab
P5	43,06 ab	24,01 ab	4,68 a	82,54 b	7,86 bc	157,38 a	0,39 b	6,54 d	4,72 b	0,29 c
P6	42,33 ab	24,81 ab	4,69 a	84,57 b	8,28 ab	158,42 a	0,29 d	7,17 bc	5,43 ab	0,29 c
P7	40,74 b	23,50 ab	4,34 b	81,55 bc	7,92 bc	154,01 ab	0,33 c	6,63 bcd	5,09 b	0,30 c
Media del ensayo	43,75	24,19	4,54	83,09	8,07	154,15	0,39	6,84	5,16	0,31
CV (%)	5,64	4,72	4,56	7,09	5,61	3,39	16,14	5,60	4,93	5,65
Años después de la siembra (ADS)										
ADS 4	63,05 a	9,96 d	4,28 c	103,60 b	5,62 d	135,00 d	0,38 a	4,76 e	4,30 b	0,25 a
ADS 6	48,04 b	11,84 c	4,77 b	114,74 a	6,12 c	150,28 c	0,40 a	5,91 d	4,02 b	0,26 a
ADS 8	30,43 d	40,54 b	3,60 d	47,65 c	11,10 a	157,23 b	0,41 a	6,76 c	2,94 c	0,25 a
ADS 10	37,68 c	12,39 c	4,96 ab	109,41 a	6,58 b	160,03 b	0,40 a	7,61 b	4,06 b	0,25 a
ADS 14	39,53 c	65,66 a	5,06 a	40,07 d	10,96 a	168,23 a	0,39 a	9,16 a	5,16 a	N,A,
Media del ensayo	43,75	28,08	4,54	83,09	8,08	154,15	0,40	6,84	4,10	0,25
CV (%)	28,53	87,34	13,27	43,48	33,66	8,10	2,88	24,43	19,37	1,98

PF: producción de frondas (número de hojas/palma); STP: sección transversal del peciolo (cm²); LR: longitud del raquis (cm); LF: longitud de los folíolos (cm); AnF: ancho de los folíolos (cm); NF: número de folíolos; AT: altura anual de la palma (m/año); AF: área foliar (cm²); IAF: índice de área foliar; DT: diámetro del tronco de la palma (m); CV: coeficiente de variación. Las medias seguidas por la misma letra dentro de una misma columna no son significativas para $p < 0,05$ por prueba de Tukey ($n = 252$).

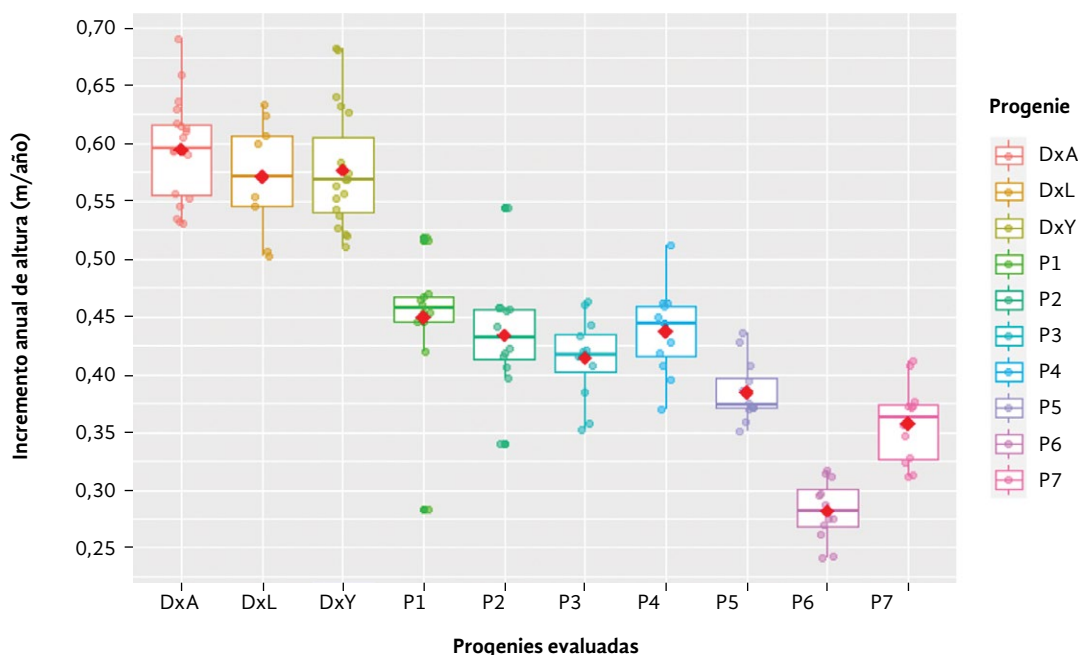
en los cultivares comerciales de palma de aceite. Los valores de IAF presentados en este estudio se refieren al año 14 después de la siembra (última medición de esta característica), con un promedio general de 5,16 para toda la población, donde P1 y P6 reportaron valores de IAF cercanos a 5,5, cifra que coincide con el valor óptimo para la productividad del cultivo.

Las comparaciones en los años de evaluación muestran un desarrollo normal para este tipo de cultivo, donde las cifras de algunos rasgos vegetativos, como LF, AnF, NF, AF e IAF, incrementan a medida que la planta crece. Estos rasgos definen la arquitectura de la planta, la cual es esencial para la implementación de prácticas agronómicas orientadas a reducir los costos de la mano de obra y mejorar la mecanización de la labor de cosecha [31].

El incremento anual en la altura de la palma varió entre 0,29 m/año en P6 y 0,47 m/año en P1, con un promedio general de 0,19 m/año para toda la población evaluada. Los autores también compararon esta tasa de crecimiento con aquella de cultivares comerciales sembrados en el CEPV, bajo condiciones de

suelos y manejo similares, identificando que las progenies enanas de Cenipalma reportaron valores inferiores que los cultivares más comunes sembrados alrededor del mundo, como Deli x AVROS, Deli x La Mé y Deli x Yangambi (Figura 1). Arolu *et al.* [22] reportaron las características de los cultivares compactos Deli *dura* x Nigeria *pisifera*, en los que se evidencian incrementos de altura entre 0,22 y 0,34 m/año en diferentes progenies de *tenera*. Los estudios realizados en cultivares comerciales de palma de aceite Deli x AVROS y Deli x Ghana registraron un crecimiento anual en la altura del tallo entre 0,90 y 1,20 m [32], cifras mucho más altas a las registrados en las progenies *dura* de Cenipalma. Por el contrario, investigaciones con híbridos interespecíficos OxG (*E. oleifera* x *E. guineensis*) mostraron un incremento anual promedio de 0,41 m/año en la altura de la palma, con una rango entre 0,23 y 0,65 m/año [33], similar a los resultados obtenidos por este estudio. Sin embargo, a pesar de que la tasa de crecimiento del tallo en nuestro ensayo es altamente consistente (H^2) a lo largo de los años, con un bajo G x E, esta puede variar al realizar comparaciones entre palmas sembradas en otros lugares

Figura 1. Incremento anual de la altura de siete progenies de *dura* x *dura* y tres cultivares comerciales de *tenera*. Los puntos rojos corresponden al promedio general de las progenies (o cultivares) y las líneas horizontales a la mediana. DxA: Deli x AVROS; DxL: Deli x La Mé; DxY: Deli x Yangambi; P1 a P7: progenies enanas de *dura* x *dura*



debido a la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua y el manejo agronómico.

A partir de los resultados obtenidos en las progenies *dura* x *dura*, es posible seleccionar las mejores familias y las mejores palmas por familia adoptando la metodología FIPS de selección familiar e individual [34]. De esta manera, los mejores individuos podrían ser empleados para desarrollar nuevas progenies enanas a través de un nuevo ciclo de SRR. Por lo anterior, se identificaron aquellos individuos que crecían a una tasa inferior a 0,20 m/año, buscando obtener cultivares comerciales de crecimiento lento y prolongar el crecimiento económico y la vida productiva de los cultivos de palma de aceite, aumentando con ellos la rentabilidad de este negocio.

Rasgos de la calidad del racimo

Los cuadrados medios correspondientes a los rasgos de conformación del racimo se presentan en la Tabla 6, donde se observa que el efecto de las progenies evaluadas fue significativo ($p \leq 0,01$) para la mayoría de las características del aceite, excepto A/MS, FN/R

y FS. Estas diferencias indican una gran diversidad genética en tales características, ampliando así la oportunidad de seleccionar los parentales con las mejores características y avanzando en el desarrollo de programas de mejoramiento genético de la palma de aceite. La investigación realizada por Marhalil *et al.* [35] da cuenta de diferencias significativas para estas características en las progenies evaluadas en germoplasmas de Nigeria, Zaire y Camerún. En el caso de esta investigación, la influencia de los años evaluados mostró diferencias bastante significativas ($p \leq 0,01$) para todos los rasgos considerados, mientras que el efecto de la interacción entre G x E no presentó diferencias significativas en ANOVA, excepto para el rasgo R/E ($p \leq 0,05$).

La variación genética encontrada en las progenies de este estudio para los componentes del racimo y la cantidad de aceite en racimo permitirá la introgresión de nuevos rasgos, lo que ampliaría el alcance de la selección de madres del tipo *dura*. El rasgo A/R es una de las características más importantes para los programas de mejoramiento de cultivos. Así, y con base en los resultados obtenidos en esta investiga-

Tabla 6. Componentes de varianza de cuadrados medios para los rasgos de calidad de racimos de las progenies *dura* x *dura*.

Fuente de la variación	df	PMF	R/E	A/MS	A/MF	A/R	FN/R	FS	M/F	A/F	C/F
Réplicas (R)	2	5,51	3,6	15,52	60,32	18,69	88,1	45,63	18,56	2,53	9,05
Progenie (G)	6	11,62**	21,21**	5,86 ns	68,96**	20,14**	158,12 ns	83,51 ns	114,52**	47,48**	32,74**
Año (E)	5	42,24**	9,00**	76,46**	94,4**	61,26**	1037,93**	1782,49**	98,99**	51,7**	50,32**
G x E	30	1,47 ns	1,90**	7,54 ns	11,78 ns	6,01 ns	85,18 ns	44,93 ns	11,83 ns	3,1 ns	5,67 ns
Error	82	1,99	1,04	4,84	11,44	5,79	58,35	52,44	11,88	3,07	5,22
σ^2 G		0,56 (23,44)§	1,07 (45,49)	0,09 (-1,69)	3,18 (21,59)	0,79 (11,83)	4,05 (5,78)	2,14 (4,09)	5,71 (32,47)	2,47 (44,47)	1,50 (21,95)
σ^2 GE		-0,15 (-6,18)	0,25 (10,42)	0,77 (13,98)	0,10 (0,66)	0,06 (0,95)	7,67 (10,94)	-2,15 (-4,09)	-0,01 (-0,08)	0,01 (0,15)	0,13 (1,88)
σ^2 e		1,99 (82,73)	1,04 (44,10)	4,84 (87,71)	11,44 (77,75)	5,79 (87,23)	58,35 (83,28)	52,44 (100)	11,88 (67,61)	3,07 (55,37)	5,22 (76,18)

PMF: peso promedio del fruto (gr); R/E: racimo a espiga (%); A/MS: aceite-mesocarpio seco (%); A/MF: aceite-mesocarpio fresco (%); A/R: aceite-racimo (%); FN/R: fruto normal-racimo (%); FS: *fruit set* (%); M/R: mesocarpio-fruto (%); A/F: almendra-fruto (%); C/F: cuesco a fruto (%); σ^2 G: varianza de la progenie; σ^2 GE: varianza de progenie por año; σ^2 e: varianza del error; σ^2 ga: varianza anual de la progenie; la estimación negativa de la varianza se considera igual a 0; § componente de varianza como porcentaje de la varianza total.

* Significativo en $p < 0,05$; ** significativo en $p < 0,01$; ns no significativo en $p > 0,05$.

ción, es posible avanzar en la creación de nuevas progenies que mantengan altos valores de extracción de aceite y rasgos de componentes de fruto como la relación entre M/F, C/F y A/F. Nuestros hallazgos frente a estos rasgos dan cuenta de aspectos prometedores para la generación de progenies con más de una característica de alto valor agronómico para el cultivo de la palma de aceite, mejorando con ello tanto la relación A/R como la producción de RRF. Al respecto, los resultados de los estudios de Marhalil *et al.* [35] resaltan la importancia de identificar una amplia variabilidad y diversidad genética de estas características para la selección de los parentales indicados. Por ello, el conocimiento sobre los parámetros genéticos de los materiales de palma de aceite es estratégico para la selección de los mejores materiales de siembra. En lo que respecta al rasgo A/R, los resultados de esta investigación muestran que existe una amplia variación, lo que concuerda con una investigación realizada en germoplasma africano de palma de aceite, en la que se registraron valores que oscilan entre 19,51 y 5,61 % para esta variable [36].

La Tabla 7 muestra la comparación de la prueba de Tukey para los rasgos de los componentes del racimo en las progenies y los años de evaluación. Las

progenies presentaron un promedio de 9,88 g para este rasgo, mientras que el rasgo R/E osciló entre 88,97 y 91,81 %, con un promedio general de 90,48 %. Para el rasgo PMF, P5 y P2 registraron valores de 8,53 y 10,94 g, respectivamente, lo que corresponde al valor más alto y el más bajo entre las progenies analizadas. De otro lado, los valores para el rasgo de A/MS se situaron entre 78 y 79,62 %, mientras que los resultados para A/MF oscilaron entre 50,68 y 55,12 %. P5 obtuvo los valores más altos de toda la población para estos dos rasgos genéticos.

Los datos recopilados para el rasgo O/B muestran que P4 tiene el valor más alto (19,02 %), seguida por P5 (18,98 %) y P2 (18,96 %), mientras que la población general presentó un valor promedio de 18,25 %. La de palmas Deli *dura* del programa de mejoramiento genético de A. S. D., en Costa Rica, muestra un contenido promedio en A/R de 20 % [28], cifras comparables con las de esta investigación. Por otra parte, estudios realizados con diferentes progenies de *tenera* reportan valores en A/R entre 21 y 23 % [35]. Sin embargo, la combinación apropiada de palmas *dura* con palmas *pisifera* podría incrementar esta variable, según informan los registros de diferentes progenies de *dura* x *pisifera* evaluadas en Malasia, cuya A/R oscila entre 25 y 29 % [22].

Tabla 7. Media de los rasgos de calidad del racimo de las progenies analizadas.

Progenie	PMF	R/E	A/MS	A/MF	A/R	FN/R	FS	M/F	A/F	C/F
P1	10,42 ab	90,54 bc	78,77 a	51,19 b	18,51 a	67,46 a	74,09 a	57,30 ab	13,81 bc	28,89 b
P2	10,94 a	91,81 a	78,42 a	53,32 ab	18,96 a	65,86 a	76,35 a	56,04 bc	14,82 b	29,13 b
P3	10,08 ab	89,78 cd	78,38 a	52,03 ab	16,84 a	61,03 a	69,98 a	52,89 cd	14,68 b	32,42 a
P4	9,67 bc	91,49 ab	78,00 a	55,07 a	19,02 a	66,39 a	74,71 a	53,97 bcd	15,27 b	30,75 ab
P5	8,53 c	88,97 d	79,62 a	55,12 a	18,98 a	68,67 a	72,44 a	54,55 bcd	15,18 b	30,27 ab
P6	10,29 ab	89,50 d	78,29 a	50,68 b	16,61 a	65,34 a	71,92 a	51,87 d	17,82 a	30,31 ab
P7	9,25 bc	91,23 ab	79,21 a	55,21 a	18,84 a	61,17 a	71,60 a	59,04 a	12,48 c	28,48 b
Media del ensayo	9,88	90,48	78,67	53,23	18,25	65,13	73,01	55,10	14,87	30,04
CV (%)	8,13	1,20	0,73	3,68	5,80	4,55	2,95	4,58	10,92	4,49
Años después de la siembra (ADS)										
ADS 3	8,70 d	91,49 a	79,55 a	51,34 c	17,93 b	74,88 a	87,13 a	53,28 c	16,6 a	30,12 a
ADS 5	9,18 cd	90,85 ab	74,94 b	51,47 bc	15,61 c	68,51 ab	79,72 b	52,95 c	15,54 ab	31,51 a
ADS 7	11,85 a	89,95 bc	79,48 a	54,48 ab	17,82 b	54,93 d	62,77 e	54,10 c	14,93 b	30,98 a
ADS 9	11,12 ab	89,80 c	80,25 a	56,88 a	20,86 a	63,62 bc	70,38 cd	58,16 a	11,96 c	29,87 a
ADS 11	10,21 bc	90,71 bc	79,23 a	52,89 bc	18,96 ab	68,51 ab	73,32 bc	54,71 bc	14,66 b	30,63 a
ADS 14	8,25 d	90,05 bc	78,57 a	52,32 bc	18,31 b	60,33 cd	64,75 de	57,37 ab	15,52 ab	27,11 b
Media del ensayo	9,89	90,48	78,67	53,23	18,25	65,13	73,01	55,10	14,87	30,04
CV (%)	14,35	0,72	2,43	3,98	9,36	10,79	12,62	3,94	10,55	5,15

PMF: peso medio del fruto (gr); R/E: racimo a espiga (%); A/MS: aceite a mesocarpio seco (%); A/MF: aceite a mesocarpio fresco (%); A/R: aceite-racimo (%); FN/R: fruto normal-racimo (%); FS: *fruit set* (%); M/R: mesocarpio a fruto (%); A/F: almendras a fruto (%); C/F: hueso a fruto (%); CV: coeficiente de variación. Las medias seguidas por la misma letra dentro de una misma columna no son significativas para $p < 0,05$ por prueba Tukey ($n = 252$).

La prueba de Tukey no mostró diferencias significativas para NF/B y FS, cuyos valores se ubicaron en 65,13 y 73,01 %, respectivamente. Estas características definen la eficiencia de la polinización entomófila para el cultivo de palma de aceite, donde el insecto *Elaeidobius kamerunicus* es considerado el polinizador más eficiente. Sobre este tema, estudios realizados por Swaray *et al.* [26] en diferentes progenies *dura* x *pisifera* muestran los beneficios de la dinámica poblacional de estos insectos entre diferentes cultivos, registrando porcentajes satisfactorios para el rasgo FS (entre 70 y 75 %). Frente a la estimación del rasgo M/F, los resultados obtenidos por esta investigación muestran que los valores más altos fueron reportados por P7 (59,04 %), seguida de P1 (57,30 %) y P2 (56,04 %), mientras que P6 presentó el valor más bajo para este rasgo (51,87 %).

En cuanto a M/F, es pertinente mencionar que se trata de uno de los rasgos cuya introgresión en progenies mejoradas de palma de aceite es bastante deseada. Por ende, y considerando que el aceite

se almacena en el mesocarpio del fruto, la variabilidad genética encontrada en este estudio permitirá la reproducción y el avance en la selección de buenas parentales hembra que presentan esta característica de interés. En las progenies de *dura* de origen nigeriano se han reportado valores para M/F entre 52,5 y 61,2 % [9], que coinciden con los valores encontrados en esta investigación. Según lo observado, M/F, A/F y C/F definen la composición de los frutos, aspecto frente al cual P7 reportó los valores más bajos para A/F (12,48 %) y C/F (28,48 %). Adicionalmente, dentro de las mejores familias (que más adelante darán lugar a los mejores individuos), siguiendo la estrategia F.I.S. identificamos parentales con M/F entre 60 y 70 %, que son similares a los valores reportados en parentales Deli *dura* de Sudeste Asiático, que oscilan entre 58 y 68 % [18].

Por otra parte, P6 mostró el valor más alto para A/F (17,82 %) y P3 el valor más alto para C/F (32,42 %). Estos resultados podrían obedecer a que C/F se reduce a expensas de M/F cuando se generan progenies *dura*

x *pisifera*. Por lo tanto, la selección adecuada de los parentales y la evaluación de la capacidad combinatoria de las progenies es decisiva para seleccionar las mejores progenies.

Heredabilidad y parámetros genéticos

En general, identificar y estimar la variabilidad genética y la heredabilidad en las progenies de palma de aceite asegura beneficios para las generaciones futuras de esta especie y, por lo tanto, un progreso continuo en los programas de mejoramiento genético

co [37]. La Tabla 8 presenta los datos correspondientes a los cuadrados medios de los rasgos de conformación del racimo, donde el porcentaje de heredabilidad (H^2_B) más alto se presentó para AT (71,62 %), seguido de NF (46,64 %), R/E (45,49 %), A/F (44,47 %), LR (42,25 %) y PMR (40,73 %). Dentro del análisis de estos rasgos, Swaray *et al.* [26] estimaron una probabilidad de 82,56 % de heredabilidad para AT, evidenciando lo alta que puede ser en este rasgo genético. Por otro lado, las investigaciones realizadas por Myint *et al.* [27] en germoplasma MPOB-Senegal plantado *ex-situ* registraron valores de 22,41 % de H^2_B para este mismo rasgo genético, registro que contrasta con

Tabla 8. Componentes de varianza y parámetros genéticos de rasgos cuantitativos.

Rasgo	σ^2_g	σ^2_{ge}	σ^2_e	σ^2_p	H^2_B (%)
RFF	231,0452	-13,0404	854,1390	1072,14	21,55
NR	1,2485	1,9637	3,6625	6,87	18,16
PMR	1,5816	0,2805	2,0212	3,88	40,73
PF	4,5840	-0,3314	23,8800	28,13	16,29
STP	0,0093	-0,0029	0,0700	0,08	12,20
LR	0,0387	0,0029	0,0500	0,09	42,25
LF	29,6733	8,8229	44,3800	82,88	35,80
AnF	0,1493	0,1886	0,1800	0,52	28,83
NF	25,4100	0,2143	28,8600	54,48	46,64
AT	0,0039	0,0000	0,0015	0,01	71,62
AF	0,1164	0,0486	0,2840	0,45	25,93
IAF	0,0609	0,0139	0,2516	0,33	18,65
DT	0,0001	0,0006	0,0004	0,00	12,60
PMF	0,5639	-0,1486	1,9900	2,41	23,44
R/E	1,0728	0,2457	1,0400	2,36	45,49
A/MS	0,0933	0,7714	4,8400	5,52	1,69
A/MF	3,1767	0,0971	11,4400	14,71	21,59
A/R	0,7850	0,0629	5,7900	6,64	11,83
FN/R	4,0522	7,6657	58,3500	70,07	5,78
FS	2,1433	-2,1457	52,4400	52,44	4,09
M/F	5,7050	-0,0143	11,8800	17,57	32,47
A/F	2,4656	0,0086	3,0700	5,54	44,47
C/F	1,5039	0,1286	5,2200	6,85	21,95

σ^2_g : varianza de progenie; σ^2_{ge} : progenie ge por varianza anual; σ^2_e : varianza de error; σ^2_p : varianza fenotípica; H^2_B : heredabilidad de sentido amplio (%); RFF: racimos de fruta fresca (kg/palma); NR: número de racimos (racimos/palma); PMR: peso medio del racimo (kg/manejo); PF: producción de hojas (número de hojas/palma); STP: sección transversal del peciolo (cm^2); LR: longitud del raquis (cm); LF: longitud del foliolo (cm); AnF: ancho del foliolo (cm); NF: número de foliolos; AT: altura anual de la palma (m/año); AF: área foliar (cm^2); IAF: índice de área foliar; DT: diámetro del tronco de la palma (m); PMF: peso medio del fruto (gr); R/E: relación racimo-espiga (%); A/MS: relación aceite-mesocarpio seco (%); A/MF: relación aceite-mesocarpio fresco (%); A/R: relación aceite-racimo (%); FN/R: relación fruto normal-racimo (%); FS: *fruit set* (%); M/F: relación mesocarpio-fruto (%); A/F: relación almendra/fruto (%); C/F: relación hueso-fruto (%).

los altos valores reportados en las progenies *dura* x *pisifera* y *dura* x *dura*, como las analizadas en esta investigación.

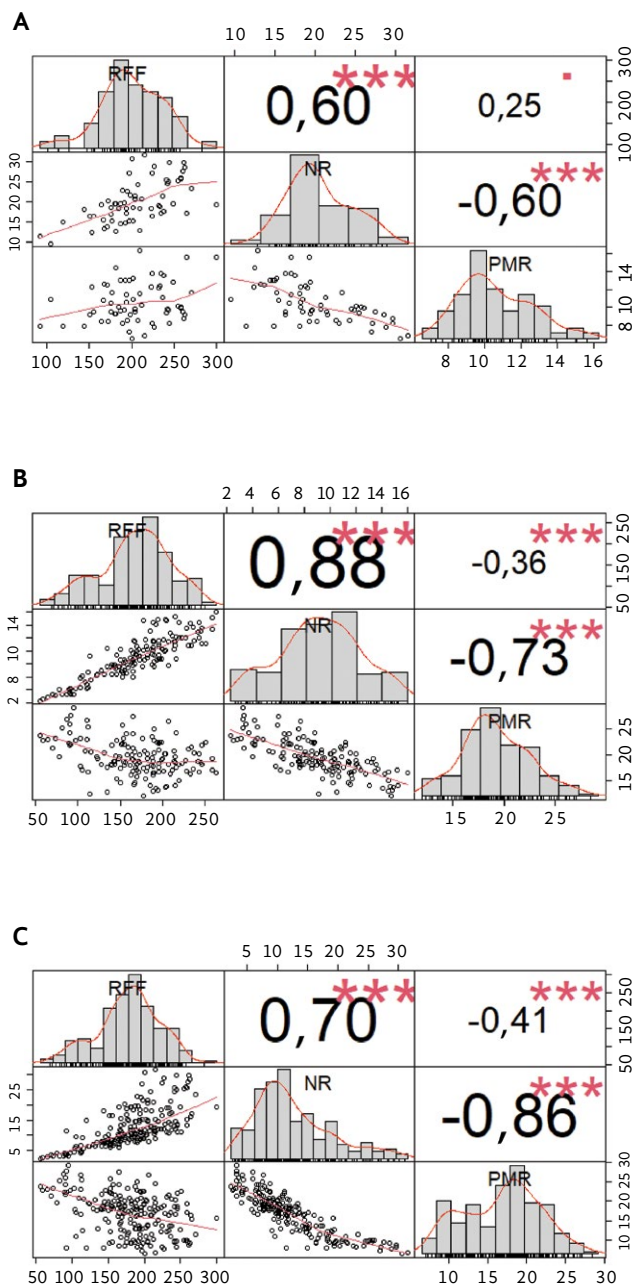
El valor de H^2_B obtenido para AT confirma la buena selección de los parentales que forman parte de las progenies utilizadas en el presente estudio. Además, esta característica permite anticipar buenos resultados en futuros ciclos de reproducción. El H^2_B más bajo se presentó para A/MS (1,69 %), seguido de FS (4,09 %) y FN/R (5,78 %); estos dos últimos se vieron afectados por factores externos al genotipo, como el trabajo de polinización entomófila [18]. De otro lado, según Sunilkumar *et al.* [33], la heredabilidad de FS es muy baja en el híbrido interespecífico OxG (4,9 %), lo cual se corrobora mediante los resultados de este estudio.

Análisis de los rasgos agronómicos

El análisis de correlación para los rasgos de productividad se dividió según la etapa de desarrollo del cultivo (joven y adulta). Al respecto, se observaron comportamientos similares en el análisis para todo el ciclo de cultivo entre los rasgos de rendimiento con alta correlación de Pearson entre RFF y NR ($r = 0,70$, $p \leq 0,01$) y RFF y PMR ($-0,41$), así como una alta correlación entre NR y PMR con un valor de $-0,86$ ($p \leq 0,01$). Estos valores sugieren que el incremento de NR y PMR permitirá mejorar significativamente la producción de RFF (Figura 2). Marhalil *et al.* [35] encontraron correlaciones similares a las de este estudio para RFF y NR ($r = 0,58$) y RFF y PMR ($r = 0,21$) en diferentes genotipos genéticos derivados de Nigeria, Congo (Zaire) y Camerún. Por su lado, en las muestras tipo *dura* del germoplasma *E. guineensis* de Embrapa (Brasil), los análisis de correlación fenotípica mostraron valores altos y positivos para los rasgos RFF y NR ($r = 0,78$; $p \leq 0,01$) [38].

Para los principales rasgos vegetativos de interés, los coeficientes de correlación de Pearson mostraron valores de correlación de $r = 0,10$, $p \leq 0,01$ entre AT y AF, y una baja asociación entre AT e IAF ($0,13$; $p \leq 0,01$). Por el contrario, se logró una correlación significativa entre AF e IAF ($r = 0,54$; $p \leq 0,01$), como se evidencia en la Figura 3. Así, el conocimiento sobre la asociación de los diferentes rasgos genéticos en la palma de aceite es fundamental para la selección de progenies con ganancias genéticas directas [39].

Figura 2. Correlaciones de Pearson para rasgos de calidad de racimo en progenies *dura* x *dura*. A: etapa joven, B: etapa adulta y C: todo el ciclo del cultivo. *** Correlaciones significativas ($p \leq 0,01$)



Con respecto a las características del aceite, se presentaron coeficientes de correlación fuertes y positivos entre A/MS y A/R ($r = 0,61$; $p \leq 0,01$), seguidos de la correlación entre M/F y A/R ($r = 0,51$; $p \leq 0,01$), M/F y C/F ($r = 0,41$; $p \leq 0,01$) y entre A/R y FN/R

($r = 0,18$; $p \leq 0,01$). Finalmente, entre M/F y C/F se registró un coeficiente de correlación de $r = 0,84$ ($p \leq 0,05$), el más alto entre las diferentes comparaciones analizadas (Figura 4). Con base en lo anterior, las

correlaciones altas y positivas encontradas para A/R con respecto a otros rasgos genéticos de interés generan mayores posibilidades de aumentar el contenido de aceite en las siguientes progenies reproductoras.

Figura 3. Correlaciones de Pearson para rasgos de calidad de racimo en progenies *dura* x *dura*. HT: altura anual de la palma (m/año), AF: área foliar (cm^2), IAF: índice de área foliar.
*** Correlaciones bastante significativas ($p \leq 0,01$)

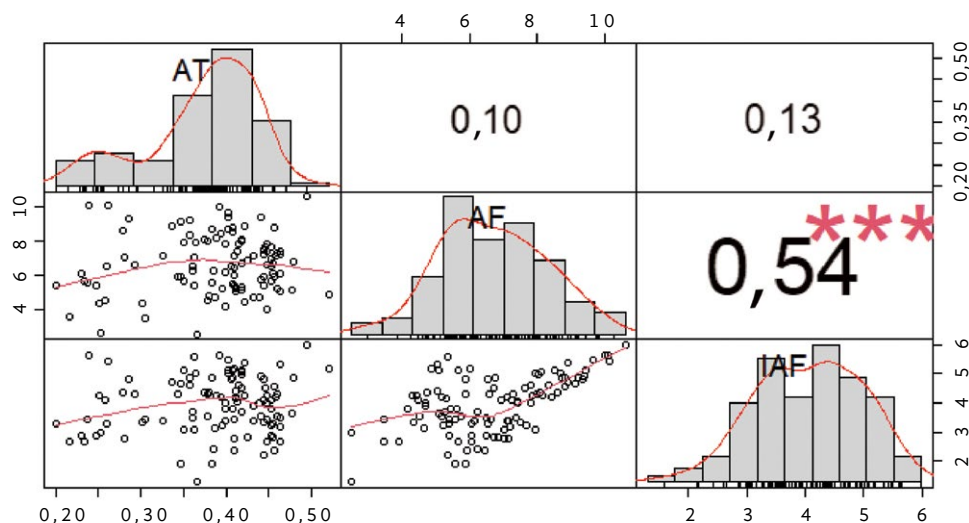
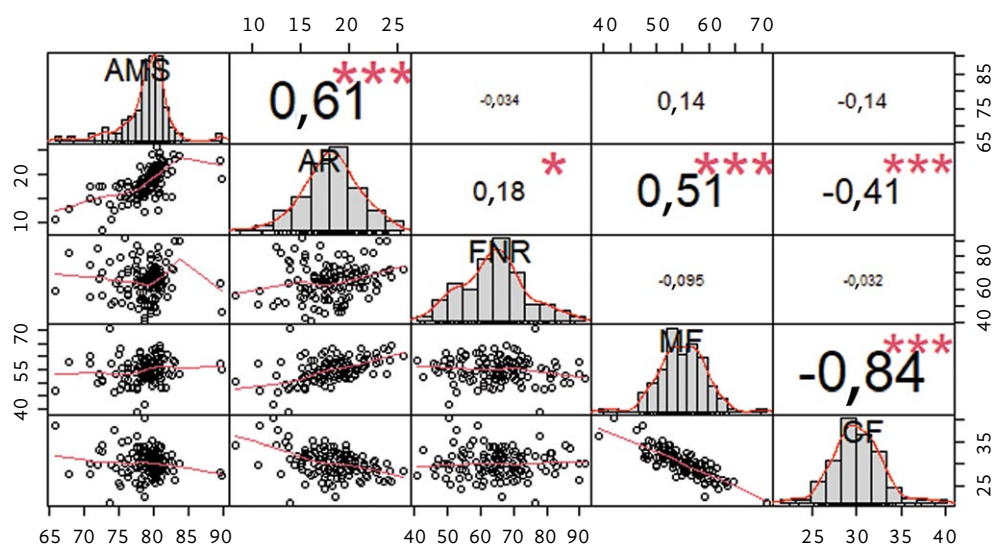


Figura 4. Correlaciones de Pearson para rasgos de calidad de racimo en progenies *dura* x *dura*. A/MS: aceite a mesocarpio seco (%), A/R: aceite a racimo (%), FN/R: frutos normales a racimo (%), M/F: mesocarpio a fruto (%), A/F: almendra-fruto (%)
* Correlaciones significativas ($p \leq 0,05$) y *** ($p \leq 0,01$)



Algunas investigaciones con diferentes materiales derivados de Nigeria, Congo (Zaire) y Camerún han mostrado las ventajas y perspectivas de tener altas correlaciones en aquellos rasgos genéticos que fortalecen la selección de palma de aceite y el progreso genético de esta planta [35].

Conclusiones

El desarrollo de cultivares comerciales de palma de aceite con una vida productiva y económica de más de 35 años es posible a través del desarrollo de progenies enanas tipo *dura* de alto rendimiento, con lo cual será posible lograr una mayor rentabilidad y sostenibilidad de los cultivos de palma de aceite.

De acuerdo con los resultados obtenidos para los rasgos genéticos de productividad, parámetros vegetativos y componentes del racimo, existe una amplia variabilidad en las progenies de la población de crecimiento lento desarrolladas por Cenipalma, lo cual hará posible orientar la adecuada selección de parentales hembra de palma de aceite. Para el rasgo de incremento anual de la altura, P6 destaca con la tasa de crecimiento anual más baja (0,29 m/año), posiciionándola como una de las mejores candidatas para la producción de cultivares comerciales. Por otra parte, la heredabilidad en el sentido amplio de este rasgo fue la más alta, con un 72 %, un rasgo con baja influencia ambiental, permitiendo el desarrollo futuro de progenies enana en diferentes ambientes. De otro lado, el IAF identificado en P1 (5,49) y P6 (5,43) permite destacar otros rasgos genéticos de interés

del cultivo de palma de aceite para futuras progenies mejoradas. Por su parte, la producción de RFF en las progenies evaluadas osciló entre 165 y 208 kg/palma/año, frente a lo cual el último valor identificado en P3 la convierte en candidata ideal para aumentar la selección de plantas con altos rendimientos que pueden combinarse con otros rasgos genéticos. En general, el rendimiento de estas progenies fue similar al de los cultivares mejorados de *Deli dura*, con valores para los RFF de 180-210 kg/palma/año y NR de 6-11 RFF/palma/año [9].

Las nuevas poblaciones de parentales hembra, desarrolladas a partir de la SRR, permitirán que la introgresión de los rasgos genéticos de interés añada valor a los nuevos cultivares. Este es el caso de la población enana *dura* de Cenipalma, que sería empleada para avanzar en nuevos ciclos de reproducción, maximizando así las ganancias genéticas de este desarrollo. Además de las palmas enanas y altamente productivas, rasgos como la resistencia a enfermedades, la tolerancia a los factores abióticos y la mejora de la calidad del aceite podrían ser introgresados para generar cultivares diferenciados en futuros ciclos de reproducción.

Agradecimientos

Al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por la financiación de esta investigación. Al Campo Experimental El Palmar de la Vizcaína por la información proporcionada durante los años de realización del experimento.

Referencias

- Fedepalma. *Anuario estadístico 2020. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo*. Fedepalma: Bogotá, Colombia, 2020; p. 238.
- Tabi, K.M.A. Effect of dry heat treatment along with some dormancy breaking chemicals on oil palm seed germination. *S. Afr. J. Bot.* 2017, 112, 489-493.
- Beirnaert, A.D.F.; Vanderweyen, R. *Contribution À L'étude Génétique et Biométrique des Variétés D' Elaeis Guineensis Jacquin*; East African Standard: Nairobi, Kenia, 1941; p. 27.
- Reyes, P.A.; Ochoa, J.C.; Montoya, C.; Daza, E.; Ayala, I.M.; Romero, H.M. Development and validation of a bi-directional allele-specific PCR tool for differentiation in nurseries of *dura*, *tenera* and *pisifera* oil palms. *Agron. Colomb.* 2015, 33, 5-10.

- Singh, R.; Low, E.-T.L.; Ooi, L.C.-L.; Ong-Abdullah, M.; Ting, N.-C.; Nagappan, J.; Nookiah, R.; Amiruddin, M.D.; Rosli, R.; Manaf, M.A.A. The oil palm SHELL gene controls oil yield and encodes a homologue of SEEDSTICK. *Nature* 2013, 500, 340-344.
- Babu, B.K.; Mathur, R.; Kumar, P.N.; Ramajayam, D.; Ravichandran, G.; Venu, M.; Babu, S.S. Development, identification and validation of CAPS marker for SHELL trait which governs dura, pisifera and tenera fruit forms in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *PLoS ONE* 2017, 12, e0171933.
- Mondragon-Serna, A.; Baena-Snata, M.A.; González-Díaz, A.; García-Nuñez, J.A.; Ayala-Díaz, I.M.; Romero, H.M. The Oil Palm. En *Oil Crops. Growth, Uses, and Toxicity*; Perea-Flores, M.J., Camacho-Díaz, B.H., Quintanilla-Carvajal, M.X., Eds.; Nova Science Publishers, Inc.: Nueva York, NY, EE. UU., 2021; pp. 105-146.
- Rajanaidu, N. A Review of Oil Palm Breeding for the Past 50 Years. *Rev. Palmas* 2016, 37, 190-202.
- Noh, A.; Rafii, M.Y.a. Variability and performance evaluation of introgressed Nigerian *dura* x Deli *dura* oil palm progenies. *Genet. Mol. Res.* 2014, 13, 2426-2437.
- Bastidas, S. Genealogía del germoplasma de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) del proyecto de mejoramiento genético de Corpoica. *Rev. Palmas* 2003, 24, 21-29.
- Ishak, Z.; Hashim, A.T.; Rosli, S.K.; Bakar, D.A.; Ooi, S.E.; Mohd, N.; Ong-Abdullah, M. Oil Palm Tissue Culture: Fast Tracking Elite Commercial Lines. In *The Oil Palm Genome*; Springer: Berlín/Heidelberg, Alemania, 2020; pp. 47-68.
- Domiciano, G.P.; Alves, A.A.; Laviola, B.G.; da Conceio, L.D.H.C.S. Parámetros genéticos e diversidade em progenies de macauba com base em características morfológicas e fisiológicas. *Cienc. Rural* 2015, 45, 1599-1605.
- Hefena, A.; Sultan, M.; Abdel-Moneam, M.; Hammoud, S.; Barutular, C.; El-Sabagh, A. Assessment of Genetic Variability and Correlation Coefficient to Improve Some Agronomic Traits in Rice. *J. Exp. Agric. Int.* 2016, 14, 1-8.
- Machado, E.L.; Silva, S.A.; Fernandes, L.d.S.; Brasileiro, H.S. Genetic variability and homozygosity in a F4 castor bean population by microsatellite markers. *Bragantia* 2016, 75, 307-313.
- Shafique, M.S.; Ahsan, M.; Mehmood, Z. Genetic variability and interrelationship of various agronomic traits using correlation and path analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Acad. J. Agric. Res.* 2016, 4, 82-85.
- Ayala, I.; Romero, H.M.; Tupaz, A.; Daza, E.; Rincón, A.; Caicedo, A.; Fontanilla, C.; Mosquera, M. *Comportamiento Agronómico de Cultivares Comerciales de Palma de Aceite en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína*; Cenipalma: Bogotá, Colombia, 2017; p. 138.
- Corley, R.H.V.; Breure, C.J. *Measurements in Oil Palm Experiments*; Internal Report; Unilever Plantations: London, UK, 1981. 18. Hardon, J.J.; Williams, C.N.; Watson, I. Leaf area and yield in the oil palm in malaya. *Exp. Agric.* 1969, 5, 25-32.

- Hardon, J.J.; Williams, C.N.; Watson, I. Leaf area and yield in the oil palm in malaya. *Exp. Agric.* 1969, 5, 25-32.
- Corley, R.H.V.; Tinker, P.B. The Oil Palm, 5th ed.; Wiley Blackwell: Oxford, UK, 2016; p. 650.
- Blaak, G.; Sparnaaij, L.; Menedez, T. Breeding and inheritance in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) II. Methods of bunch quality analysis. *J.W. Afr. Inst. Oil Palm Res.* 1963, 4, 146-155.
- Prada, F.; Romero, H.M. *Muestreo y Análisis de Racimos en el Cultivo de la Palma de Aceite. Tecnologías para la Agroindustria de la Palma de Aceite, Guía de Facilitadores*; Cenipalma: Bogotá, Colombia, 2012; p. 158.
- Falconer, D.; Mackay, T. *Introduction to Quantitative Genetics*; Longman Group: Essex, UK, 1996.
- Arolu, I.W.; Rafii, M.Y.; Marjuni, M.; Hanafi, M.M.; Sulaiman, Z.; Rahim, H.A.; Abidin, M.I.Z.; Amiruddin, M.D.; Din, A.K.; Nookiah, R. Breeding of high yielding and dwarf oil palm planting materials using Deli *dura* × Nigerian *pisifera* population. *Euphytica* 2017, 213, 154.
- Sapey, E.; Peprah, B.B.; Adusei-Fosu, K.; Agyei-Dwarko, D. Genetic Variability of Fresh Fruit Bunch Yield (FFB) Yield in Some *dura* × *pisifera* Breeding Populations of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Am. -Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 2015, 15, 1637-1640.
- Noh, A.; Rafii, M.Y.; Saleh, G.; Kushairi, A.; Latif, M.A. Genetic performance and general combining ability of oil palm Deli *dura* × AVROS *pisifera* tested on inland soils. *Sci. World J.* 2012, 2012, 792601.
- Swaray, S.; Amiruddin, M.D.; Rafii, M.Y.; Jamian, S.; Ismail, M.F.; Jalloh, M.; Marjuni, M.; Mohamad, M.M.; Yusuff, O. Influence of parental *dura* and *pisifera* genetic origins on oil palm fruit set ratio and yield components in their D × P Progenies. *Agronomy* 2020, 10, 1793.
- Myint, K.A.; Amiruddin, M.D.; Rafii, M.Y.; Samad, M.Y.A.; Ramlee, S.I.; Yaakub, Z.; Oladosu, Y. Genetic diversity and selection criteria of MPOB-Senegal oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) germplasm by quantitative traits. *Ind. Crop. Prod.* 2019, 139, 111558.
- Alvarado, A.; Henry, J. Evolution blue: A new oil palm variety with reduced growth and high oil content. *A.S.D. Oil Palm Pap.* 2015, 45, 45.
- Saldaña-Villota, T.M.; Cotes-Torres, J.M. Radiation interception and leaf area index from foliage cover in diploid potato. *Agron. J.* 2020, 112, 2805-2811.
- Breure, C.J. Rate of leaf expansion: A criterion for identifying oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) types suitable for planting at high densities. *NJAS-Wagening. J. Life Sci.* 2010, 57, 141-147.
- Barcelos, E. Oil palm natural diversity and the potential for yield improvement. *Front. Plant Sci.* 2015, 6, 190.

- Alvarado, A.; Chinchilla, C.; Rodríguez, J. Desempeño de dos variedades de palma aceitera (Deli × AVROS y Deli × Ghana) plantadas a diferentes densidades en dos sitios en Costa Rica. *ASD Oil Palm Pap.* 2007, 8, 35-41.
- Sunilkumar, K.; Mathur, R.K.; Sparjanbabu, D.S.; Pillai, R.S.N. Evaluation of interspecific oil palm hybrids for dwarfness. *J. Plant. Crop.* 2015, 43, 29-34.
- Donough, C.R. *Breeding Oil Palms for High Oil Yield in I.O.I. Group: 1. First Cycle Development of OPGL-Derived Materials*; MPOB National Seminar: Kuala Lumpur, Malasia, 2005; p. 125.
- Marhalil, M.; Zulkifli, Y.; Kushairi, A.; Adura, Z.S.; Nurniwalis, A.; Zubaidah, R. Potential oil palm genetic materials derived from introgression of germplasm (MPOB-Nigeria, MPOB-Zaire and MPOB-Cameroon accessions) to advanced (AVROS) breeding populations. *J. Oil Palm Res.* 2020, 32, 569-581.
- Murugesan, P.; Rani, K.L.M.; Ramajayam, D.; Kumar, K.S.; Mathur, R.K.; Ravichandran, G.; Kumar, P.N.; Arunachalam, V. Genetic diversity of vegetative and bunch traits of African oil palm (*Elaeis guineensis*) germplasm in India. *Indian J. Agric. Sci.* 2015, 85, 892-895.
- Ortega Cedillo, D.; Barrera, C.F.; Ortega Cedillo, J.; Orellana Carrera, J.; Vilela de Resende, M.D.; Damião Cruz, C. Estimates of parameters, prediction and selection of an oil palm population in Ecuador. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 2018, 71, 8477-8487.
- De Almeida Rios, S.; da Cunha, R.N.V.; Lopes, R.; Barcelos, E.; da Rocha, R.N.C.; de Lima, W.A.A. Correlation and Path analysis for yield components in *dura* oil palm germplasm. *Ind. Crop. Prod.* 2018, 112, 724-733.
- Cedillo, D.S.O.; Barros, W.S.; Ferreira, F.M.; Dias, L.A.D.S.; Rocha, R.B.; Cruz, C.D. Correlation and repeatability in progenies of African oil palm. *Acta Sci. Agron.* 2008, 30, 197-201.

Memorias



Palabras de Nicolás Pérez Marulanda, Presidente Ejecutivo de Fedepalma

Speech by Nicolás Pérez Marulanda, Executive President of Fedepalma

NICOLÁS PÉREZ MARULANDA
Presidente Ejecutivo de Fedepalma
XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite



Es un gran gusto acompañarlos en esta instalación de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, una ocasión especial en la que también celebramos los 30 años de Cenipalma como centro de investigación del sector palmicultor colombiano.

En los poco más de 40 días que llevo oficialmente como Presidente Ejecutivo de Fedepalma, me he dedicado a visitar las distintas zonas palmeras colombianas, empezando por los centros experimentales. Con el de la semana pasada he recorrido tres de ellos, y me falta asistir a la Finca La Providencia, en Tumaco. Allí, me he dado cuenta de la labor que Cenipalma ha realizado a lo largo de estos años, trabajando en conjunto con los palmicultores, desarrollando e investigando en un diálogo de doble vía. Creo que esto es muy importante en un centro de investigación aplicado, ya que apunta a la solución de problemas específicos que enfrentan los productores y las plantas de beneficio en campo. Entonces, no solo vemos investigación por amor al conocimiento,

sino investigación enfocada a suplir las necesidades de los palmicultores.

He visto en estos campos experimentales, que cada uno tiene un énfasis distinto en la investigación, dependiendo de las condiciones y retos de la zona. Esto es lo que nos garantiza un diálogo fluido entre productores e investigadores, pues estamos enfocados en sus principales problemas; y las soluciones que proponemos, desde la investigación, se pueden implementar de una forma eficiente y económicamente viable en los cultivos y las plantaciones de nuestro país en las distintas zonas.

La Reunión Técnica Nacional tiene una importancia particular, porque si bien enaltece y resalta los avances, que son muchísimos, destaca también los aportes que se han venido haciendo, desde la palmiticultura y los productores, en materia de cultivo, procesamiento, disposición de subproductos y residuos. De hecho, 33 de los 38 trabajos que veremos a lo lar-

go de esta semana fueron realizados por plantaciones y plantas de beneficio, lo que creo es un mensaje muy claro de cómo ese diálogo de doble vía ha sido fructífero y ha permitido generar un espacio como este para intercambiar opiniones al respecto. Una de las ventajas de la virtualidad es que ha logrado que un mayor número de personas atiendan estos eventos, incluso desde fuera de Colombia, algo que ayudará enriquecer las distintas discusiones de los temas que se presentarán esta semana.

Quisiera destacar el conversatorio del miércoles sobre ciencia, tecnología e innovación en el sector agropecuario al cual han sido invitados otros centros de investigación pares de Cenipalma, que también han hecho aportes a sus sectores y que pueden ayudar a complementar esta visión. De antemano Agradezco a los directores de Agrosavia, Cenicaña y Cenicafé por haber aceptado este llamado.

Los trabajos se van a dividir en seis módulos que, de forma temática, cubrirán los principales aspectos de la investigación en palma de aceite, en los que se combina, por una parte, los aportes de Cenipalma y, por otra, los de distintas empresas, plantaciones y productores. El primer módulo sobre nutrición y manejo del agua es un tema absolutamente crucial para la palmicultura actual y de cara al futuro, cada vez tenemos que buscar formas más eficientes de manejar los recursos productivos: la nutrición como base fundamental de la productividad y el agua como un complemento sin el cual es imposible avanzar en esta materia.

Del segundo módulo, que trata el tema de plantas de beneficio eficientes, destacaría la innovación de PIA. Un resultado obtenido en conjunto con Cenipalma y las empresas palmeras, que junto con Agroince Ltda., trabajan para obtener una patente sobre una de estas tecnologías.

El tercer módulo nos conecta con la sostenibilidad. Es el momento de pasar de la disposición a la acción, de aterrizar lo que significa para este sector esta palabra. Es así como, en el marco de este espacio, podremos ver algunos de los avances que se han hecho con la participación de Fedepalma. La sostenibilidad es un tema crítico y la apuesta que está haciendo Colombia por diferenciarse como un origen sostenible, parte de que logremos aterrizar esta información y las acciones a nivel de plantaciones, plantas de beneficio y sector, como un todo.

El cuarto módulo tiene un tema muy relevante para nuestro diseño de la palmicultura, y es el de los Núcleos Palmeros. A través de ellos está basada la apuesta de transferencia de tecnología y es muy importante que discutamos cuáles son los requisitos y los mejores modelos para que, a través de las empresas de dichos Núcleos, podamos conseguir y facilitar ese diálogo entre productores y la Federación.

El quinto módulo, el de la eficiencia económica, es un tema prioritario. Aquí lo que interesa es que las propuestas que se hagan desde la investigación tengan en cuenta los costos de implementar las soluciones que se proponen y que, además consideren las restricciones que los productores pueden tener a la hora de invertir en ellas.

Y, por último pero no menos importante, está el módulo de manejo sanitario. La palmicultura colombiana enfrenta grandes desafíos en este aspecto, pues hemos visto cómo el manejo difiere entre zona y zona. Por eso es importante una investigación que nos ayude a enfrentar de manera efectiva estos retos. Esto acompañado de un intercambio de experiencias de otros productores que han pasado por situaciones similares y que pueden contribuir con una solución.

Esta Reunión Técnica Nacional se constituye en una gran oportunidad para abrir discusiones, para dar a conocer de una manera directa cuáles son los énfasis y los avances desde el punto de vista de Cenipalma, pero así mismo para recibir toda la retroalimentación y aportes que pueden dar cada uno de ustedes desde sus regiones.

No quiero dejar de mencionar una noticia muy positiva que, si bien no tiene que ver con el evento, me parece que vale la pena compartirla con todos ustedes. Por primera vez, Fedepalma obtiene la certificación de la organización Great Place to Work por ser un gran lugar para trabajar, es una certificación que ya había logrado Cenipalma en el pasado y que le fue ratificada este año, lo que refleja de una forma concreta cómo las dos organizaciones han enfocado en su talento humano el gran activo que tienen para prestarle servicios a la palmicultura colombiana. Ese reconocimiento de alguna forma ilustra que esos esfuerzos están dando fruto y que los equipos de las dos organizaciones, tienen un gran compromiso con la palmicultura y están jugados el 100 % en buscar las soluciones a los problemas que aparecen día a día. Muchas gracias a todos y espero que tengamos una semana muy fructífera.

Cenipalma, tres décadas de investigación y extensión al servicio de los palmicultores

Cenipalma, Three Decades of Research and Extension at the Service of Palm Growers

CITACIÓN: Cooman, A. (2022). Cenipalma, tres décadas de investigación y extensión al servicio de los palmicultores. *Palmas*, 43(1), 43-48.

ALEXANDRE PATRICK COOMAN

Director General de Cenipalma

XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite



Este año la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma) cumple 30 años de vida institucional, y como sucede en los cumpleaños importantes, es un momento para hacer unas reflexiones sobre su recorrido y logros.

Esta seguramente no es la organización perfecta y nos movemos en un mundo muy complejo, lleno de incertidumbres. Pero hay que reconocer que hemos construido una experiencia importante, que ha contribuido con conocimiento, soluciones tecnológicas y gestión a mejorar la competitividad del sector palmero colombiano, generando así también confianza entre productores en un gremio próspero y con futuro.

En esta presentación compartiré unas reflexiones sobre nuestra organización y, en una segunda parte, ilustraré con ejemplos de impactos positivos resultantes de los trabajos de investigación y extensión (I+D&i) realizados.

Es clave tener siempre presente nuestro origen y a quienes nos debemos. Cenipalma no es un centro de investigación independiente o de tipo universitario, es parte de una organización sectorial sólida, con mucha claridad en los roles entre gobierno, Federación y productores, el cual aporta desde Fedepalma y Cenipalma bienes públicos sectoriales. Dos organizaciones con objetivos comunes, pero con la contribución de cada uno desde su rol, es así como este último, lo hace desde lo científico y técnico.

Para que la investigación funcione y logre impacto, se requiere de una Federación sólida, con muy buena representatividad, con capacidad de gestión y de generación de un entorno favorable para el cultivo. En otras palabras, Cenipalma no sería lo que es sin la Federación (Figura 1).

Un segundo elemento es la claridad y estabilidad en cuanto a recursos financieros para las actividades

Figura 1. Cenipalma forma parte del gremio del sector de palma a de aceite



de investigación y extensión, y su estabilidad. Aquí es necesario resaltar la importancia del Fondo de Fomento Palmero (FFP) como parte la institucionalidad palmera.

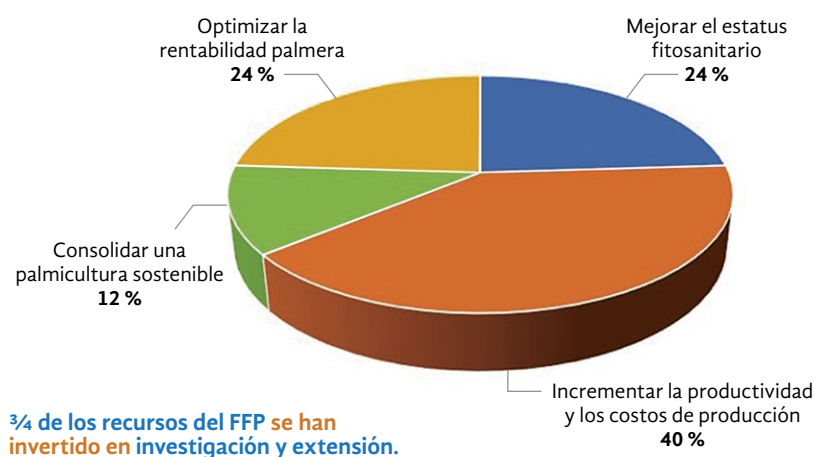
El buen uso de los recursos parafiscales se refleja en el uso histórico de tres cuartas partes del FFP para investigación y extensión, lo que significa que aproximadamente el 0,75 % del PIB sectorial fue invertido en I+D. Nada malo, comparado con otros sectores y el promedio nacional, pero bajo si se compara con los estándares mundiales (Figura 2).

Otro elemento clave de nuestro sistema de I+D&E son los mecanismos establecidos para asegurar la pertinencia de la investigación y la extensión. Acá

quiero resaltar los comités asesores agronómicos y de plantas de beneficio que sesionan en cada zona, con subcomités locales en subzonas, a partir de los cuales se recogen todas las necesidades del sector, se hacen ejercicios de priorización y se llevan estos temas a una agenda nacional. Esta es una actividad muy participativa en el que se asegura que Cenipalma mantenga el enfoque sobre lo que más requiere el sector.

Hay que tener en cuenta que cualquier tema debe contar con una entrega final al palmicultor, asegurando que realmente se genere valor. Una vez priorizados y programados los diferentes trabajos, se debe tener mucha claridad desde el principio, de cómo se va a encadenar el proceso y entregar el producto. Es

Figura 2. El Fondo de Fomento Palmero es parte de la institucionalidad palmera



así como desde investigación se pasa a validación y de ahí a extensión, para llegar finalmente al cultivador. Este palmicultor siempre está en el centro del círculo virtuoso de la innovación, donde hay mucha interacción desde los diferentes procesos y, en muchas oportunidades, participación por parte de él. Pero esto no es suficiente, también se debe tener calidad en los trabajos, algo que nos caracteriza y que ha sido certificado o reconocido por otras entidades (Figura 3).

Cenipalma no quiere realizar todos los trabajos de investigación, pues no sería eficiente teniendo nacional e internacionalmente otras entidades que tienen capacidad instalada para ello, es por esto que seguimos el lema: “Hacemos lo que nadie hará por nosotros y no hacemos lo que otros pueden hacer mejor”. Queremos ser el centro del sistema de innovación palmero, pero esto no significa que debemos hacerlo todo nosotros.

Contamos con universidades locales y externas y, además, centros de investigación con los que tenemos o hemos tenido acuerdos de cooperación. Con estas alianzas, lo que se quiere es hacer trabajos de manera conjunta para fortalecer todo el sistema de innovación para el sector palmicultor colombiano.

Tenemos un sector muy disperso con zonas, subzonas y miles de palmicultores que son imposibles de atender uno por uno desde Cenipalma. Por eso es tan importante la coordinación del sector alrededor de Núcleos Palmeros, entendiéndolos como el con-

junto de plantas de beneficio y proveedores de fruta, como elemento clave en este relacionamiento entre el Centro y los proveedores. En la Figura 4 se pueden observar algunos de los impactos que se han tenido como consecuencia de ese relacionamiento directo con productores a diferentes escalas.

¿Es rentable la inversión del sector en I+D a través de Cenipalma?

Pasamos a esta pregunta que se nos formula a menudo, especialmente de parte de los palmicultores. Algo que es entendible porque se invierten recursos importantes y deben verse retribuidos en valor para el sector. Es así como se quiere saber, ¿cómo mejorar los indicadores en cuanto al área de siembra, empleo, sanidad, productividad, costos de producción o indicadores de sostenibilidad, y ¿dónde es posible cuantificar este impacto?

Para ello es importante tener claro algunos aspectos relacionados con la inversión en I+D, especialmente para el caso de la palma:

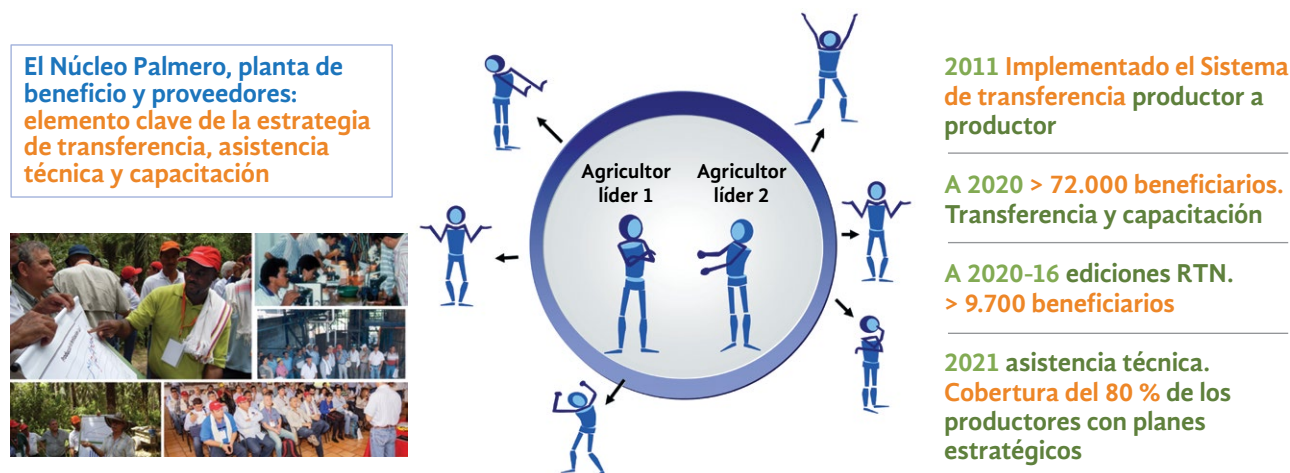
1. El trabajo de I+D es de largo plazo, especialmente en nuestro sector debido al ciclo de cultivo, esto lo vemos, por ejemplo, en temas como el mejoramiento genético.
2. La investigación significa riesgo, si todo fuera certidumbre no habría qué investigar.

Figura 3. El círculo virtuoso de la innovación



Figura 4. Impacto del relacionamiento con productores

El impacto depende de la organización de la cadena productiva



3. La rentabilidad y la prioridad de los temas varía, pues no todo proyecto tiene el mismo impacto. Algunos resultados generan más valor anual que todo el presupuesto del año de Cenipalma en investigación y extensión, y otros no o son más difíciles de cuantificar.

4. La sostenibilidad de la inversión en I+D es clave. La investigación no se contrata como se hace con otros servicios. El *know how* se construye, los equipos de investigación y desarrollo se consolidan paso a paso, y para trabajos de calidad se requiere un grupo sólido, bien formado, capacitado y comprometido.

A continuación, se darán unos ejemplos de impactos, a título ilustrativo, para no dar un listado exhaustivo ni completo, y aclarando de antemano que no todos los impactos son fácilmente cuantificables en pesos.

Un primer ejemplo es un trabajo realizado hace, más o menos, 15 años en plantas de beneficio: el invento del precalificador y un trabajo para optimizar las pérdidas a partir de su análisis y mejoramiento en las plantas de beneficio. Pero como este es un resultado de hace algunos años, muchos creerán que esta tecnología siempre ha existido y desconocen el aporte de Cenipalma para este importante logro.

A partir de esos trabajos se pudo reducir en 0,5 puntos porcentuales las pérdidas de aceite en las

plantas de beneficio, aumentando la calidad del aceite con disminución en los ácidos grasos libres. Es importante saber que 0,5 puntos porcentuales sobre una tasa de extracción de 21 % significa un incremento de productividad de 2,4 %. Es así como el impacto sectorial para el año 2021 a partir del volumen producido y los precios de hoy, es del orden de los USD 36 millones para el 2021.

Como segundo tema está la Pudrición del cogollo (PC), nuestra mayor amenaza como sector en Colombia y América Latina, porque no solo incide en la productividad sino en el tema de subsistencia de las plantaciones. Han sido muchos años de trabajo para conocer el agente causal y avanzar en diferentes mecanismos para su control, un ejemplo de ello es el conocimiento genético que nos permite entender la diferencia entre *phytophthoras*, y cómo es el comportamiento y el manejo de la PC en las diferentes zonas palmeras; otro, son los avances a nivel de laboratorio, con antagonistas, para lograr un control biológico de la enfermedad.

Es así como la PC sigue siendo un tema crítico para el sector, pero el esfuerzo ha valido la pena, ya que el impacto de la investigación y la transferencia sobre la enfermedad, evaluado de forma independiente por el Centro de Estudios Regionales y Cafeteros y Empresariales, ha tenido buenos efectos, pues por cada peso que se ha invertido en la lucha contra la misma, se ha tenido tres pesos de retorno.

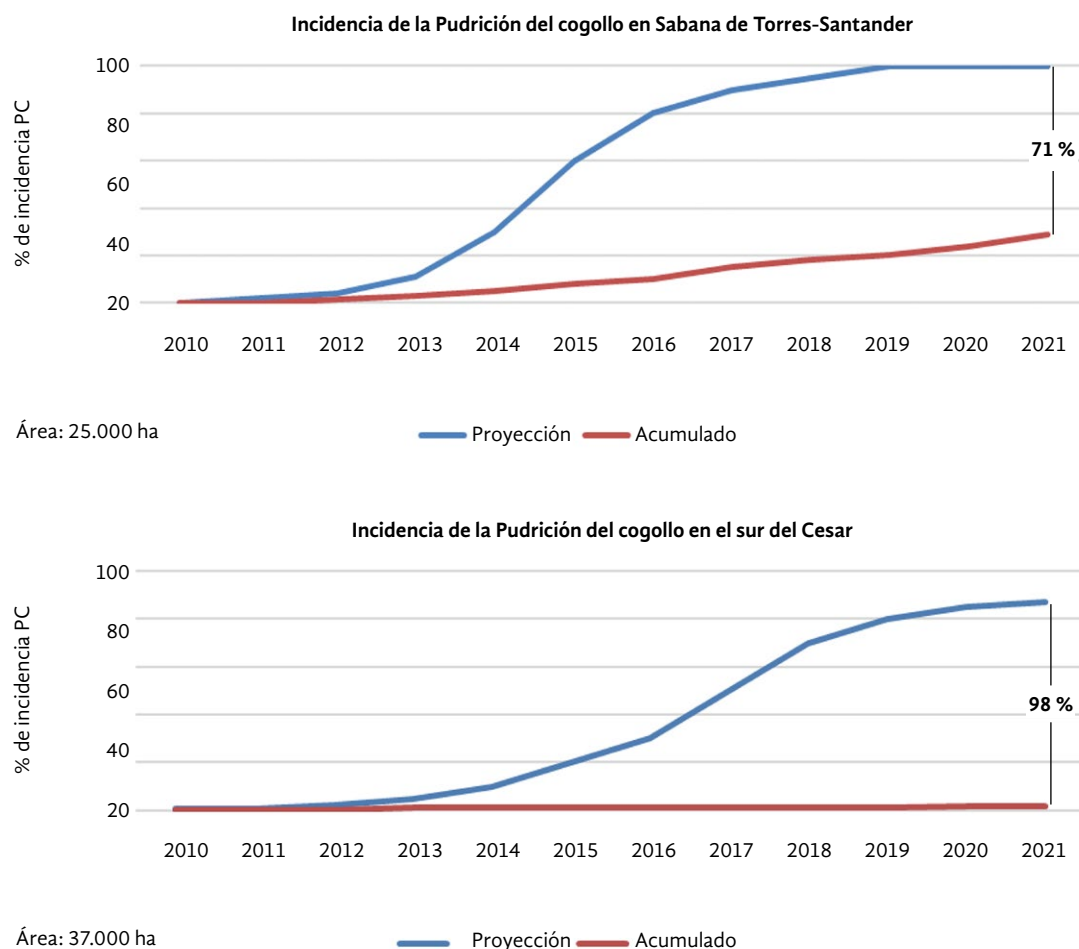
Otro ejemplo es la efectividad que se ha tenido en cuanto a la mitigación y contención en la Zona Central, en la cual, a partir de acciones coordinadas entre empresas y con el apoyo de Cenipalma, se logró una mitigación de la enfermedad de 71 % en Sabana de Torres, Santander, y de 98 % para el sur del Cesar. Una situación que hubiera sido muy diferente si no se hubiera hecho el respectivo manejo de la PC, y que es ilustrada en la Figura 5, pues allí se hace cuenta de la realidad y de lo que pudiera haber pasado. En conclusión, se han mantenido 62.000 ha productivas,

lo que significan 35.741 empleos directos e indirectos protegidos, con unos ingresos de 652.300 millones para el año 2020.

Un nuevo impacto es el que conecta la generación de conocimiento de Cenipalma con la prestación de servicios de Tecnopalma para que haya también una adopción de lo aprendido a través del Laboratorio de Análisis de Foliar y de Suelos (LAFS).

La investigación en suelos y nutrición ha arrojado múltiples resultados (2004-2020) como un incre-

Figura 5. Efectividad de la mitigación y contención de la Pudrición del cogollo en la Zona Central



Proyección epidémica PC sin manejo 2012-evolución real acumulado con el manejo dado a la epidemia

En 62.000 ha se han mantenido $\approx$ 35.741 **empleos directos/indirectos**
Ingresos para el año 2020 $\approx$ 652.300 **millones de pesos**

mento hasta del 15 % en producción mediante prácticas de laboreo *E. Guineensis*; un aumento del 25 % en la eficiencia de la nutrición mediante la aplicación de biomasa; el ahorro hasta del 75 % de los fertilizantes en los primeros 2 años de siembra por aporte de nutrientes en residuos al momento de la renovación; la determinación de requerimientos nutricionales en OxG; y el incremento de 15 % en la eficiencia en el uso de nutrientes con respecto a *E. Guineensis*. Es necesario resaltar que el LAFS hoy cubre el 36 % del área sembrada del país, lo que significa un aporte importante para que las plantaciones tomen las mejores decisiones en cuanto a la nutrición de su cultivo.

Un desarrollo más reciente es la entrega del paquete tecnológico para los cultivares interespecíficos OxG. Estos, que hoy ya no son experimentos en Colombia pues existen más de 80.000 ha sembradas, tienen un efecto positivo cuando se combina el regulador de crecimiento, ANA, con el conocimiento del punto óptimo de cosecha para los diferentes cultivares, pues se logra un incremento de la tasa de extracción de aproximadamente de 20 % y, además, una recuperación de racimos que se pierden por mala polinización en épocas críticas. En este aspecto se concluye que hay un incremento en la productividad de 0,7 t APC/ha/año, lo cual a nivel sectorial y a precios del 2021 significa un impacto del orden de USD 49 millones anuales, es decir, múltiples veces el presupuesto anual de Cenipalma.

Un último impacto tiene que ver con la sostenibilidad integral. Vale la pena resaltar el papel de Fedepalma al liderar gestiones sectoriales en torno a este tema, el de Cenipalma al apoyar a la aplicación de prácticas de sostenibilidad y, por supuesto, el de las empresas al ajustar procesos, aplicar mejoras y certificarse en esquemas de esta índole.

Por un lado se destaca la aplicación de mejores prácticas de sostenibilidad que evidencia cómo va

mejorando el índice de sostenibilidad a nivel nacional. Y por el otro lado también está la aplicación de esquemas de certificación de sostenibilidad, donde el 28 % del aceite colombiano está certificado.

Aunque no se ha cuantificado el impacto en términos de valor económico anual para el sector, es evidente que esto a largo plazo va a permitir el desarrollo futuro de la actividad palmera, así como a garantizar un acceso a mercados, cada vez más exigentes en este sentido.

A pesar de que solo se presentaron algunos impactos, es importante destacar que estos han generado beneficios anuales que se valoran en más de 10 veces la inversión anual del sector en investigación y desarrollo, a través de Cenipalma. Algo que vale la pena tener en cuenta y que ha sido logrado gracias a la calidad de nuestro personal, pues son la base para la excelencia, ya que sin su entrega y dedicación no lograríamos aportar como lo hacemos hasta el momento.

En cuanto a la ruta a seguir en el sector palmero, debemos mantener el foco y el equilibrio en los dos temas que más nos siguen preocupando como sector: el estatus fitosanitario y el incremento de la productividad, viniendo este último con mayores eficiencias aportando a la disminución de los costos unitarios. También debemos monitorear, anticipar demandas y tendencias en producción y consumo a nivel internacional, lo que significa asumir nuevos retos y oportunidades en calidad, valor agregado, valor ambiental, insertar cada vez más al sector en bioeconomía y economía circular, la agricultura 4G y la aplicación de nuevas tecnologías. Los retos y desafíos son importantes, pero estamos seguros de que Cenipalma, de la mano de los palmicultores está a la altura para enfrentar el futuro de la mejor forma. Espero que esta Reunión Técnica Nacional sea provechosa para todos.

Reconocimiento a 30 años de Cenipalma

Recognition to 30 years of Cenipalma

ELZBIETA BOCHNO HERNÁNDEZ

Secretaria General de Cenipalma

XVII Reunión Técnica Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite



Hoy, en el marco de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, me corresponde el honor de compartir con ustedes las condecoraciones que, con motivo de la celebración de esas efemérides, ha recibido la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), reconocimientos con los cuales esperamos se sientan muy orgullosos:

1 Orden de la Democracia Simón Bolívar en el grado Cruz Comendador otorgada por el Congreso de la República, mediante la Resolución No. 073 de 2021 del Consejo de la Orden de la Democracia Simón Bolívar, del 9 de junio de 2021. Esta fue entregada en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra, por el Presidente de la Cámara de Representantes Germán Alcides Blanco Álvarez y el Honorable Representante a la Cámara, Hernando Guida Ponce.

2 Placa de reconocimiento por 30 años de servicio y aporte en ciencia, tecnología e innovación al sector palmero colombiano, otorgada por Juan Gonzalo Botero, Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural (e), y entregada en un evento en el Campo Experimental Palmar de la Sierra, por Camilo Santos Arévalo, Director de Cadenas Agrícolas y Forestales.

3 Placa de reconocimiento, por los 30 años de fructífera existencia, otorgada por la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, entregada por el Presidente Ejecutivo, Jorge Bendeck Olivella.

4 Placa de reconocimiento por los aportes científicos y técnicos para el fortalecimiento del cultivo de la palma de aceite, otorgada por la Cámara Procultivos de la Andi.

- 5 Reconocimiento otorgado por Augura-Cenibanano, por 30 años impulsando el desarrollo sostenible de Colombia, entregado por el Director Regional de Augura, Elkin Valencia Ospina, en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra.
- 6 Placa de reconocimiento, por su aporte en la investigación y desarrollo de la industria palmicultora, otorgada por el Comité de Cafeteros del Magdalena, entregado por el Director Ejecutivo, Édgar Ramírez Perdomo, en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra.
- 7 Condecoración El Centauro en Categoría Oro, otorgada por el Gobernador del Meta, Juan Guillermo Zuluaga, como reconocimiento a los 30 años de servicio al país, mediante el Decreto 0153 del 22 de junio de 2021, y entregada en ceremonia especial en Villavicencio, Meta.
- 8 Orden Ramón Nonato Pérez, otorgada por el Gobernador (e) del Casanare Álvaro Yesid Mariño Álvarez, por los 30 años de servicio al sector palmicultor, mediante el Decreto 0123 del 29 de junio de 2021.
- 9 Condecoración Gran Cruz Cívica “Francisco de Paula Santander” en grado Ordinario, otorgada por el Gobernador de Norte de Santander, Silvano Serrano Guerrero.
- 10 Reconocimiento otorgado por el Gobernador de Nariño, Jhon Alexander Rojas Cabrera, en el marco de la cena palmera de este departamento.
- 11 Medalla al Mérito y la Excelencia Empresarial por los resultados obtenidos en los 30 años de labores, otorgada por la Universidad del Magdalena y su Rector, Pablo Vera Salazar.
- 12 Reconocimiento por los aportes en la formación, investigación y proyección social, otorgado por la Universidad de los Llanos, el Consejo de Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y su Presidente, Cristóbal Lugo López, mediante la Resolución 036 del 25 de junio de 2021.
- 13 Reconocimiento en nota de estilo, por el aporte al desarrollo de la región Caribe, otorgado por la Universidad Sergio Arboleda, sede Santa Marta, y su Rector, Alfredo Méndez.
- 14 Pergamino de reconocimiento y exaltación por la contribución al desarrollo académico de los programas de Agroindustria e Ingeniería Ambiental y Sanitaria, y los aportes tecnológicos y de investigación de Cenipalma, otorgado por la Universidad Popular del Cesar y su Consejo Académico.
- 15 Reconocimiento por el aporte al desarrollo competitivo y productivo regional a través de la investigación, la generación y transferencia de tecnología e innovación, otorgado por la Corporación Universitaria del Meta y su Rectora, Leonor Mojica Sánchez.
- 16 Reconocimiento por los 30 años ininterrumpidos de apoyo y generación de conocimiento para el sector palmicultor de Colombia, otorgado por la Universidad del Valle y el Decano de la Facultad de Ingeniería, Johannio Marulanda Casas.
- 17 Reconocimiento por la labor significativa para el desarrollo del sector palmicultor en el país, otorgado por el Instituto Universitario de la Paz (Unipaz), mediante el Acuerdo 038 del 1 de junio de 2021, de Gustavo Adolfo Suárez Gómez, Presidente del Consejo de la Escuela de Ingeniería Agronómica.
- 18 Reconocimiento como una entidad comprometida con la cooperación científica académica e investigativa que apalanca el desarrollo sostenible de la agroindustria en la región y el país, otorgado por el Instituto Universitario de La Paz (Unipaz) y su Rector, Oscar Orlando Porras Atencia, el 28 de junio de 2021, mediante Resolución 0213.
- 19 Reconocimiento, otorgado por la Universidad de Nariño y entregado por la Rectora, Martha Sofía González, y el Vicerrector, William Albarracín, en el marco de la cena palmera en Pasto, Nariño, y una placa otorgada por la Facultad de Ciencias Agrícolas.
- 20 Reconocimiento en nota de estilo, otorgado por la Asamblea Departamental del Magdalena, por su Presidenta, Claudia Patricia Aarón; entregado por el Diputado Gustavo Durán en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra.
- 21 Reconocimiento en nota de estilo, por los 30 años de trabajo y vida institucional en beneficio de los palmicultores, otorgado por la Corpora-

- ción Autónoma Regional del Magdalena (Corpamag), por su Director, Carlos Francisco Díaz Granados, y entregado en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra, por el Subdirector, Alfredo Martínez.
- 22 Reconocimiento en nota de estilo por los 30 años de vida institucional y por constituir el Campo Experimental Palmar de la Sierra, en el departamento de Magdalena, otorgado por el Presidente Ejecutivo de la Cámara de Comercio de Santa Marta, Alfonso Luis Lastra, entregado en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra.
 - 23 Reconocimiento en nota de estilo por los 30 años de importantes aportes de sostenibilidad, productividad, gestión y compromiso, otorgado por la Cámara de Comercio de Villavicencio y, su Presidente, Henry Walter Palma.
 - 24 Reconocimiento en nota de estilo por los 30 años del servicio al sector palmicultor, otorgado por la Cámara de Comercio de Yopal y su Presidente Ejecutivo, Carlos Rojas Arenas.
 - 25 Placa de reconocimiento por el trabajo realizado durante 30 años como líderes en la generación, adaptación y transferencia tecnológica en el cultivo de la palma de aceite, su procesamiento y consumo, otorgada por la Cámara de Comercio de Cúcuta, la Presidenta de su Junta Directiva, Rocío del Pilar Romero Soto, y el Presidente Ejecutivo, Armando Peña Castro.
 - 26 Reconocimiento al mérito General Gregorio Antonio Garzón Chacón, otorgado por el Alcalde de El Retén, Magdalena, Jorge Eliecer Serrano, entregado en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra.
 - 27 Medalla al Mérito La Excelencia Empresarial, reconocimiento otorgado por el Alcalde de Aracataca, Magdalena, Luis Emilio Correa, el 28 de junio de 2021, y entregado en un acto especial el día 30 de junio en el Campo Experimental Palmar de la Sierra.
 - 28 Placa de reconocimiento a Cenipalma y su Junta Directiva por su gestión de 30 años, otorgado por el Alcalde de Barrancabermeja, Santander, Alfonso Eljach Manrique, mediante el Decreto 214 del 29 de junio de 2021.
 - 29 Reconocimiento, por los 30 años al servicio de los productores y la agroindustria de la palma, otorgado por la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras en Gran Escala de Aracataca (Usoaracata), entregado en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra por el miembro de Junta, Luis Flórez Romero.
 - 30 Reconocimiento en nota de estilo, resaltando la labor y los logros obtenidos en los 30 años de vida institucional, otorgado por la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de Sevilla (Asosevilla), su Gerente, Néstor Carvajal Navas, y entregado en un acto especial en el Campo Experimental Palmar de la Sierra, por el Presidente de su Junta Directiva, Nelson Vives Lacouture.

Compartimos esos reconocimientos para extender nuestro agradecimiento por el constante apoyo y como muestra de que mantendremos nuestros esfuerzos y el compromiso de entregar los resultados que la agroindustria necesita. Como pueden ver, han sido precisamente 30.

No podemos terminar la celebración solo recibiendo, así que la Corporación quiere también reconocer a los Socios Fundadores, a Jens Mesa Dishington, a los Presidentes, Vicepresidentes y Miembros actuales de la Junta Directiva, a los Financiadores y Cooperantes Externos y a los Directores y colaboradores de mayor tiempo en la Corporación, por el constante apoyo y compromiso que han mostrado a lo largo de los 30 años de la vida institucional de Cenipalma, en pro de la ciencia, la tecnología y la innovación del sector palmicultor.

Esperamos se sientan orgullosos de su Centro de Investigación, así como nosotros nos sentimos orgullosos por trabajar para el sector palmero colombiano, ejemplo de innovación, sostenibilidad y bienestar para Colombia.

Gracias a todos.

Manejo integrado del agua y el suelo: sostenibilidad y regeneración de la palma de aceite en Colombia

Integrated Management of Water and Soil: Sustainability and Regeneration of Oil Palm in Colombia

CITACIÓN: Arias-A., N. (2022). Manejo integrado del agua y el suelo: sostenibilidad y regeneración de la palma de aceite en Colombia.

Palmas, 43(1), 52-63.

NOLVER ATANACIO ARIAS ARIAS
Coordinador del Programa de
Agronomía de Cenipalma

Introducción

Uno de los retos que enfrenta la agroindustria de la palma de aceite a nivel mundial es lograr una progresiva reducción de la asociación que se tiene entre esta agroindustria y algunas prácticas que se catalogan como insostenibles, tales como la incorporación de áreas selváticas, la reducción de la biodiversidad, la afectación del balance hidrológico y el deterioro continuo de los suelos.

Para el caso colombiano desvirtuar la imagen negativa que se podría tener frente al cultivo de palma de aceite empieza por la documentación de los procesos históricos que muestran el cambio en el uso de la tierra, el establecimiento de acuerdos de cero deforestación para nuevos desarrollos, la generación de una política denominada Aceite de Palma Sostenible

de Colombia, la puesta en marcha de los 10 principios del Aceite de Palma Sostenible de Colombia que involucran toda la cadena del aceite de palma y la generación y validación de investigaciones relativas a prácticas de manejo del suelo, del agua y, en general, prácticas agronómicas que le apuntan a la sostenibilidad del cultivo y a la regeneración de los suelos establecidos con palma de aceite.

Sobre el cambio en el uso de la tierra, se ha evidenciado que, en el caso colombiano, alrededor del 97 % de las que son dedicadas al cultivo de palma, anteriormente se utilizaban principalmente para pastizales o cultivos transitorios, y una proporción cercana al 3 % se encontraba en áreas de bosques tropicales o selvas. Esto demuestra que a diferencia de lo acontecido en otros países del Sudeste Asiático e incluso en Latinoamérica, el desarrollo de la palma

en Colombia no se ha basado en la intervención de áreas selváticas, por lo tanto, la posibilidad de impactar negativamente los suelos es baja y, por el contrario, existe la oportunidad de mejorar y regenerarlos.

Con respecto a los nuevos desarrollos, desde Fedepalma se ha impulsado la participación en el llamado Acuerdo Cero Deforestación, el cual implica la no intervención de áreas selváticas teniendo en cuenta el impacto negativo que tiene incursionar en estas, en términos de reducción de la biodiversidad y las pérdidas del carbono almacenado, tanto en la biomasa aérea como en el suelo. Pues cuando se intervienen áreas de bosques, las pérdidas de carbono almacenado difícilmente se pueden recuperar, aún con el incremento de la biomasa del cultivo (Guillaume *et al.*, 2018; Jcu, 2018; Wisdom, Owusu-Bennoah y Kofi, 2017).

El cumplimiento de estos acuerdos es factible en Colombia debido a que estudios recientes demuestran que en el país se cuenta con alrededor 5 millones de hectáreas sin ninguna restricción para el cultivo y alrededor de 16 millones con restricciones leves a moderadas.

Por otra parte, con relación al programa de Aceite de Palma Sostenible de Colombia, el segundo de los diez principios contempla el uso adecuado y eficiente del suelo, el agua y la energía entendiendo la importancia de la conservación y regeneración del suelo, así como el mejoramiento de la calidad y disponibilidad de agua dentro de la sostenibilidad de las actividades agroindustriales, como es el caso de la palma de aceite.

Teniendo en cuenta los elementos descritos con relación al enfoque del manejo sostenible de la palma, en el presente artículo se realiza un recorrido que involucra: el reconocimiento de la diversidad de suelos, los antecedentes en el uso de los suelos y las prácticas de manejo y su impacto sobre su física, química y biología, y su relación con el manejo del agua en el cultivo. También, se discuten algunas orientaciones el mejoramiento de la salud de los suelos palmeros.

Diversidad de suelos palmeros, antecedentes e implicaciones en el manejo de la física, la química y la biología

Diversidad de suelos palmeros

Para el año 2020, se reportan alrededor de 600.000 hectáreas cultivadas en palma de aceite (Fedepalma,

2020), que se distribuyen en cuatro zonas palmeras: Norte, Central, Oriental y Suroccidental, las cuales a su vez se han dividido en 16 subzonas en virtud de la variación de las condiciones agroecológicas. La amplia dispersión de estas subzonas involucra también diversidad de suelo, la cual se fundamenta en el origen del material parental, los procesos geológicos y las condiciones climáticas, especialmente las relacionadas con temperatura y humedad.

Con respecto a las variables climáticas, existen extremos de precipitaciones que van desde los 700 mm año⁻¹ en el sur de La Guajira, hasta valores cercanos a los 4.500 mm año⁻¹ en el Urabá antioqueño y, relacionado con esto, condiciones de humedad relativa con promedios de 70 % hasta 95 %, respectivamente. De igual forma, se presentan extremos en los periodos secos del año, llegando a ser hasta de 6 meses en la Zona Norte y alrededor de 2 meses en la Zona Suroccidental. Sumado a lo anterior, extremos en radiación solar y temperatura se presentan para las zonas Norte y Suroccidental, llegando a existir diferencias superiores a las 1.200 horas/año entre estas dos zonas.

Por otra parte, la combinación de la naturaleza de los diferentes materiales parentales y los procesos geomorfológicos asociados, han originado diversidad de suelos, que abarcan taxonómicamente desde Entisoles e Inceptisoles, siendo estos los de menor evolución, hasta Oxisoles y Alfisoles, los cuales presentan mayor grado de evolución. Así, por ejemplo, para la Zona Oriental predominan los Oxisoles y Ultisoles, en la Zona Norte los Alfisoles, en la Zona Central los Inceptisoles y en la Zona Suroccidental los Entisoles y Oxisoles. Sin embargo, en las 4 existen proporciones distintas de por lo menos 11 de los 12 órdenes de suelos, de acuerdo con la clasificación de la USDA (Soil Survey Division Staff, 2014).

Asociado con esta diversidad de órdenes taxonómicos de suelos, se tienen variaciones en las propiedades físicas químicas y biológicas, que una vez identificadas conducen a manejos diferentes con el objeto de procurar la conservación y mejoramiento de estas propiedades. Es así como se tienen desde suelos con baja a alta profundidad efectiva, con alta y baja estabilidad estructural, con baja y alta permeabilidad, con valores de pH desde extremadamente ácidos (<4) hasta otros en los cuales se registran problemas con sales y/o sodio (Amézquita, 1999; Arias y Munévar, 2004; Martínez, Botón, Herrera, Burgos y Robles, 2004; Rincón, Garzón y Torres, 2016). También, valores extremos de

saturación de aluminio intercambiable (>90 %) y, al contrario, valores de saturación de calcio (>80 %).

Además de las variaciones asociadas con los procesos de formación de los suelos, los antecedentes de manejo previo al establecimiento de la palma de aceite también es otro de los factores a considerar en la conservación y regeneración de los suelos cultivados. En el caso de los cultivos transitorios, algunas prácticas de manejo pueden conducir al deterioro de la física y la biología del suelo cuando se establecen, por ejemplo, arroz bajo la modalidad de inundación o cultivos como el maíz con uso de implementos de preparación de suelo que generan pérdida de estructura y la formación del denominado “pie de arado”, el cual posteriormente limita el desarrollo de las raíces de la palma y con esto la reducción del agua y los nutrientes disponibles para el cultivo. Además, cuando se incorporan suelos anteriormente dedicados a la ganadería extensiva, presentan limitaciones asociadas con baja porosidad y compactación.

Bajo las consideraciones descritas, el manejo integrado del agua y el suelo involucra, en primer lugar, el conocimiento previo y detallado de las particularidades físicas, químicas y biológicas para su conservación y regeneración y, en segundo, el conocimiento de los impactos de estas propiedades en la dinámica suelo-agua-planta. A continuación, se destacan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, sus impactos y las prácticas de manejo.

Propiedades físicas del suelo: impactos y manejo

Para el adecuado desarrollo de la palma de aceite es deseable contar con suelos cuya profundidad efectiva sea superior a los 70 cm, es decir, que en este volumen de suelo se presenten las condiciones adecuadas para la circulación del agua, el aire y la proliferación de la vida, tanto de macro como de microorganismos. Bajo estas condiciones será posible el desarrollo adecuado de las raíces y a través de estas, el acceso a los nutrientes y al agua.

En cuanto a las propiedades físicas del suelo sobre las cuales es necesario evaluar de manera periódica y ejecutar intervenciones de mejoramiento, se destacan: la resistencia a la penetración y la porosidad total, ambas relacionadas con la densidad aparente y la permeabilidad del suelo, es decir, la capacidad de este de permitir flujo de agua. Sobre la resistencia

a la penetración, valores superiores a 2 Mpa limitan el desarrollo de raíces, la infiltración y favorecen el desarrollo de enfermedades como la Pudrición del cogollo (Arias, Beltrán, Guerrero y Sánchez, 2014; Joaquín, Marco, Carlos y Rafael, 2014; Martínez *et al.*, 2009). Como se observa en la Figura 1, al utilizar el penetrógrafo para evaluar la resistencia a la penetración es posible observar capas de suelo en las cuales se incrementan estos valores y que se relacionan frecuentemente con manejos a cultivos anteriores como el arroz bajo inundación o la intervención frecuente con arados de disco.

Además, existe relación directa entre el incremento de la densidad aparente y la reducción de la porosidad total del suelo (Figura 2). Se muestra que la reducción es cercana al 38 %, lo que representa menor espacio para la circulación del agua y el aire en el suelo. Este aumento de la densidad aparente se relaciona con procesos previos a la siembra de la palma, pero también con prácticas de manejo como el paso frecuente de maquinaria pesada para la recolección de fruto u otras labores.

El impacto de la disminución de la porosidad total se ve reflejado en la reducción de la masa seca de raíces y consecuentemente en la reducción de la acumulación de masa seca foliar. Ensayos realizados por Cenipalma en etapa de vivero, mostraron que la reducción en el desarrollo fue cercana a 67 % en comparación al suelo que presentaba una condición más cercana al óptimo de porosidad total, la cual se considera apropiada cuando está en alrededor del 50. Además, se presentan impactos negativos en la tasa de recuperación de nutrientes. Cuando se compararon los cultivares *E. guineensis* y OxG, la reducción de la recuperación de nitrógeno, para el caso del potasio, fue del 79 % y 60 % respectivamente. Esta menor eficiencia implica aumento de los costos de producción e impactos en la huella de carbono y la huella hídrica del cultivo, teniendo en cuenta que más de 60 % de esta huella en el campo se asocia con la aplicación de fuentes fertilizantes.

Además de los efectos mencionados, son importantes los impactos de las limitaciones físicas del suelo en la reducción de la tasa de infiltración, el incremento de la escorrentía y la erosión de las tierras (Sahat, Yusop, Askari y Ziegler, 2016; Satriawan y Fuady, 2017; Satriawan, Fuady y Mayani, 2017; Sung, Joo, Chien y Seng, 2011). Bajo estas condiciones, en el caso de la palma de aceite es necesario realizar la

Figura 1. Representación de la resistencia a la penetración en suelos establecidos con palma de aceite

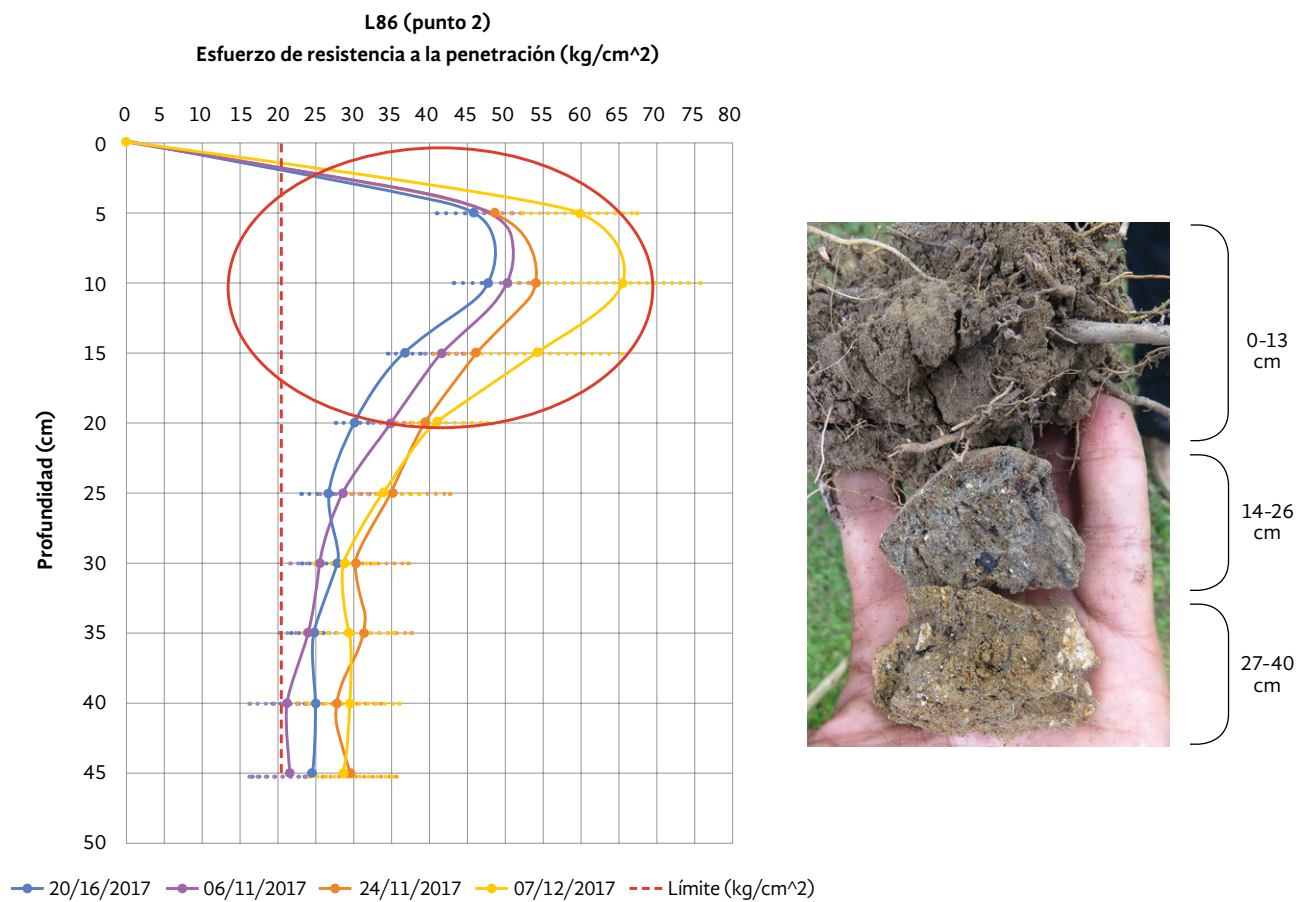
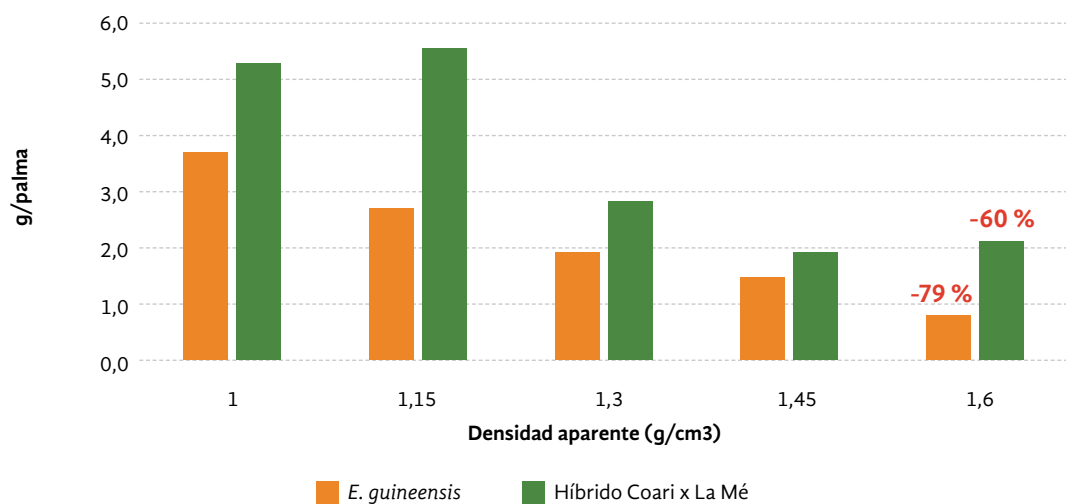


Figura 2. Comportamiento de la materia seca foliar en palmas de vivero en función de diferentes valores de densidad aparente del suelo



intervención física del suelo aun cuando se tengan cultivos establecidos. Estas acciones implican el uso de maquinaria pesada que permita superar la resistencia ofrecida por el suelo y las raíces. También con implementos que ayuden a lograr mejoramientos a una profundidad mínima de 40 centímetros en el perfil del suelo.

Trabajos desarrollados por Cenipalma en la Zona Oriental (Figura 3) muestran que, al comparar 4 tipos de implementos para mejorar el suelo, con el uso del Cenitandem en la línea de siembra al momento de establecer el cultivo, se incrementa la tasa de la infiltración hasta 2,3 veces con respecto al tratamiento tradicional de rastra pesada. En zonas con meses de altas e intensas precipitaciones resulta relevante el incremento de la tasa de infiltración, con el objeto de mejorar la disponibilidad de agua para el cultivo, mantener el balance hidrológico y reducir la erosión en las áreas cultivadas.

Además de la intervención física del suelo, es necesario evaluar y procurar que el mejoramiento alcanzado sea sostenible y duradero. Si se considera que uno de los objetivos de este tipo de intervenciones logra el incremento de la estabilidad estructural de las partículas del suelo, una práctica recomendada es el establecimiento de coberturas que aporten carbono orgánico, incrementen la diversidad biológica (Acosta, 2009; Barrios-Maestre *et al.*, 2011; Ruiz y Molina, 2014) y consecuentemente los ácidos orgánicos producidos por los microorganismos y que a su vez favorecen la estabilidad estructural. Si bien es importante la adición de biomasa, la proliferación de diversidad de especies que con sus raíces exploren di-

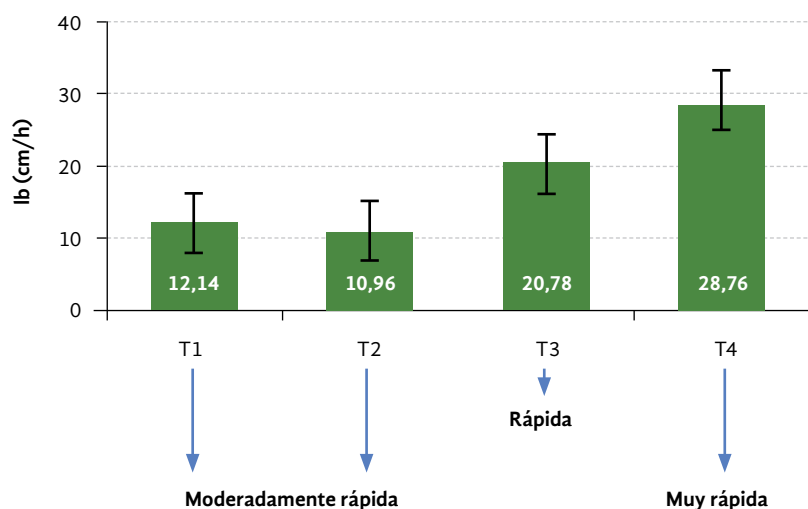
ferentes profundidades en el perfil del suelo, resulta ser más sostenible en la medida en que es menos dependiente de recursos externos.

Sobre los efectos de la cobertura del suelo, para palma de aceite existen diversidad de estudios que muestran impactos tanto en la reducción de la erosión como en el incremento de la humedad del suelo. Tiemann *et al.* (2018) encontraron que bajo condiciones de suelo desnudo las pérdidas de este fueron cercanas a 70 t ha año⁻¹, mientras que con la cobertura de leguminosas o arvenses fueron cercanas a 10 t ha año⁻¹, en ambos casos, lo cual representa una reducción de 77 % de la pérdida de suelo cuando se tienen coberturas de leguminosas o arvenses. Menor erosión es también reducción de las pérdidas del carbono del suelo y de los nutrientes, lo que implica disminución de la huella de carbono y la huella hídrica del cultivo.

Asociado con la reducción de la erosión, el uso de coberturas vegetales también permite la disminución de la escorrentía desde valores de 15 % en suelos desnudos a 3 % en suelos con arvenses, es decir, una reducción de 80 %, lo cual se traduce en mayor cantidad de agua disponible para el cultivo y las plantas acompañantes. También se evidencia que en las áreas de cultivo, en las cuales se permite el crecimiento de plantas arvenses y se recicla biomasa, es posible tener tasas de infiltración tan altas como 13 cm hora mientras que en las áreas de tráfico o en el plato de la palma estos valores son inferiores a 3 cm hora⁻¹.

El incremento de la tasa de infiltración, la reducción de la escorrentía y el aumento de la hu-

Figura 3. Impacto de diferentes métodos de labranza sobre la infiltración básica del suelo



medad disponible en el suelo, además del aporte de carbono orgánico y el favorecimiento de la estabilidad estructural de los agregados del suelo, y el establecimiento y favorecimiento de coberturas vegetales en la palma, resultan clave en el manejo integrado de la conservación del suelo y el agua en los cultivos de palma de aceite.

Propiedades químicas del suelo: impactos y manejo

La química del suelo es una de las características comúnmente estudiada en la agricultura y que de manera frecuente se relaciona más directamente con la nutrición de los cultivos, la determinación de las necesidades de aportes de fuentes fertilizantes y en consecuencia con impactos económicos y ambientales. Cuantificar la disponibilidad de nutrientes, la capacidad del suelo de intercambiarlos y determinar los limitantes en términos de acidez o basicidad, resulta determinante para el manejo sostenible de los suelos.

Teniendo en cuenta que los que son dedicados al cultivo de la palma de aceite en Colombia son predominantemente ácidos, con $\text{pH} < 5,5$ unidades y con alta saturación de aluminio intercambiable y por tanto baja saturación de bases, una de las prácticas recomendadas es la aplicación de enmiendas que impacten la acidez del suelo y que además incrementen los contenidos de nutrientes como el calcio, magnesio, potasio y fósforo.

En etapa de vivero (Figura 4) ha sido posible cuantificar los impactos de la aplicación de enmiendas en el desarrollo vegetativo, el sistema radical, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la planta. De acuerdo con esto, cuando la saturación de aluminio es superior a 70 % se presentan restricciones para el desarrollo de las raíces y la acumulación de biomasa en la palma de aceite. También, previo a la selec-

ción de enmiendas, es conveniente la ejecución de las denominadas Pruebas de Reactividad de Enmiendas (PRE), a través de las cuales es posible evaluar bajo condiciones controladas el impacto probable de respuesta de las enmiendas.

Con respecto a las PRE, la premisa es: aquellas enmiendas que muestren respuestas positivas en condiciones controladas es muy probable que funcionen en el campo, si sucede lo contrario, es poco probable.

Si bien es deseable el mejoramiento de la química de los suelos ácidos antes de la siembra, en la palma es posible obtener respuestas positivas a la aplicación de enmiendas aún en cultivos establecidos y en etapa adulta. Sin embargo, su incorporación tiene un impacto diferencial sobre las propiedades de los suelos (Figura 5). Al comparar diferentes fuentes y dosis de enmiendas, en todas fue evidente que la mejor respuesta se dio cuando se realizó la incorporación con ayuda de una rastra pesada. En el caso del aluminio intercambiable, las diferencias fueron tan grandes como 65 % de saturación de aluminio cuando no se incorporó, mientras que cuando se incorporó los valores evaluados fueron cercanos a 20 %.

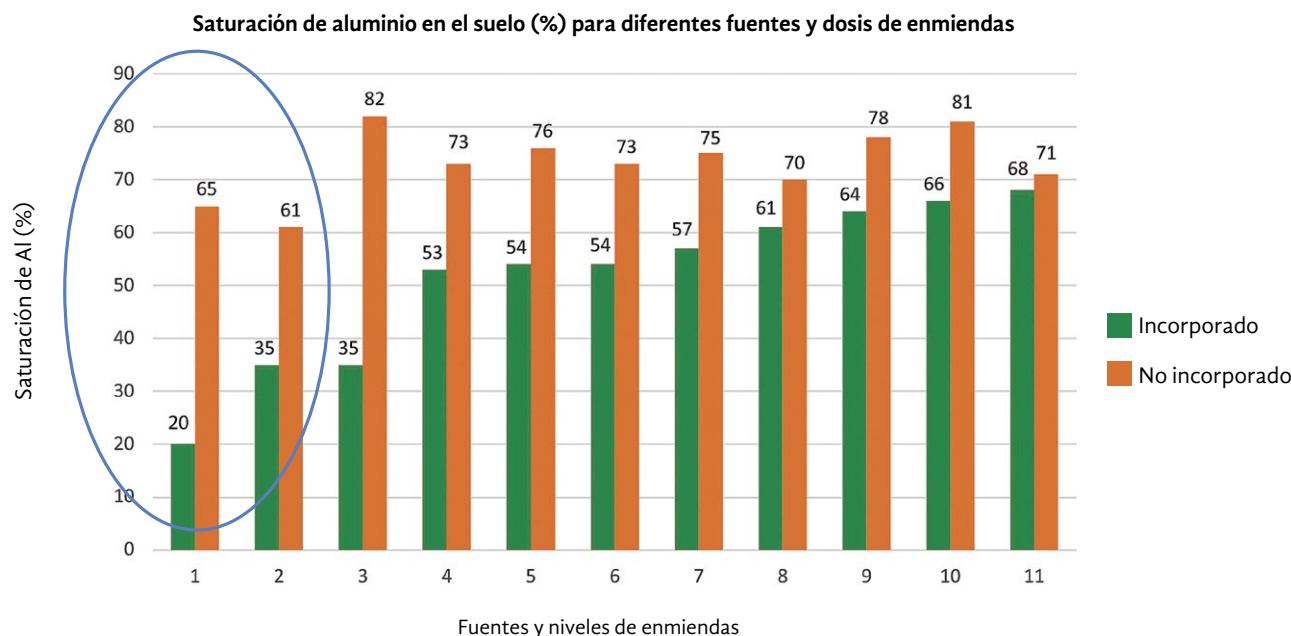
También, bajo condiciones de suelos ácidos es necesario considerar el aporte de nutrientes como es el caso del calcio y el magnesio, los cuales al ser suministrados con fuentes de baja solubilidad tienen un costo que puede ser hasta 50 % menor en términos de unidad de nutriente disponible con respecto a las fuentes solubles y dada la naturaleza perenne del cultivo, son factibles de utilizar. Esto es particularmente importante bajo situaciones de altos precios de las fuentes fertilizantes como la que se ha venido presentando durante 2021.

La mayor superficie de contacto de la enmienda con el suelo y la menor exposición a pérdidas por

Figura 4. Impacto de la saturación de aluminio en el suelo sobre el desarrollo vegetativo en palmas de vivero



Figura 5. Impacto de la incorporación de enmiendas sobre la saturación de aluminio en suelos establecidos con palma de aceite



escorrentía se relacionan directamente con la mejor respuesta de las enmiendas al ser incorporadas.

Por otra parte, con predominancia en la Zona Norte, los suelos con tendencia a la basicidad, con valores de pH > a 5,5 unidades, alta saturación de calcio y baja disponibilidad de micronutrientes, también presentan limitaciones para el desarrollo y productividad de la palma de aceite. Bajo estas condiciones, también es necesaria la aplicación de enmiendas y subproductos de la planta de beneficio que impacten la saturación de calcio y la disponibilidad de micronutrientes.

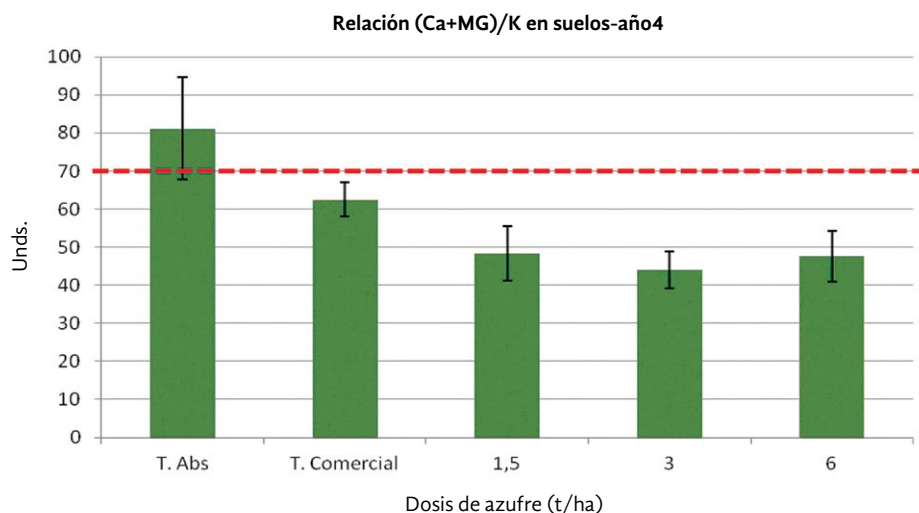
En cuanto a las relaciones entre los cationes del suelo, la relación $((Ca+Mg)/K)$ resulta un indicador para tener en cuenta, considerando el impacto en la asimilación del potasio por la planta y las asociaciones entre el desbalance y enfermedades de importancia como lo es la Pudrición del cogollo (PC). Trabajos desarrollados en la Zona Norte, bajo condiciones de saturación de calcio superior al 80 %, mostraron el impacto positivo de la aplicación de enmiendas portadoras de azufre en la R $(Ca+Mg)/K$ (Figura 6) encontrándose respuestas con la aplicación de 1,5 t ha de azufre

Además de la incorporación de enmiendas, la aplicación de subproductos de la palma como los racimos vacíos o el compost producido a partir de la combinación de diferentes subproductos de la planta de beneficio (fibra, efluentes, lodos, cenizas y racimos vacíos), debido a los altos contenidos de potasio (Boafo, *et al.*, 2020; Moradi, *et al.*, 2014; Raham, 2004), logran equilibrar la relación de nutrientes cuando se aportan dosis cercanas a 400 kg de racimos vacíos o 200 kg de material compostado por palma año.

Bajo condiciones de altos contenidos de calcio en el suelo es necesario considerar la baja disponibilidad de micronutrientes tales como zinc, hierro y manganeso. Es frecuente la determinación de bajos contenidos de zinc y manganeso en el tejido foliar y la aparición de patologías relacionadas con las deficiencias de estos nutrientes. Además de las condiciones de poca disponibilidad de agua que favorecen la aparición de estas deficiencias, la baja inclusión de estos micronutrientes en los planes de fertilización puede resultar en la reducción progresiva de los contenidos en los suelos.

Otra variable para tener en cuenta en la conservación y regeneración de los mismos con respecto

Figura 6. Impacto de la aplicación de azufre al suelo sobre las relaciones entre cationes



a la química es el seguimiento de los contenidos de nutrientes, ya que el enfoque de manejo bajo el concepto de balance de masas, implica la reposición de aquellos nutrientes que son inmovilizados en la planta o extraídos en los racimos cosechados y que deben ser aportados por el suelo o por fuentes de nutrientes.

Con este propósito, Cenipalma ha avanzado en la determinación de la extracción e inmovilización de nutrientes en cultivares OxG (Tabla 1), encontrándose diferencias importantes al compararlos con los cultivares *E. guineensis*. Se aprecian diferencias, por ejemplo, en el caso del calcio y el potasio.

Además de la extracción e inmovilización de nutrientes en el cultivo, también es pertinente con-

siderar las pérdidas de estos por efecto de factores climáticos como las altas precipitaciones, y actuar para mitigar su impacto. En este sentido, la cobertura del suelo con plantas arvenses y biomasa puede llegar a representar una reducción de 58 % del potasio en sedimentos, cuando se mantienen coberturas y biomasa.

Adicionalmente, resultan relevantes las épocas de aplicación y el tipo de fertilizantes suministrados al cultivo. Bah *et al.* (2014), al comparar fuentes comunes de fertilizantes con respecto a otras de liberación controlada, para épocas de altas precipitaciones, se percataron de que las pérdidas de potasio fueron de 3,5 kg/ha para fertilizantes compuestos mientras que,

Tabla 1. Contenido de nutrientes en racimos para cultivares *E. guineensis* e híbrido OxG.

Componente	N %		P %		K %		Mg %		Ca %		S %	
	<i>E. guineensis</i>	OxG	<i>E. guineensis</i>	OxG	<i>E. guineensis</i>	OxG	<i>E. guineensis</i>	OxG	<i>E. guineensis</i>	OxG	<i>E. guineensis</i>	OxG
Foliolo	2,05	2,12	0,128	0,14	0,88	0,89	0,233	0,14	0,356	0,7	0,174	0,18
Raquís	0,37	0,26	0,074	0,08	1,49	1,18	0,193	0,05	0,213	0,21	0,182	0,06
Pecíolo		0,33		0,11		1,71		0,09		0,45		0,09
Base peciolar del estípíte		0,4		0,11		1,56		0,28		0,76		0,36
Flecha	1,33	2,23	0,14	0,18	1,7	1,46	0,198	0,18	0,187	0,32	0,157	0,18
Estípíte	0,54	1,5	0,07	0,24	1,54	0,96	0,168	0,15	0,179	0,27	0,311	0,28
Raíz	0,32	0,39	0,027	0,07	0,8	0,51	0,083	0,14	0,048	0,12	0,308	0,15

Para OxG: 30 % menos de K y 50 % más de Calcio en el estípíte con respecto a *E. guineensis*.

en el caso de los fertilizantes de liberación controlada, esta fue cercana a 2 kg/ha. Sin embargo, en meses de bajas precipitaciones, las pérdidas fueron similares para ambos tipos de fertilizantes. Esto demuestra la importancia del momento adecuado de aplicación, pero también de las opciones tecnológicas que se tienen para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes en la palma de aceite.

Propiedades biológicas del suelo: impactos y manejo

Además de la física, la biología del suelo cada vez toma mayor importancia por su impacto en la sostenibilidad de la agricultura y las oportunidades que representa para el incremento de la eficiencia nutricional, el manejo de enfermedades y plagas, la tolerancia frente al estrés biótico, los servicios ecosistémicos y, en general, el mejoramiento y regeneración de los suelos.

Una de las estrategias para mejorar sus indicadores de actividad biológica es el aporte de biomasa a través del favorecimiento del reciclaje de las hojas y otras estructuras de la palma, o del aporte de subproductos de la planta de beneficio de fruto, tales como los racimos vacíos y la fibra.

El efecto de los racimos vacíos ha sido estudiado por diversidad de autores y se destacan los efectos iniciales sobre propiedades físicas como la humedad del suelo (Sung *et al.*, 2011), el aumento de la estabi-

lidad estructural de los agregados, la disminución de la densidad aparente y el incremento de la porosidad total, lo que a su vez impacta de forma positiva la actividad biológica del suelo (Boafo *et al.*, 2020; Tao *et al.*, 2018, también se destaca el incremento de la actividad de forrajeo de la fauna del suelo, la actividad microbiana medida a través de la tasa de respiración (Tahat *et al.*, 2020), la biomasa de lombrices (Figura 7) y la abundancia de ácaros.

Por otra parte, en la palma de aceite es posible asociar alrededor de 200 especies de plantas, las cuales desempeñan un papel fundamental en el favorecimiento de la diversidad de fauna y flora microbiana, esto asociado con el incremento de raíces finas en el suelo, lo que a su vez impacta la calidad de la materia orgánica, la abundancia de microorganismos-rizo microbioma y el *stock* de carbono (Kogge *et al.*, 2020; Tao *et al.*, 2017). De acuerdo con esto, resulta imprescindible el aprovechamiento de la diversidad de plantas que es posible asociar con la palma, ya que en cultivos adultos, alrededor de 70 % del área puede permanecer con abundante vegetación.

Es destacable también el impacto positivo del incremento de la vegetación asociada sobre las reservas de carbono en el suelo. Alrededor de 35 % de este que se acumula en el agroecosistema de la palma se encuentra en el suelo y puede llegar a representar alrededor 24 t de carbono acumulado en un cultivo de 10 años (Hood *et al.*, 2019; Luke *et al.*, 2020). Es importante destacar que la naturaleza de este carbo-

Figura 7. Evidencias de actividad de macroorganismos en suelos establecidos con palma de aceite



no orgánico, al encontrarse incorporado en el suelo y con baja remoción durante el ciclo de vida del cultivo, tiende a ser estable y contribuir a la vida y regeneración de los suelos palmeros.

Avances necesarios en el manejo integrado del suelo y el agua

El manejo integrado del suelo y el agua en los agroecosistemas palmeros resultan clave para enfrentar el cambio y la variabilidad climática, el incremento de los rendimientos, la reducción de los impactos ambientales y el bienestar y calidad de vida en las regiones palmeras de Colombia. Tres avances resultan necesarios para seguir contribuyendo de manera decidida con la producción de aceite de palma sostenible de Colombia: la generalización del uso de coberturas vegetales, la viabilización de la carbonización de residuos y la profundización en estudios de biología del suelo.

Sobre el fomento de arvenses asociadas con el cultivo de la palma (Figura 8), el impacto positivo en las variables físicas, químicas y biológicas del suelo, además de los servicios ecosistémicos asociados, son razones suficientes para incentivar el fomento de agroecosistemas palmeros diversos y más sostenibles. Sin embargo, existen retos tales como: la caracterización de especies por zonas agroecológicas, el cambio en la composición y diversidad en función de la edad del cultivo, los beneficios y desventajas de las especies más predominantes, los arreglos deseables para el mayor impacto en la conservación de suelos, reciclaje de nutrientes y servicios ecosistémicos, así como también las mejores

prácticas de manejo que garanticen el buen balance para el suelo y el cultivo.

Con relación al biocarbón, más allá de los impactos demostrados en etapa de vivero, es necesario viabilizar la carbonización de los residuos de la palma a nivel industrial, especialmente al momento de la renovación, lo cual permitirá incrementar significativamente la captura de carbono en el cultivo y favorecer propiedades tan importantes como la capacidad de intercambio catiónico del suelo y su relación con el incremento de la eficiencia de la fertilización, tema de mayor relevancia desde el punto de vista económico y ambiental.

Por último, el mejor aprovechamiento de biología del suelo, empezando por su estudio detallado para la identificación de potencialidad de los macro y microorganismos en variables de interés como: la fijación biológica de nitrógeno, la solubilización de fósforo y potasio, la estimulación del desarrollo o promoción del crecimiento de las plantas, la potencialización del sistema de defensa de las plantas, el antagonismo frente a organismos plaga y, en general, la reducción de gases de efecto invernadero asociada con uso más eficiente de insumos agrícolas, especialmente los fertilizantes.

Agradecimientos

Al grupo de investigación en Agronomía de la palma de aceite en Cenipalma. Especialmente a los investigadores: Álvaro Hernán Rincón, Jhon Fredy Jiménez Vera y Wilson Pérez, por su contribuciones a la presente publicación. También al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma.

Figura 8. Vegetación acompañante para cultivo joven y adulto de palma de aceite



Referencias bibliográficas

- Acosta, S. I. C. (2009). *Promoting the Use of Tropical Legumes as Cover Crops in Puerto Rico*. M.Sc Thesis, Department of Agronomy, University of Puerto Rico, 78.
- Amézquita, E. (1999). Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. *Palmas*, 20(1), 28-30.
- 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>
- Arias, N. & Munévar, F. (2004). Caracterización de la fertilidad de los suelos de la Zona Central palmera de Colombia. *Palmas (Colombia)*, 25, 137-147.
- Barrios-Maestre, R., Fariñas, J., Silva-Acuña, R. & Sanabria, D. (2011). Comportamiento de cinco especies de leguminosas como cobertura viva en palma aceitera en el estado Monagas, Venezuela. *Idesia (Arica)*, 29(2), 29-37. doi: 10.4067/s0718-34292011000200004
- Boafo, D. K., Kraisornpornson, B., Panphon, S., Owusu, B. E. & Amaniampong, P. N. (2020). Effect of Organic Soil Amendments on Soil Quality in Oil Palm Production. *Applied Soil Ecology*, 147(November), 103358. doi: 10.1016/j.apsoil.2019.09.008
- Fedepalma. (2020). *Anuario estadístico 2020*. Bogotá D. C., Colombia: Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (Ed.).
- Guillaume, T., Kotowska, M. M., Hertel, D., Knohl, A., Krashevskaya, V., Murtillaksono, K., ... Kuzyakov, Y. (2018). Carbon Costs and Benefits of Indonesian Rainforest Conversion to Plantations. *Nature Communications*, 9(1). doi: 10.1038/s41467-018-04755-y
- Hood, A. S. C., Aryawan, A. A. K., Advento, A. D., Purnomo, D., Wahyuningsih, R., Luke, S. H., ... Naim, M. (2019). Understory Vegetation in Oil Palm Plantations Promotes Leopard Cat Activity, but does not Affect Rats or Rat Damage. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2(September), 1-12. doi: 10.3389/ffgc.2019.00051
- Jcu, R. (2018). *Soil Carbon Dynamics Under Oil Palm Plantations*.
- Joaquín, T., Marco, G., Carlos, C. & Rafael, M. (2014). *Características del suelo, desarrollo radical e incidencia de PC (Pudrición del cogollo) en palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) Materiales y métodos localización del estudio y material vegetal*.
- Kogge Kome, G., Oben Tabi, F., Brice Tedo, F. & Kogge Enan, R. (2020). Identification of Soil Management Factors for Sustainable Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Production in Coastal Plains of Southwest Cameroon. *Journal of Agronomy*, 19(2), 83-93. doi: 10.3923/ja.2020.83.93
- Luke, S. H., Advento, A. D., Aryawan, A. A. K., Adhy, D. N., Ashton-Butt, A., Barclay, H., ... Turner, E. C. (2020). Managing Oil Palm Plantations More Sustainably: Large-Scale Experiments Within the Biodiversity and Ecosystem Function in Tropical Agriculture (BEFTA) Programme. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2(January), 1-20. doi: 10.3389/ffgc.2019.00075

- Martínez, G., Arias, N. A., Sarria, G. A., Torres, G., Varón, F., Noreña, C., ... Burgos, C. A. (2009). *Manejo integrado de la Pudrición del cogollo (PC) de la palma de aceite*, 1-24.
- Martínez, R., Botón, J., Herrera, V., Burgos, L. & Robles, J. (2004). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Nariño*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Moradi, A., Teh, C. B. S., Goh, K. J., Husni, M. H. A & Ishak, C. F. (2014). Decomposition and Nutrient Release Temporal Pattern of Oil Palm Residues. *Annals of Applied Biology*, 164(2), 208-219. doi: 10.1111/aab.12094
- Raham, D. (2004). Study of Mineral Nutrient Losses From Oil Palm Empty Fruit Bunches During Temporary Storage. *Journal of Oil Palm Research*, 16(1), 11-21.
- Rincón, A., Garzón, E. & Torres, J. (2016). Suelos por tipo de paisaje asociados al cultivo de la palma de aceite en la Zona Suroccidental de Colombia. *Revista Palmas*, 37(1), 25-43.
- Ruiz, E. & Molina, D. (2014). Revisión de literatura sobre beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite en Oil Palm and Other Perennial Crops. *Palmas (Colombia)*, 35(1), 53-64.
- Sahat, S., Yusop, Z., Askari, M. & Ziegler, A. D. (2016). Estimation of Soil Erosion Rates in Oil Palm Plantation with Different Land Cover. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 136(1). doi: 10.1088/1757-899X/136/1/012086
- Satriawan, H. & Fuady, Z. (2017). Soil Conservation Techniques in Oil Palm Cultivation for Sustainable Agriculture Teknik Konservasi Tanah Pada Budidaya Kelapa Sawit untuk Pertanian Berkelanjutan, 7(2), 178-183. doi: 10.19081/jpsl.2017.7.2.178
- Satriawan, H., Fuady, Z. & Mayani, N. (2017). *Soil Conservation by Vegetative Systems*, XLIX. doi: 10.17951/pjss/2016.49.2.223
- Soil Survey Division Staff. (2014). *Claves para la taxonomía de suelos*. NRCS-US Department of Agriculture.
- Sung, C. T. B., Joo, G. K., Chien, L. C. & Seng, S. T. (2011). Short-Term Changes in the Soil Physical and Chemical Properties Due to Different Soil and Water Conservation Practices in a Sloping Land Oil Palm Estate. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 34(1), 41-62.
- Tahat, M. M., Alananbeh, K. M., Othman, Y. A. & Leskovar, D. I. (2020). Soil Health and Sustainable Agriculture. *Sustainability (Switzerland)*, 12(12), 1-26. doi: 10.3390/SU12124859
- Tao, H. H., Snaddon, J. L., Slade, E. M., Caliman, J. P., Widodo, R. H., Suhardi & Willis, K. J. (2017). Long-Term Crop Residue Application Maintains Oil Palm Yield and Temporal Stability of Production. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(4). doi: 10.1007/s13593-017-0439-5
- Tao, H. H., Snaddon, J. L., Slade, E. M., Henneron, L., Caliman, J. P. & Willis, K. J. (2018). Application of Oil Palm Empty Fruit Bunch Effects on Soil Biota and Functions: A Case Study in Sumatra, Indonesia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 256(November 2017), 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.012>
- Tiemann, T. T., Donough, C. R., Lim, Y. L., Härdter, R., Norton, R., Tao, H. H., ... Oberthür, T. (2018). Feeding the Palm: A Review of Oil Palm Nutrition. *Advances in Agronomy*, 152, 149-243. doi: 10.1016/bs.agron.2018.07.001
- Wisdom, B. S., Owusu-Bennoah, E. & Kofi, A. M. (2017). Dynamics of Soil Carbon Sequestration Under Oil Palm Plantations of Different Ages. *Global Symposium on Soil Organic Carbon*, 2(1-4), 21-23.

Productividad y calidad de aceite, retos para el sector palmero colombiano

Productivity and Oil Quality, Challenges for the Colombian Palm Oil Sector

CITACIÓN: García-Núñez, J. A., Chaparro-T., D. C., Ramírez-C., N. E. Caballero-B., K., Díaz, C. A., Cortés, I. L., Munar, D. A., González, A., Mondragón, A., Cala, S., Guerrero, A., Sierra, S. Albarracín, J. A. & Cuellar, M. (2022). Productividad y calidad de aceite, retos para el sector palmero colombiano. *Palmas*, 43(1), 64-75.

GARCÍA NÚÑEZ JESÚS A.

Coordinador del Programa de
Procesamiento de Cenipalma

CHAPARRO T. DIANA C.

Auxiliar de Investigación de Cenipalma

RAMÍREZ C. NIDIA E.

Asistente de Investigación de Cenipalma

CABALLERO B. KENNYHER

Auxiliar de Investigación de Cenipalma

DÍAZ CESAR A.

Investigador Asociado de Cenipalma

CORTÉS INGRID L.

Auxiliar de Investigación de Cenipalma

MUNAR DAVID A.

Auxiliar de Investigación de Cenipalma

GONZÁLEZ ALEXIS

Asistente de Investigación de Cenipalma

MONDRAGÓN ALEXANDRA

Responsable del Proyecto Especial de
Salud y Nutrición

CALA SILVIA

Extensionista II de Cenipalma

GUERRERO ANDERSON

Extensionista I de Cenipalma

SIERRA SONIA

Extensionista II de Cenipalma

ALBARRACÍN JORGE A.

Analista de Desarrollo de Nuevos Negocios

CUELLAR MÓNICA

Líder de Desarrollo de Nuevos Negocios

Resumen

En la agroindustria de la palma de aceite los productos principales son el aceite de palma crudo (APC) y la almendra. El APC es distribuido para productos del sector de alimentos, biodiésel, concentrados y oleoquímica. Sin embargo, se han analizado escenarios de viabilidad para incluir otros que son derivados de la palma de aceite, como los generados a partir

de la biomasa. En los últimos 20 años, la producción de aceites y grasas se ha triplicado, al mismo tiempo que se han vuelto más estrictas las exigencias del mercado en parámetros de calidad del aceite de palma, generando la necesidad de establecer estrategias para afrontar todos los retos que tiene el sector. En este artículo se presentan parte de los resultados que se han obtenido a partir de diferentes estudios e investigaciones realizadas por Cenipalma, y que están relacionados con el incremento de la productividad de la agroindustria, el desarrollo de tecnologías, el procesamiento de racimos de fruta fresca y la diversificación de los productos derivados de la palma de aceite. De igual manera, se mencionan los retos de calidad y nuevos usos del aceite a los que se enfrenta el sector. Finalmente, se presenta un análisis de compatibilidad entre los distintos retos mencionados y la forma de abordarlos, y las conclusiones del análisis desarrollado.

Introducción

A nivel mundial, en las tres últimas décadas, la producción de aceites y grasas se ha triplicado pasando de 80 millones de toneladas desde 1990 a 236 millones de toneladas en 2020 (Fedepalma-Sispa, 2021). Dentro de este mercado, el aceite de palma crudo (APC) y el aceite de palmiste han incrementado su participación alcanzando un crecimiento aproximado de 140 % en el mismo periodo de tiempo a nivel mundial (Oil World, 2021). Este crecimiento se atribuye a que el cultivo es considerado como la oleaginosa con mayor productividad y versatilidad, lo que facilita su uso dentro de diferentes industrias y potencializa su participación en diversos mercados locales y mundiales. En Colombia, la producción de APC ha tenido un crecimiento significativo desde la década de los noventa, alcanzando niveles históricos como en el 2020 cuando se reportó una producción de 1,5 millones de toneladas de APC (Fedepalma-Sispa, 2021). Sin embargo, también han existido épocas de estancamiento causadas por el desarrollo de políticas públicas y factores externos, que generan incertidumbre en el comportamiento de la dinámica comercial.

Por otra parte, los precios del APC, según CIF Rotterdam, han tenido fluctuaciones a través del tiempo, por lo que es indispensable identificar estrategias que permitan amortiguar los impactos negativos y positivos en la variación de los precios y el comportamiento del mercado. Durante el año 2021, el precio del aceite se ha mantenido por encima de los USD 1.000 (Refinitiv, 2021), convirtiéndolo en un buen momento para realizar inversiones que mejoren aspectos relacionados con la productividad y reduzcan los efectos ne-

gativos que se puedan dar por temas de producción, cantidad de aceite y de fruto, entre otros. El valor de la producción de la agroindustria de la palma de aceite incluye el APC y la almendra, siendo la venta de APC distribuida principalmente para alimentos, biodiésel, concentrados y oleoquímica (Fedepalma-Sispa, 2021). Sin embargo, ha surgido la necesidad de incluir otros que son derivados de la palma de aceite, como los productos generados a partir de la biomasa, ya que han sido identificados como una oportunidad para ampliar la oferta en mercados locales e internacionales.

En las últimas dos décadas, las exigencias del mercado han aumentado la necesidad de regular los parámetros de calidad del APC, incrementando la cantidad de análisis de calidad y fijando rangos de estricto cumplimiento. Previo al año 2000, únicamente se monitoreaban ácidos grasos libres (AGL) y humedad e impurezas (H+I), posterior a esta fecha se solicitaban parámetros de calidad adicionales como DOBI (índice de deterioro de la blanqueabilidad), ácidos grasos trans (AGT), índice de yodo y, recientemente, 3MCPD (3-monocloropropano-1-2-diol) y GE (ésteres de glicidilo por sus siglas en inglés) en el aceite refinado. Desde 2018 y hasta la fecha, los 3-MPCD/GE han sido foco de atención para las entidades regulatorias, debido a que se asocia su presencia con problemas de salud, por lo que cada vez se limita más su concentración dentro de los aceites para consumo humano. Este artículo presenta una discusión sobre la compatibilidad que puede haber entre los retos de productividad, calidad y valor agregado que existen actualmente para el sector palmero, así como las implicaciones que esto puede traer.

El reto de la productividad

Este se analiza considerando 4 puntos: incrementar la productividad, desarrollar tecnologías 4.0, procesamiento de racimos de fruta fresca (RFF) de cultivares híbrido OxG, y diversificación de los productos que se pueden obtener a través de la biomasa residual.

Incrementar la productividad: para alcanzar una producción sostenible de 5 t APC por ha.año

Para incrementar la productividad de la agroindustria palmera se debe fortalecer la confianza entre los actores que componen el Núcleo Palmero (cultivador, procesador, colaboradores en general). Esto requiere resolver inquietudes referentes a la materia prima como la eficiencia de la polinización, la variabilidad de la producción, las condiciones agroclimáticas, el manejo de plagas y enfermedades, tipos de cultivares y de material genético, nutrición de los suelos, conformación de RFF y escala fenológica (madurez de RFF). Además, se deben tener en cuenta los factores que afectan el potencial de aceite y la tasa de extracción de aceite (TEA) (Figura 1). Algunos de estos parámetros están regidos estrictamente por condiciones ambientales y otros dependen de las condiciones de manejo internas de cada plantación y planta de beneficio (PB). Por ejemplo, la Pudrición del cogollo (PC) y su grado de avance afecta considerablemente la TEA, fluctuando entre valores de 17 a 27 %, es decir, 10 puntos de diferencia en el contenido de aceite. Se ha establecido que un potencial óptimo de aceite de palma podría ser 27 % (Durán *et al.*, 2004), sin embargo, se ha identificado que en el procesamiento

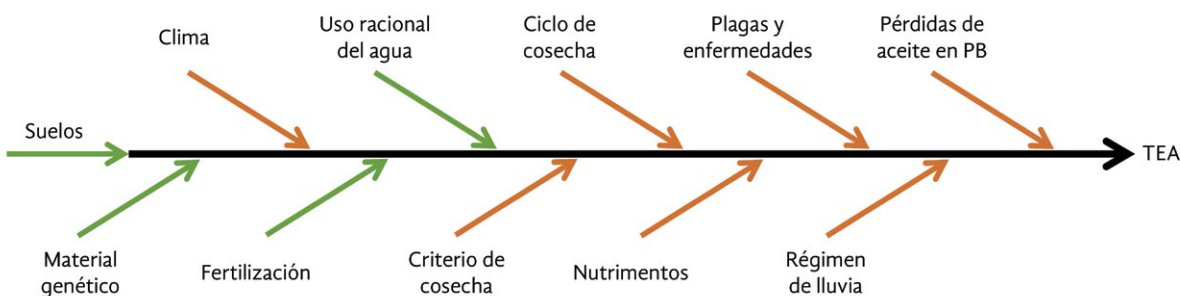
de los RFF solamente se extrae cerca de 21 % como TEA en PB, teniendo pérdidas importantes originadas desde las plantaciones y que se incrementan durante el proceso de extracción en las PB.

Con la llegada de los cultivares híbridos OxG se han unificado los criterios de calidad de los RFF considerando: i) su estado de maduración (maduro, verde, sobremaduro, podrido), ii) criterios por conformación (clase 1, 2, 3 y 4) y iii) criterios externos (pedúnculo largo e impurezas). Estos criterios varían de los definidos para el cultivar *Elaeis guineensis* especialmente en cuanto a la conformación de los racimos. Esta clasificación se ha realizado teniendo como criterio principal la apariencia externa de los RFF, sin embargo, se identificó una problemática por la calificación de clases, debido a que los frutos internos de los cultivares OxG no contienen nueces y reportan mayores cantidades de aceite de palma con respecto al *Elaeis guineensis*. Esto generó un nuevo desafío, relacionado con el desarrollo de metodologías que permitieran identificar el potencial de aceite a nivel industrial para reducir las brechas entre el potencial estimado y la TEA medida en la PB. Como respuesta a este desafío, el Programa de Procesamiento ha trabajado en el desarrollo de dos tecnologías conocidas como i) Masa que pasa al digestor (MPD) y ii) Potencial industrial de aceite (PIA) en línea para facilitar la medición del potencial de aceite.

Masa que pasa al digestor (MPD)

El MPD (masa que pasa al digestor) es una metodología que determina el potencial de aceite y caracteriza los RFF, mediante el muestreo de la masa esterilizada (frutos + impurezas) que se toma en el trayecto

Figura 1. Factores que afectan el potencial de aceite y TEA. Fuente: García *et al.* (2021)



entre la salida del tambor desfrutador y la entrada al digestor, obteniendo información relevante sobre la composición del racimo (*fruit set*, almendra a racimo, frutos a racimo, etc.) y sus frutos (mesocarpio a fruto, aceite a mesocarpio, almendra a fruto, etc.), y así cuantificar el potencial de aceite (Caballero *et al.*, 2019). La principal ventaja de la metodología MPD se presenta desde la óptica del muestreo, ya que con poco esfuerzo físico y recurso humano es posible evaluar diferentes volúmenes de RFF que pueden ir desde un racimo hasta un camión con fruto (p. ej. 20 t). Debido a que el muestreo se realiza después del desfrutador, es posible una mayor homogenización de los frutos esterilizados, reduciendo el sesgo de subjetividad. Esto ha permitido obtener potenciales de aceite por MPD cercanos a la TEA medida en PB (las diferencias encontradas entre estos dos parámetros no superan el punto porcentual, a diferencia de las metodologías convencionales con las que se pueden registrar hasta cinco puntos porcentuales de discrepancia).

Potencial industrial de aceite (PIA) en línea

Esta tecnología permite medir en línea la cantidad de aceite que se obtiene de cada proveedor, clasificarlo y segmentarlo de acuerdo con el potencial industrial de aceite (PIA). Además, el sistema PIA en línea puede determinar parámetros como AGL y DOBI en tiempo real, permitiendo monitorear la calidad del aceite por proveedor, y facilitando la toma de decisiones que involucren modificaciones dentro del proceso y las prácticas implementadas por estos. La metodología PIA en línea está posicionada como la tecnología más revolucionaria en el mercado para la determinación del potencial de aceite junto con parámetros de calidad, además de permitir la integración con otros equipos y sistemas preexistentes en la PB, logrando conformar un ecosistema diverso entre Tecnologías 4.0, espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) y metodologías de ingeniería. En 2021, la tecnología fue reconocida como un proyecto patentado, pues se destacó como la primera patente de Cenipalma. Actualmente se están trascendiendo las fronteras del país a través de la solicitud de esta, pero en referentes palmeros como Malasia, Indonesia, Tailandia y en países de América Latina. El MPD y el PIA en línea son tecnologías complementarias, las cuales permiten analizar aspectos que van desde la unidad elemental de los RFF y su conformación detallada, pasando por la caracterización en tiempo real de parámetros asociados a cantidad y calidad

del aceite, hasta lograr el conocimiento avanzado de cada proveedor.

Desarrollo de tecnologías 4.0

El sector palmero se encuentra frente al desafío de adopción de nuevas tecnologías. Aunque algunas PB ya tienen avances en este tema se requiere incentivar la adopción a nivel sectorial. Estos nuevos desarrollos y herramientas tecnológicas se encuentran dentro del marco de la Ciencia de los Datos (o Data Science), que integra ingenierías, estadística y matemática, generando soluciones novedosas con gran aplicabilidad en el contexto palmicultor. Algunas de estas tecnologías son: i) inteligencia artificial aplicada a reconocimiento y clasificación, ii) escáner y digitalización 3D de equipos y espacios, iii) fabricación aditiva (impresión 3D), iv) integración vertical y horizontal de tecnologías, v) ciberseguridad integrando *blockchain*, vi) *wearables* y tecnología háptica que interactúa con el cuerpo humano (p. ej. exosqueletos y gafas de realidad mixta), vii) computación en la nube (*cloud*), viii) robótica autónoma, ix) internet industrial de las cosas (IIoT), x) Big Data y minería de datos, entre otras. Estas tecnologías pueden ser implementadas dentro de las PB para temas relacionados con sistemas de información, monitoreo y control remoto de procesos, espectroscopia de infrarrojo cercano NIR, tecnologías de mantenimiento predictivo, visión e inteligencia artificial.

En Colombia se ha implementado el Sistema integrado de información para plantas de beneficio (CeniSiiC), el cual permite administrar, recolectar, recuperar, procesar, almacenar y distribuir datos obtenidos en procesos de beneficio y de áreas de soporte, que faciliten su transformación a información para la toma de decisiones estratégicas a nivel gerencial, directivo y operacional. En años anteriores, CeniSiiC permitió identificar oportunidades en más de 35 PB en el país, logrando establecer puntos de mejoramiento en procesos y prácticas asociadas al uso racional del tiempo (disponibilidad de planta), sincronismo y velocidad de procesamiento (rendimiento de equipos) y aspectos sobre el monitoreo de la calidad de los procesos (principalmente diferencias entre PIA, TEA y pérdidas de aceite). Este sistema de información se encuentra en proceso de mejoramiento e inclusión de nuevas herramientas alineadas con las Tecnologías 4.0.

Otra es la tecnología NIR de laboratorio para la determinación de parámetros de calidad de aceite, pérdidas en matrices sólidas, entre otros. El NIR cuenta con modelos construidos para *Elaeis guineensis*, para la determinación de parámetros como DOBI, AGL, índice de yodo, humedad, contenido de aceite en mesocarpio, aceite de almendra, pérdidas en fibra y tusa, entre otros, así como la determinación de vitaminas como α -carotenos y β -carotenos. Actualmente se están desarrollando modelos para cultivares híbridos OxG, siendo los modelos de predicción para calidad de aceite y medición de pérdidas en fibra, los de mayor avance debido al alto desempeño estadístico como el índice de correlación (R^2) superior al 85 y el balance sostenido entre muestras analizadas y métodos de referencia en el laboratorio monitoreados, a través de los errores estándar de validación cruzada (SECV) y de predicción (SEP). Con estas tecnologías se ha buscado tener el control detallado del funcionamiento de las PB, con el objetivo de optimizar procesos y tomar decisiones oportunas para mejorar los procesos de extracción, productividad y calidad del aceite. Debido a la alta flexibilidad de los equipos NIR, se está estudiando la posibilidad de detectar compuestos y sustancias de mayor complejidad, como es el caso del cloro en el aceite, y elementos considerados como contaminantes no deseables en el proceso de extracción, lo anterior utilizando equipos de alto espectro en el laboratorio con validación en equipos de medición *on-line*.

Cenipalma ha logrado evaluar tecnologías avanzadas de mantenimiento predictivo y de gestión de activos en diversas PB. En sistemas críticos para el proceso como elevadores de cangilones de fruto, centrífugas deslodadoras, transportadores sinfín, desfrutadores, entre otros. Se han realizado análisis de vibraciones mecánicas en línea para detectar con antelación de meses, posibles indicios y fallas que podrían ser catastróficas para la disponibilidad y seguridad de la PB. Simultáneamente la tecnología de termografía infrarroja ha permitido corroborar los diagnósticos relacionados con vibraciones mecánicas, evidenciar puntos calientes a nivel eléctrico en sistemas críticos en la planta, entre otros posibles problemas no detectables por el ser humano. Finalmente, la tecnología de escaneo 3D ultra-detallada se aplicó en tanques de almacenamiento y en parte de la infraestructura de la PB, con el fin de proponer una herramienta para conocer el volumen real en vacío de los tanques de almacenamiento y para el levantamiento de planos de áreas del proceso.

Procesamiento de RFF de cultivares híbrido OxG

La estrategia que se ha planteado para el procesamiento de los RFF de cultivares híbridos OxG está compuesta por tres etapas: i) levantamiento de la línea base y trabajo con los comités asesores de las PB, ii) acompañamiento a las PB y seguimiento de iniciativas y iii) convenio con organizaciones externas y terceros. Como resultado, se han identificado diversas preocupaciones con respecto al procesamiento de estos racimos en la PB.

Recuperación de la almendra

Se ha evidenciado un menor contenido de nueces en los cultivares híbridos OxG, lo que reduce la cantidad de almendra obtenida. Esta condición ha generado variaciones en el proceso de digestión y prensado, por lo que se requiere de la búsqueda de tecnologías que permitan la extracción del aceite de palma minimizando los riesgos de pérdidas de aceite, además de mantener la calidad del aceite obtenido. Respecto a los parámetros de prensado se identificó que existe divergencia frente a la cantidad de nueces, teniendo una variación entre 0,2 % hasta 24 % por RFF. Esta variación genera cambios en el rendimiento de la prensa y la impregnación de aceite en la fibra por lo que identificar parámetros de operación y o tecnologías de extracción contribuirá a la reducción de las pérdidas de aceite en esta etapa del proceso.

Pérdidas de aceite y buenas prácticas en PB

Las pérdidas de aceite en fibra prensada es la que reporta mayor afectación en el procesamiento de RFF híbrido OxG, llegando a tener valores de hasta 1,21 % aceite/RFF. Para las tusas, se encontró un rango de pérdidas entre 0,48 a 0,60 % aceite/RFF, pero no se observan grandes diferencias para el procesamiento de RFF híbrido OxG en particular. En los efluentes, las mayores pérdidas las reportan las PB que no han realizado un ajuste en la operación de la clarificación (dilución). En general, se observó que hay un aumento de las pérdidas totales de aceite en el proceso, teniendo valores de hasta 2,15 % aceite/RFF con respecto al valor de referencia de 1,6 % aceite/RFF para procesamiento con RFF *Elaeis guineensis*.

Algunas PB han implementado prácticas para mejorar los procesos de digestión y prensado para el

procesamiento de RFF de cultivares híbridos OxG a fin de reducir las pérdidas de aceite. Como ejemplo de estas prácticas, en la sección de digestión y prensado se ha implementado un freno en el tornillo, aumento del cuerpo del tornillo, recuperación de aceite en el fondo del digestor, aumento en diámetros de las perforaciones de la canasta de prensa, adaptación del sistema recuperación de aceite en bajantes (pantalones) de prensa mediante recolectores encamisados, uso de semilla de tagua como elemento acondicionador de la masa digestada previa al prensado (reemplazo de las almendras) y refuerzo del cuerpo de la canasta con barras fijas a lo largo del cuerpo de esta para evitar deformaciones durante la operación. Un ensayo realizado en Ecuador logró monitorear el flujo volumétrico y la corriente eléctrica del digestor en el procesamiento de RFF *Elaeis guineensis* y OxG. En este ensayo se detectó que el flujo promedio para el procesamiento de *Elaeis guineensis* fue de 0,59 m³/h, mientras que para el procesamiento de OxG fue de 3,5 m³/h. Estos resultados permiten concluir preliminarmente que el proceso se lograría optimizar en este punto, para alcanzar mejoras en el prensado.

Inventario tecnológico

En el estudio de inventario tecnológico se evaluaron 11 PB, las cuales evidenciaron que en la etapa de esterilización hay diversidad en cuanto a los ciclos de esterilización aplicados, tanto en número de picos de presión como en los tiempos totales (desde 45 hasta 110 minutos). Adicionalmente, las diferencias entre las PB en el proceso de esterilización están asociada a las características de maduración del fruto y a las condiciones en la generación de vapor y prensado de los RFF. Los hallazgos para esta etapa del proceso dejan ver la necesidad de realizar trabajos que conduzcan a la identificación de las mejores formas de operar los equipos en función del cumplimiento de los objetivos de la esterilización, teniendo en cuenta las características particulares de cada PB.

Adicionalmente, se encontró que el mayor reto para las PB se relaciona a la mejora de la capacidad de prensado, ya que esta disminuye con el procesamiento de los RFF OxG. En la encuesta realizada a 11 PB se evidenció que aquellas que solo procesan híbrido OxG reportan reducciones en su capacidad de prensado que están entre 20 y 50 %, y las que procesan mezclas reportan reducciones desde 11 hasta 35 %. Estas reducciones están asociadas a las carac-

terísticas y calidad de la materia prima, como a las mismas condiciones de operación. En este sentido es necesario identificar posibles mejores prácticas operativas que las PB puedan aplicar para mitigar el efecto de procesamiento de RFF OxG en el rendimiento de los equipos.

Diversificación de productos de la biomasa

Una fuente de ingreso adicional, que puede ser de gran relevancia para el sector palmero colombiano, es la diversificación de su canasta de productos. Considerando que actualmente la biomasa de palma de aceite no es aprovechada en su totalidad, es clave generar valor agregado para aumentar las oportunidades de producir nuevos productos derivados de esta como sustancias químicas, bioenergía y materiales. El sector palmicultor cuenta con múltiples opciones de rutas de aprovechamiento de la biomasa obtenida por el proceso de extracción de aceite de palma (Figura 2), permitiendo el desarrollo de procesos como son fermentación alcohólica, digestión anaeróbica, secado, molienda, compactación, despulpado, combustión, gasificación, pirolisis, licuefacción, entre otras. Estos, facilitan la obtención de productos, generando nuevas alternativas de mercado y fuentes de ingreso para el sector.

El comportamiento del mercado (Figura 3) de los productos derivados de biomasa, evidencian que son una buena oportunidad para la generación de ingresos adicionales para el sector, llegando a la posibilidad de tener productos que se aproximen a los 9.000 USD/t, siempre y cuando se cuente con las tecnologías, escalas y los requerimientos necesarios para la obtención de productos sostenibles y de alta calidad en los diferentes mercados. A la vista de estas posibilidades, el análisis de nuevos modelos de mercado en el entorno nacional o regional será un factor clave en la formulación de proyectos de inversión que permita diversificar el beneficio del fruto de la palma de aceite y la biomasa del cultivo. Adicionalmente, de la solidez de los estudios económicos que se hagan, dependerá el soporte que den las políticas públicas y los inversionistas interesados para que finalmente sea posible la capitalización de estos mercados potenciales.

El comportamiento de los precios de venta de los productos derivados de la biomasa de palma están relacionados con las características de la materia prima y su composición fisicoquímica (Tabla 1). Las carac-

Figura 2. Rutas de aprovechamiento de la biomasa en el sector de la palma de aceite.
Fuente: García-Perez *et al.*, (2013)

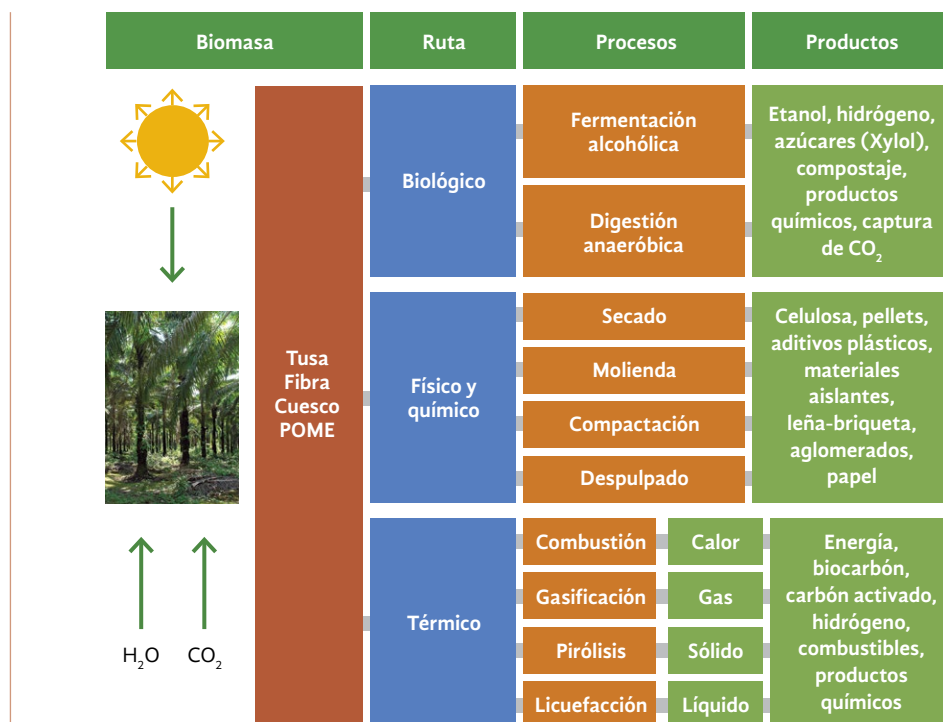


Figura 3. Precios de venta de productos derivados de biomasa. Fuente: García *et al.*, (2018).
Adaptado de Abdulrazik *et al.* (2017)

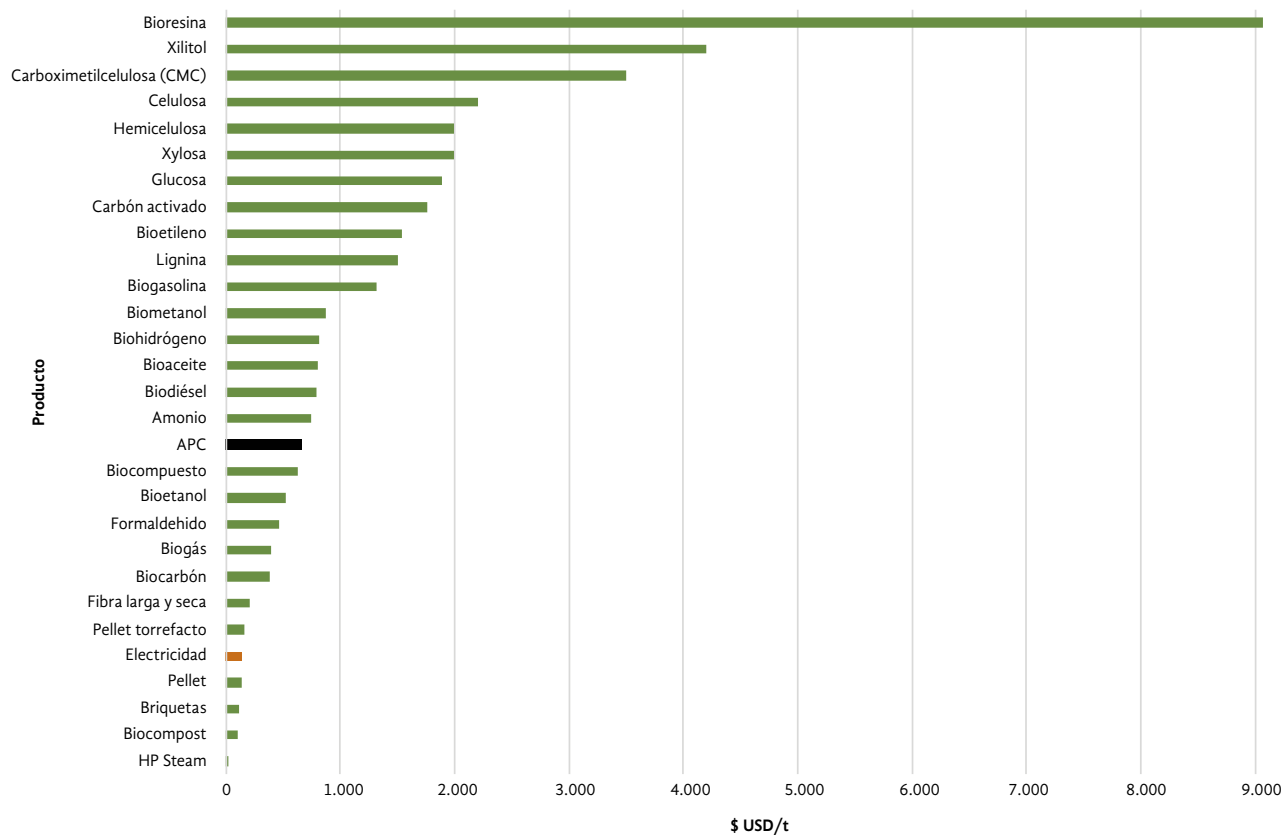


Tabla 1. Composición de la biomasa de la palma de aceite. Fuente: (García-Núñez *et al.*, 2016)

Componentes	Biomasa					
	Cuesco		Tusa		Fibra	
	Promedio	σ	Promedio	σ	Promedio	σ
Lignina (%)	48	2,9	15	8,9	24	5,5
Celulosa (%)	26	4,0	43	15,1	30	5,4
Hemicelulosa (%)	19	4,5	21	6,3	21	5,6
Humedad (%)	11	5,2	36	28,8	24	15,7
Volátiles (%)	74	5,7	80	5,8	78	-
C (%)	50	1,0	47	4,2	44	-
N (%)	0,4	0,2	0,6	0,4	1,9	0,1
S (%)	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,0
Na (mg kg ⁻¹)	10,8	-	102,3	-	32,9	-
Mg (mg kg ⁻¹)	262,7	-	913,5	-	1.509,5	-
Al (mg kg ⁻¹)	31,7	-	802,1	-	1.216,3	-
P (mg kg ⁻¹)	115,0	-	572,7	-	594,9	-
K (mg kg ⁻¹)	1.477,7	-	5.574,0	-	5.188,3	-
Ca (mg kg ⁻¹)	173,7	-	173,7	-	1.771,6	-
Fe (mg kg ⁻¹)	56,3	-	320,4	-	1.239,4	-

terizaciones de la biomasa son el elemento principal para definir los usos potenciales que se pueden obtener y las rutas por las cuáles se realizará el proceso de transformación para la obtención del producto final.

Para conocer la cantidad de biomasa con la que cuenta el sector palmero colombiano, en el 2017 se realizó el primer inventario de biomasa generada y se definió su distribución en las cuatro zonas palmeras. Este estudio identificó los principales usos que se le ha dado y el potencial de biomasa que puede ser usado con otros fines, además de los ya existentes. La evolución constante de la industria, las exigencias de la sociedad, y los efectos del cambio climático, se han convertido en el eje principal para realizar cambios que permitan la adaptación y que generen nuevos esquemas de producción que se encuentren alineados con producciones sostenibles, de menor impacto ambiental y mayores aportes económicos.

Rutas de transformación de la biomasa

Dentro del objetivo de convertir las PB en biorrefinerías, se identificó el carpado de las lagunas, el apro-

vechamiento del biogás y la optimización energética, como los factores de mayor importancia dentro de este proceso de transformación. El biogás es la oportunidad con mayor proyección que se tiene hasta el momento. En los últimos análisis realizados se ha estimado que el sector palmero tiene un potencial de producción de biogás de 140 millones de m³/año (Fedepalma-Cenipalma, 2021) y una reducción de gases de efecto invernadero (GEI) de 1,4 millones de toneladas CO₂eq, por solamente carpar las lagunas de tratamiento actual del efluente generado en el proceso. El aprovechamiento de este biogás puede generar energía eléctrica para suplir las necesidades energéticas dentro del proceso de extracción de aceite y además producir excedentes de energía que pueden ser suministrados a la red eléctrica nacional. De igual manera, puede ser utilizado como gas domiciliario, contribuyendo con las metas establecidas dentro de la transición energética actual del país.

La producción de biocarbón es otro de los usos con gran potencial de aprovechamiento, debido a sus múltiples posibilidades de uso como el secuestro de carbono; remoción de contaminantes en agua, aire

y suelo; mejora de fertilidad de suelos; reducción de procesos de lixiviación y escorrentía; mejoramiento de propiedades físicas del suelo; y generación de energía renovable, entre otros. El biocarbón producido por pirólisis (degradación térmica de la biomasa bajo una atmósfera limitada en oxígeno) tiene propiedades funcionales para diferentes aplicaciones comerciales debido a una mayor área superficial y la formación de grupos funcionales. Por ejemplo, la aplicación de biocarbón en el suelo incrementa los rendimientos de los cultivos y mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, acidez, capacidad de retención de agua y capacidad de intercambio catiónico). Otras aplicaciones, incluyen la remoción de contaminantes en agua, tales como metales pesados, azul de metileno, nitrógeno, fósforo y oxianiones. El proceso de pirólisis genera energía, gases de síntesis y bioaceite que pueden ser usados como sustitutos de combustibles fósiles. La producción de biocarbón es una medida de mitigación del cambio climático, debido a que almacena el carbono en una forma estable, evitando su liberación a la atmósfera por la degradación de la biomasa.

El reto de la calidad y los nuevos usos del aceite

El procesamiento de los RFF ha tenido que evolucionar y adaptarse a los cambios y requerimientos demandados por el mercado. Actualmente, las PB no solo se enfocan en el proceso de extracción del APC, sino que además deben priorizar la producción de aceites de mejor calidad, enmarcado dentro del cumplimiento de los parámetros exigidos por los diferentes entes reguladores a nivel local, nacional y mundial.

Obtener aceite de palma de mejor calidad

Como se mencionó anteriormente, los nuevos parámetros de calidad exigidos por los compradores durante las negociaciones del APC hacen indispensable la revisión y ajuste de los procesos y las tecnologías utilizadas en las PB. Es por esto que los metales pesados, trazas de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, cloropropanoles y compuestos de cloro y fósforo son monitoreados con mayor frecuencia, con el fin de evaluar las propiedades y características fisicoquímicas del APC y refinado para su comercialización.

Con el fin de garantizar la calidad del aceite, se han desarrollado análisis de los diferentes flujos del pro-

ceso para determinar el grado de influencia de cada uno en la afectación de la calidad del APC. Como resultado, se identificó que la presencia de cloro viene desde las plantaciones y puede incrementarse en la PB por la calidad del agua utilizada en el proceso. Se ha reportado un promedio de cloro total de 2,5 ppm en el APC de los tanques de almacenamiento. En el proceso de refinación esta concentración aumenta, debido a la exposición a altas temperaturas y tiempo prolongado de calentamiento, lo que genera una reacción con los diglicéridos (DAG) y forma compuestos 3-MCPD. En un proceso convencional se obtiene una concentración de cloro total entre 3,86 y 2,82 ppm de 3-MCPD. Si se realiza un proceso de segregación de flujos y agua tratada, se logra una mitigación de estas concentraciones, alcanzando valores alrededor de 2,6 ppm para cloro y de 1,43 ppm para 3 MCPD. De esta manera se daría cumplimiento a la normatividad establecida por la EFSA, la cual exige concentraciones menores a 2,5 ppm.

Nuevos usos del aceite de palma

El mercado actual exige la evolución de los productos a un ritmo paralelo con las necesidades de las poblaciones, por este motivo, se identificó la necesidad ir más allá de los usos tradicionales (alimento humano y alimento animal) e iniciar el desarrollo de oportunidades enfocadas a alimentos funcionales. Desde el sector se han logrado avances importantes en la identificación que sumen valor a la cadena productiva del aceite de palma. Algunos desarrollos que se han tenido desde el área alimenticia son el de dos productos lácteos tipo queso con aceite de palma rojo en reemplazo de la grasa animal, y el de una matriz de nanofibras-hojuelas de material lipídico encapsulado con múltiples posibilidades de usos, tanto en alimentos como en otras áreas.

De igual manera, se ha trabajado en la evaluación de procesos de concentración de los fitonutrientes del APC OxG para uso alimentario. Con este trabajo se buscó exaltar el potencial del contenido de los fitonutrientes que se encuentran en el aceite de palma híbrido OxG, así como emplear tecnologías de membranas para los procesos de concentración de estos compuestos. Además, evaluar la estabilidad del extracto o concentrado de los fitonutrientes que se obtuvo para poder estimar su aplicación y, finalmente, desarrollar una formulación de pilotos para examinar su uso en matrices alimentarias.

Es así como se evidencia un gran potencial de desarrollo de nuevos productos para el sector de la palma de aceite y la existencia de un gran número de opciones para el desarrollo de nuevos usos que potencialicen el valor del sector, desde áreas farmacéuticas, nutraceuticas, cosméticas y oleoquímica, hasta las áreas que se han trabajado por tradición.

Actividad antioxidante y contenido fenólico total en extractos metanólicos de aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico (Coari x La Mé)

El aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico (APAO), extraído del cultivar híbrido Coari x La Mé (CxL), es un sustrato rico en compuestos menores con actividad biológica y funcional que, en adecuadas dosis, promueve el correcto desarrollo de la visión, facilita la reparación del tejido conjuntivo, estimula el sistema inmunitario y brinda protección frente a especies reactivas de oxígeno. Los radicales libres son especies químicas altamente reactivas que pueden ocasionar perturbaciones a nivel celular, al facilitar la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados y de los aminoácidos que constituyen las proteínas. El consumo regular de alimentos ricos en antioxidantes naturales como carotenoides, tocotrienoles, tocoferoles, fenoles, polifenoles e isoprenoides minimiza la reactividad de los agentes oxidantes a nivel celular y son aliados para combatir el estrés oxidativo.

En estudios realizados por Cenipalma entre el 2020 y el 2021 se determinó el contenido total de compuestos fenólicos al igual que la capacidad antioxidante en extractos metanólicos de aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico, crudo y comercial-Nolí, de distinta procedencia, por medio del ensayo de Folin-Ciocalteu y del método del radical libre DPPH• (2,2-difenil-1-picrilhidracilo), correspondientemente. En los extractos metanólicos del aceite crudo, recolectado en 2 PB de palma de aceite, se estimaron concentraciones medias de fenoles totales expresadas en términos equivalentes de ácido gálico, de $22,4 \pm 1,93$ mg AG·100g⁻¹ y de $21,5 \pm 2,80$ mg AG·100g⁻¹, respectivamente, mientras que en los extractos metanólicos del aceite comercial Nolí se determinó un contenido promedio equivalente de $15,8 \pm 0,82$ mg AG·100g⁻¹. Por otro lado, los extractos metanólicos del APC tomado de las 2 PB, inhibieron el radical libre DPPH• en cerca del 77,7 % y del 74,0 %, respectivamente. Asimismo, los extractos metanóli-

cos del aceite comercial Nolí lograron inhibir el mismo radical en un promedio de 76,4 %.

Tanto el contenido total de fenoles como el porcentaje de inhibición del radical libre DPPH• fueron propiedades que se mostraron superiores en los extractos metanólicos del aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico, 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 *Elaeis guineensis* Jacq. tipo tenera cruce *dura* x *pisifera* (DxP).

Energías renovables

Por otro lado, se tienen las alternativas relacionadas con el desarrollo de energías renovables como opciones a la sustitución de fuentes de energía fósil. Una de esas es la producción del aceite vegetal hidrogenado (HVO por sus siglas en inglés), el cual ha sido identificado como una oportunidad para generar valor en la cadena productiva de biocombustibles, derivada del aceite de palma en el país. Este biocombustible es considerado como uno de los más aceptados por el sector automotriz, debido a su similitud química con el diésel y el *Jet Fuel*. Además, el HVO puede ser producido en las mismas instalaciones de una refinería de petróleo crudo, lo que facilitaría su adopción. Algunos fabricantes de vehículos europeos alimentados convencionalmente con diésel de origen fósil han adoptado el suministro de HVO a sus flotas para la operación dentro de sus procesos productivos. Así mismo, los consumidores cuentan con vía libre para que utilicen HVO, el cual en 2020 alcanzó una producción mundial de 7,8 millones de toneladas (LMC, 2021). La proyección que se ha trazado para el mercado del HVO estima que, en los siguientes 4 años, tendrá un incremento de aproximadamente 506 %, lo que lo posiciona como una oportunidad de muy alto valor que da lugar a la participación del aceite de palma.

Mezcla de aceite de palma crudo *Elaeis guineensis* y OxG

Las mezclas de los aceites de palma obtenidos de cultivares OxG y *Elaeis guineensis* ha causado una nueva problemática debido a que la composición de ácidos grasos varía entre estos dos tipos de aceite. La manera de determinar esta composición se realiza

mediante la determinación del índice de yodo el cual mide el porcentaje de saturación.

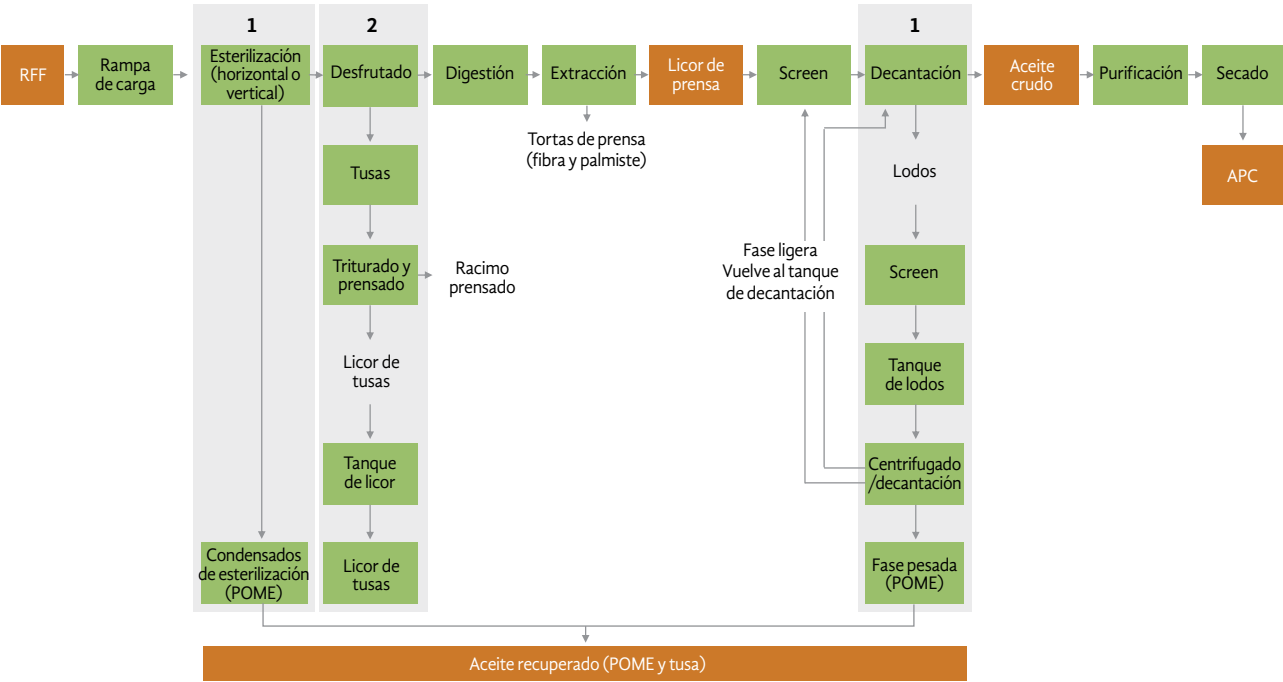
Se realizó un ensayo de aptitud de interlaboratorios para verificar la implementación de la metodología para la determinación del índice de yodo. Este se realizó en 10 PB de las zonas palmeras Norte, Central, Oriental y para 6 refinadoras de APC. Como parte de los resultados preliminares se observaron variaciones significativas entre los datos obtenidos por algunos de los analistas participantes con respecto a los valores de referencia. Estas variaciones están asociadas a la aplicación deficiente de los procedimientos analíticos en el laboratorio, sin embargo, se identificaron también algunas oportunidades de mejora en cuanto a la calidad de los reactivos y a la estandarización de la metodología de análisis. Este ejercicio permitió reconocer que existe la necesidad de realizar actividades de capacitación y actualización para los analistas de laboratorio que promueva la estandarización en la medición del índice de yodo en las PB. Estas estrategias permitirán

a sus laboratorios obtener datos con la precisión y representatividad requerida en el relacionamiento con los clientes. En términos generales, la estandarización en la medición del índice de yodo les permite a las plantas contar con información confiable en el monitoreo de sus procesos para la extracción del aceite, facilitando el control en la segregación de este en la planta.

¿Son compatibles estos retos?

Si bien muchos de los análisis presentados anteriormente están enfocados en mejorar los procesos para obtener mejores TEA, también es clave realizar la separación de corrientes para evitar el deterioro de la calidad del APC. A nivel internacional, se ha identificado una oportunidad de comercialización para los aceites residuales generados en PB. Esta ofrece la opción de hacer parte de un mercado diferenciado y cuya atención está enfocada en materias primas de segunda generación para la producción de biocom-

Figura 4. Corrientes para la obtención de aceite de palma residual



Fuente: Adaptado de documento guía para la auditoría de PB generadoras de aceites residuales de palma (ISCC, 2021).

bustibles, creando una nueva oportunidad de valor para la cadena productiva del aceite de palma, donde el precio del mercado para los aceites residuales ha registrado valores más altos que los del APC. Los volúmenes potenciales de aceite residual se han estimado entre 1,4 % y 2,4 % del total de la producción de aceite. Las PB que implementen dicha separación deberán estar sujetas a certificación por parte de esquemas de sostenibilidad, mediante el cumplimiento de ciertos requerimientos logísticos que garanticen la veracidad de la recolección y separación de corrientes de estos aceites residuales.

Conclusiones

El sector de la palma de aceite comercializa APC y almendra, sin embargo, puede diversificar y ampliar el mercado de productos provenientes tanto de la biomasa residual como de la separación del aceite según su calidad. De igual forma, para cumplir con nuevas metas, es clave realizar la mejora de la producción tanto de RFF como de aceite de palma. Junto a esto, la mejora de los procesos y las tecnologías utilizadas en la extracción del aceite podrían contribuir a aumentar la productividad.

Referencias

- Caballero, K., Cortés, I., Ramírez, N. & García, J. (2019). Masa que pasa al digestor (MPD) como metodología para la estimación del potencial de aceite industrial. *Palmas*, 40(Tomo II), 29-38.
- Durán, Q., Sierra, G. & García, J. (2004). Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta de beneficio. *Palmas*, 25.
- Fedepalma-Cenipalma. (2021). *Unidad de Gestión Comercial Estratégica*.
- Fedepalma-Sispa. (2021). *Anuario estadístico. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo, 2016-2020*.
- García-Núñez, J. A., Ramírez-Contreras, N. E., Tatiana-Rodríguez, D., Silva-Lora, E., Frear, C. S., Stockle, C. & García-Pérez, M. (2016). Evolution of Palm Oil Mills into Bio-Refineries: Literature Review on Current and Potential Uses of Residual Biomass and Effluents. *Resources, Conservation and Recycling*, 110, 99-114. doi: 10.1016/j.resconrec.2016.03.022.
- García-Pérez, M. & García-Núñez, J. A. (2013). Nuevos conceptos para biorrefinerías de aceite de palma. *Palmas*, 34(Especial, tomo II), 66-84.
- García, J. (2021). *RTN 2021. Productividad y calidad de aceite, retos para el sector palmero colombiano*. Bogotá D. C.
- García, J., Ramírez, N., Munar, D. & Chaparro, D. (2018). *Conferencia Internacional: Convirtiendo una planta de beneficio en una biorrefinería. Paso de tecnologías por el valle de la muerte*. Bogotá D. C.
- ISCC. (2021). *Guidance Document for the Audit of Wastes and Residues from Palm Oil Mills Palm Oil Mill Effluent (POME)*. 1(abril): 1-11.
- LMC. (2021). LMC Global Biodiesel Market Insight. *LMC International* (Ene): 1-53.
- Oil World. (2021). *Oil World*.
- Refinitiv. (2021). *Reuters*.

Diferenciación competitiva en sostenibilidad: una oportunidad para la palmicultura colombiana

Competitive Differentiation in Sustainability: an Opportunity for Colombian Palm Oil Agroindustry

CITACIÓN: García-Azuero, A. F. (2022). Diferenciación competitiva en sostenibilidad: una oportunidad para la palmicultura colombiana. *Palmas*, 43 (1), 76-79.

GARCÍA AZUERO ANDRÉS FELIPE
Director de Planeación Sectorial y
Desarrollo Sostenible de Fedepalma

En la palmicultura colombiana, además de buscar la mejor productividad, es muy importante aprovechar la ventaja comparativa que tenemos y que permite diferenciarnos competitivamente en sostenibilidad. Es así como hemos avanzando en un par de elementos que son el eje fundamental para asegurar esta diferenciación competitiva en Colombia y el mundo.

En 2019, la última vez que nos vimos presencialmente en una Reunión Técnica, en Bucaramanga, tuve el privilegio de mostrar el marco estratégico de la estrategia de sostenibilidad de la agroindustria de palma de aceite y cómo estábamos consiguiendo el propósito superior y una serie de líneas estratégicas y frentes de acción. Una estrategia sectorial basada en tres pilares: consolidar a Colombia como origen sostenible, lograr mercados sostenibles y tener un eje de gobernanza para nuestra sostenibilidad. Esto, con sus diferentes líneas y frentes de acción, en los cuales no voy a profundizar, pero sí contar los avances que hemos tenido, enfocándome en los logros que han sido muy importantes.

Para ello quisiera hablar sobre los retos en sostenibilidad para esta agroindustria y cómo el entorno viene cambiando a grandes velocidades. En cuanto al primero, si bien hemos hecho una buena tarea, persisten brechas en temas ambientales, sociales y económicos, y aquí la cuestión es cómo avanzamos para cerrarlas. Para esto, hemos realizado un ejercicio articulado con Jorge Alonso Beltrán, Director de Extensión, y su equipo. Un trabajo que está ligado al segundo reto que es la adaptación y la transferencia de esa tecnología, y que permite que los palmicultores puedan emplearla.

Otro reto importante es el de evitar la deforestación, y aunque las cifras sustentan y soportan los logros de nuestra agroindustria en este tema, persiste la deforestación marginal asociada a la palma, y es por eso que tenemos que seguir trabajando para garantizar y asegurar de que esta no exista por causa de la palma de aceite en Colombia.

Como cuarto reto está el desarrollo armónico con el ambiente y con los entornos palmeros. Me encanta que haya una charla final sobre temas sociales, y me

gustaría que cada vez se trataran más estos tópicos en exposiciones y ponencias en las que se presentara cómo nos estamos relacionando con nuestro entorno. Entonces, lo ambiental sí, pero también lo social. Somos parte de un entorno de las comunidades palmeras y lo que hacemos incide positivamente, por lo tanto, debemos saber cómo potenciarlo.

El quinto, tiene que ver con la imagen de la palma de aceite, ya que hay una muy mala prensa que demanda una necesidad de gestión constante, y en eso es que debemos trabajar entre todos.

Otro aspecto para abordar son las exigencias normativas y requisitos por parte de los mercados, en las que no solo se involucran las certificaciones sino unas debidas diligencias e incluso marcos regulatorios de los países, y a nivel comunitario como la Unión Europea, ya que están buscando plantear exigencias de entrada a los productos de destino, como es el caso de las materias primas donde entra el aceite de palma. Y eso es un reto muy importante, que debemos tener presente y saber gestionar.

Muy ligado a lo anterior está el tema de derechos humanos, el cual desafortunadamente en nuestro país ha tenido unas connotaciones asociadas a despojos y desplazamientos. Este es un ítem que está tomando cada vez más relevancia en los mercados destino, no solo en la Unión Europea, sino también en Estados Unidos, Australia, Canadá, por dar otros ejemplos.

La trazabilidad en las cadenas de suministro sostenible también es otro reto, y ligado a ello está la identificación y diferenciación del origen sostenible de Colombia, aspecto fundamental y sobre el cual vamos a profundizar en esta presentación.

Para finalizar el tema de retos, cabe mencionar el de buscar alternativas y mecanismos complementarios de financiamiento. El crédito nacional, los instrumentos, el interés de nuestros bancos, todo eso se queda corto frente a las necesidades de la palmicultura, por eso hay que trabajar en ello.

Avances de la estrategia y líneas de sostenibilidad

De forma complementaria con la metodología de las Líneas de Investigación que ha venido desarrollando Cenipalma, estamos definiendo qué necesita y qué debemos entregarle al palmicultor, para saber cuáles son los productos principales e intermedios que requiere para ser más productivo, pero también para reconocer cómo puede diferenciarse competitivamente. Para eso hemos desarrollado una serie de acciones metodológicas, entre 2020 y más fuertemente este año 2021, cuando debemos culminar la formulación de esta estrategia y línea de sostenibilidad.

A partir de los tres pilares tenemos una serie de productos principales que se han venido definiendo (Figura 1). En el pilar de *Colombia origen sostenible* hay 15 productos principales asociados a las líneas estratégicas de Núcleos Palmeros y a las regiones palmeras resilientes. En el de *Mercados sostenibles*, 6 productos que están asociados a la línea estratégica de posicionamiento y diferenciación comercial y a la de innovación y nuevos mercados. Finalmente, en el pilar de *Gobernanza para la sostenibilidad*, se han definido 4 productos principales para consolidar una participación y gobernanza para la sostenibilidad y el desarrollo de alianzas en este tema.

Figura 1. Los pilares, productos y líneas estratégicas



Colombia origen sostenible

En Colombia origen sostenible, en lo que coloquialmente hemos definido “de la cerca para dentro”, hay tres productos. El primero es un mecanismo de monitoreo de la sostenibilidad sectorial que nos permite identificar cómo avanzamos en términos agregados, los retos presentados, pero sobre todo los progresos de cara a los actores externos.

El segundo es un plan sectorial que nos dé orientaciones para el cumplimiento legal ambiental. En nuestro país hay una gran proliferación normativa en esta materia, lo que genera retos como conocer esa diversidad normativa que va surgiendo y se va modificando, y lograr que nuestros palmicultores apunten sus esfuerzos a cumplirla. Mientras que el tercer producto es un plan para impulsar la aplicación del protocolo de aceite de palma sostenible, tema en el cual profundizaré más adelante.

Núcleos Palmeros

En cuanto a la línea estratégica de Núcleos Palmeros, se tiene una diversidad de productos, siendo el primero una herramienta para contribuir a la debida diligencia en la implementación de derechos humanos y de empresa, concepto acuñado y desarrollado desde las Naciones Unidas. Mientras que el segundo también es una herramienta para contribuir a la debida diligencia pero esta vez en la formalización laboral, la cual también se ocupa de cosas como la seguridad y salud en el trabajo, conceptos muy importantes para nuestra agroindustria.

Haciendo referencia a temas ambientales se tienen como productos un plan sectorial para la producción sostenible, buscando la conservación de la biodiversidad y garantizando la provisión de servicios ecosistémicos; un plan sectorial para orientar el uso adecuado y eficiente del agua, el suelo y la energía; un programa sectorial para la prevención y mitigación de la deforestación, pues les mencionaba que ahí tenemos todavía un reto importante porque en nuestro país tenemos una deforestación grande y eso nos genera muchos efectos de mala prensa; y un plan sectorial de prevención y mitigación de la deforestación asociada a la palma de aceite.

También en esta línea estratégica se va a apuntar a un plan sectorial frente al cambio climático en temas de adaptación y mitigación, y a un modelo

de competitividad económica para proyectos de la agroindustria, como otro producto, poniendo a la consolidación del Sispa, nuestro repositorio y portal de estadísticas sectoriales, como el último producto de esta línea.

Regiones palmeras resilientes

En esta línea se encuentran tres productos fundamentales a resaltar: un plan de acción para la gestión integral de cuencas, articulado con la línea de investigación de agua; una política de responsabilidad social sectorial, pues hay cosas maravillosas que vienen haciendo muchos de nuestros palmicultores en materia de entornos y comunidades, pero se tratan de esfuerzos dispersos que necesitan de un enfoque común para potenciar nuestro impacto, interlocución e interacción con los entornos palmeros; y una política sectorial para el impulso de alianzas productivas, que han sido muy importantes en el desarrollo de la palmicultura.

Mercados sostenibles

Es importante avanzar en una agroindustria que sea reconocida, rentable y que maximice el valor agregado en dos líneas estratégicas fundamentales.

Posicionamiento y diferenciación

En este le estamos apuntando a un modelo de inteligencia de mercados para el aceite de palma sostenible de Colombia y eso es preguntarse, ¿qué quieren y cómo podemos orientar la producción de aceite sostenible hacia esa demanda? También le apuntamos a un programa para el desarrollo de un segmento especializado para el mercado de aceite de palma sostenible en Colombia, y esto es bien importante en Europa, pues es un consumidor más consciente, y en otros países desarrollados. Pero sin duda, en el mercado colombiano también hay que hacerlo, pues allí hay una oportunidad fundamental.

El tercer producto que aquí se resalta es un modelo de trazabilidad sectorial para el sector palmero de nuestro país que permita tener condiciones básicas y generales que aseguren ese origen colombiano. Este se liga con un cuarto producto que es una estrategia de posicionamiento nacional e internacional, con la

que se espera resaltar esos atributos diferenciados de la palmiticultura de nuestro país.

En cuanto al quinto de esta línea, vale la pena mencionarlo como una estrategia de defensa comercial, nacional e internacional. Aquí lo que se busca es reconocer cómo los mercados destino, los europeos y el americano, entienden y reconocen la diferenciación y nos meten a todos los orígenes en la misma canasta, por decirlo coloquialmente.

Innovación y nuevos mercados

El producto para esta línea estratégica es un modelo sectorial de economía circular y generación de valor, muy enfocado a los productos y subproductos de nuestro sector.

Gobernanza para la sostenibilidad

Que abarca el respaldo para los esfuerzos de los productores del gremio, en donde se fortalecen las alianzas y sinergias sostenibles.

Consolidación, participación y gobernanza

En este hay tres productos fundamentales que estamos consiguiendo y desarrollando. El primero es un esquema de autorregulación sectorial que nos permite poner nuestras reglas buscando garantizar la diferenciación competitiva sin depender ni esperar a que los gobiernos nos digan lo que tenemos que hacer. El segundo es un programa de formación para los palmiticultores, pues hemos identificado brechas en el capital humano en diferentes niveles y aspectos. Y un tercero, que es la apuesta más reciente y un mandato de nuestros órganos de dirección desde el Congreso Palmero, que es la consolidación de la Corporación Aceite de Palma Sostenible de Colombia (APSColombia), con el fin de lograr una un estatus de sostenibilidad y una diferenciación competitiva en este aspecto.

Alianzas para la sostenibilidad

Son alianzas con diversos actores públicos y privados, pero también nacionales e internacionales. Las alianzas muy recientes como las del IDH, una organización europea con sede en Holanda ha sido muy útil para ayudarnos a avanzar en sostenibilidad, pero

también con la OIT, para acompañarnos en formalización y trabajo decente, entre muchas otras.

Aceite de Palma Sostenible de Colombia

Esta es la apuesta y plataforma para consolidar nuestra diferenciación competitiva en sostenibilidad, ese logo (Figura 2) es composición de nuestro Aceite de Palma 100% Colombiano y con esto le apuntamos a diferenciarlo, pero también a posicionarlo por sus atributos especiales de sostenibilidad, en Colombia y en el mundo. Es una iniciativa que busca que trabajemos colaborativamente con diferentes actores, en distintos frentes de la estrategia. Y es por eso por lo que hemos definido los Diez Principios del Aceite de Palma Sostenible de Colombia, desarrollando un índice de sostenibilidad y elaborando la norma sectorial del cultivo, de la mano con el Icontec, que va a ser la base para garantizar nuestros atributos y condiciones diferenciadas. De igual forma, también estamos en la construcción de una norma sectorial de plantas de beneficio que debe culminar este año. Entonces estas son nuestras apuestas por establecer unas condiciones básicas que puedan ser verificadas, y así diferenciarnos ante el mundo.

Este es el camino que estamos recorriendo y que debemos construir entre todos. Una parte fundamental, sin duda, son los palmiticultores, pues tenemos una institucionalidad palmera que se debe a ustedes y que es necesario acompañar y apalancar para que esto sea posible. En esto tenemos la fe puesta y el empeño.

Figura 2: Logo del Aceite de Palma Sostenible de Colombia



Conversatorio, 30 años de Cenipalma: ciencia, tecnología e innovación*

Discussion, 30 years of Cenipalma: Science, Technology and Innovation

* Documento elaborado por Lourdes Molina Navarro,
Responsable de Comunicaciones Externas

DÍAZ LUENGAS JORGE MARIO
Director Ejecutivo de Agrosavia

GARCÉS OBANDO FREDDY FERNANDO
Director General de Cenicaña

GAITÁN BUSTAMANTE ÁLVARO LEÓN
Director de Cenicafé

COOMAN ALEXANDRE PATRICK
Director General de Cenipalma

Los participantes de este conversatorio coincidieron en la importancia de definir la agenda de investigación y extensión fundamentada en las necesidades de los productores, para así responder a los desafíos de productividad, menores costos, calidad y sostenibilidad (ambiental y social), sin abandonar temas y retor globales como el cambio climático, las exigencias del consumidor y la seguridad alimentaria, así como las amenazas fitosanitarias y desarrollo científico en diferentes áreas del conocimiento, por mencionar algunos.

Igualmente plantearon que una agenda pertinente acompañada de transferencia de tecnología y extensión garantiza un buen resultado, utilización y adopción de las tecnologías por parte de los productores.

Los centros de investigación utilizan diferentes herramientas para hacer transferencia, capacitación y divulgación, aprovechando tecnologías existentes, ajustando las agendas de acuerdo con las brechas, necesidades y oportunidades de los sectores.

Según Jorge Mario Díaz Luengas, Director Ejecutivo de Agrosavia, los centros de investigación deben salirse de la órbita exclusivamente científica para entrar en los temas de investigación para el desarrollo. Es clave el diálogo con los productores, los aliados en la ciencia, universidades y otros centros de investigación, y para ello se contempla la construcción de la agenda de investigación que debe hacerse de manera conjunta.

Para el directivo, “debemos ser excelentes en hacer ciencia, pero esa ciencia debe tener un propósito que es el de la transformación sostenible de los territorios agropecuarios del país”, de igual forma, planteó la necesidad de hacer extensión como una forma de cerrar las brechas entre el conocimiento y la adopción del mismo.

Por su parte, Freddy Fernando Garcés Obando, Director General de Cenicaña, manifestó que este sector invirtió en investigación frente una serie de amenazas que se presentaron en el pasado y que los

llevó a establecer programas de investigación y desarrollo de variedades más resistentes y productivas.

Es así como, Cenicaña tiene muy clara esa misión de apostar al desarrollo, la sostenibilidad y la competitividad con cuatro pilares fundamentales de investigación como son azúcar, energía, diversificación y sostenibilidad. Resultados que son adoptados finalmente por el cultivador y por el ingenio, lo que ha llevado a duplicar la productividad.

Álvaro León Gaitán Bustamante, Director de Cenicafé, manifestó que este centro de investigación es el encargado de proveer la información científica y confiable, para que el caficultor vea qué puede hacer desde la finca y entienda que la rentabilidad es un concepto que arranca desde el mismo predio.

Por eso, Cenicafé se enfoca en cómo aumentar la productividad, cómo lograr reducir los costos de producción y cómo mejorar la calidad del café para recibir un mayor precio, con el objetivo principal de mejorar la de vida del caficultor.

El gremio cafetero tiene más de mil extensionistas que están repartidos en todo el país y que transfieren los resultados del trabajo de Cenicafé, con una relación directa con el productor. A ello se suman las nuevas tecnologías que cada día son más importantes para llegarle al cafetero.

De acuerdo con el planteamiento de Alexandre Cooman, Director General de Cenipalma, este surgió por la necesidad de dar respuesta a una problemática fitosanitaria, como fue la Pudrición del cogollo. El Centro forma parte de una gremialidad fuerte y

se enfoca en los objetivos estratégicos sectoriales: aumento de la productividad con menores costos de producción, mejoras en el estatus fitosanitario, optimización de la rentabilidad palmera, consolidación de una palmicultura sostenible y fortalecimiento de la institucionalidad.

Es por eso que se llega cada vez más a los productores con tecnologías pertinentes, a través de una agenda de investigación establecida a partir de sus demandas; la presencia regional con los campos experimentales; productos y servicios especializados; la transferencia de tecnología y extensión; y el apoyo de Núcleos Palmeros (planta de beneficio, cultivos propios y proveedores de pequeña, mediana y gran escala).

Los directivos de los centros de investigación coincidieron que para asegurar pertinencia e impacto es necesario medir los resultados de investigación y adopción de tecnologías, garantizando una relación costo/beneficio para que la inversión en ciencia y tecnología regrese al productor. Sin embargo, hay que tener claro los tiempos que implica hacer la investigación y, por eso, el apoyo en materia de recursos, de diferentes fuentes, debe ser constante para garantizar la estabilidad de los programas.

“Los diferentes estudios de impacto realizados a los trabajos de investigación y extensión de los 4 centros, han mostrado que esta inversión es altamente rentable, con un retorno entre 2,5 y 3,5 pesos para los productores, por cada peso invertido”, concluyó Alexandre Cooman.

Directores de los centros de investigación moderados por Miguel Ángel Sarmiento Gómez, Presidente de la Junta Directiva de Cenipalma



Conociendo el perfil socioeconómico de los productores para promover la adopción de tecnología

Toward an Understanding of the Socioeconomic Profile of Palm Oil Farmers to Promote the Adoption of Technology

CITACIÓN: Hinestroza-C., A., Sanabria, Ó. & Beltrán-G., J. A. (2022). Conociendo el perfil socioeconómico de los productores para promover la adopción de tecnología. *Palmas*, 43(1), 82-91.

HINESTROZA C. ALCIBIADES
Líder Asistencia Técnica de Cenipalma

SANABRIA ÓSCAR
Antropólogo caracterización
socioeconómica

BELTRÁN G. JORGE A.
Director de Extensión de Cenipalma

Introducción

La baja aceptación y la adopción de tecnologías o su subutilización pueden estar asociados a varios factores, entre ellos, problemas del sistema (tecnologías), de las compañías o de los usuarios. En el caso de los usuarios, se ha encontrado que los comportamientos de adopción varían heterogéneamente y se relacionan con diversos factores, entre ellos: las características y preferencias del agricultor según la especificidad local y tecnológica y la racionalidad económica como mayor impulsor. Esto, sujeto a factores relacionados con características demográficas y sociales (edad, género, nivel de educación, experiencia), entre otros. Por tanto, comprender los elementos esenciales que determina la adopción de tecnologías, puede proporcionar información que ayude a tomar decisiones efectivas para mejorarla en el sector palmero.

El desarrollo de la estrategia de asistencia técnica palmera busca fortalecer el nivel de conocimiento de los productores a través de la metodología productor a productor, para el escalonamiento de las tecnologías, uso de las TIC y montar un modelo de monitoreo y seguimiento que permita mediante el entendimiento del perfil socioeconómico de los productores, comprender por qué unos adoptan tecnologías y otros no; además de comprender los factores que están asociados a acoger ciertas tecnologías y que hoy inciden en que la adopción en el sector palmicultor apenas alcance el 50 % de las disponibles, lo cual provoca una baja rentabilidad, competitividad y sostenibilidad de los palmicultores colombianos.

El conocimiento de los factores limitantes de la adopción, nos plantea la necesidad de desarrollar estrategias adecuadas de extensión para llegar a los productores con la información necesaria y oportuna, de acuerdo con sus necesidades y condiciones

específicas. Dentro de estas limitantes se ha identificado que existen muchos productores vinculados comercialmente con las 70 plantas de beneficio que procesan fruto en el país y que agrupan a los más de 7.000 productores, pero estas plantas cuentan con pocos asistentes técnicos para atender a los proveedores, encontrando diferencias significativas en los niveles de productividad entre los de pequeña, mediana y gran escala, en la mayoría de los casos, por el bajo nivel de adopción de tecnologías.

El entendimiento del tamaño de las plantaciones es un factor preponderante en este análisis. Para el sector palmicultor, según datos del Sistema de Información Palmera (Sispa) y el Registro Nacional Palmicultor (RNP), como se muestra en la Figura 1, según Beltrán (2019) el 85 % de los productores (de 1-50 ha) representan el 15 % del área; el 12 % (de 51-500 ha), el 28 % del área; y el 3 % (mayores a 501 ha), el 57 % del área, siendo los productores de pequeña y mediana escala los que presentan los niveles más bajos de adopción. Por esto, las estrategias de extensión son enfocadas principalmente para este segmento que en conjunto representan el 43 % del área sembrada en palma a nivel nacional, pero que a su vez son el 97 % del número total de los palmicultores. Esto significa que además de preocuparse por la tecnificación de la palmicultura, se debe ocupar de

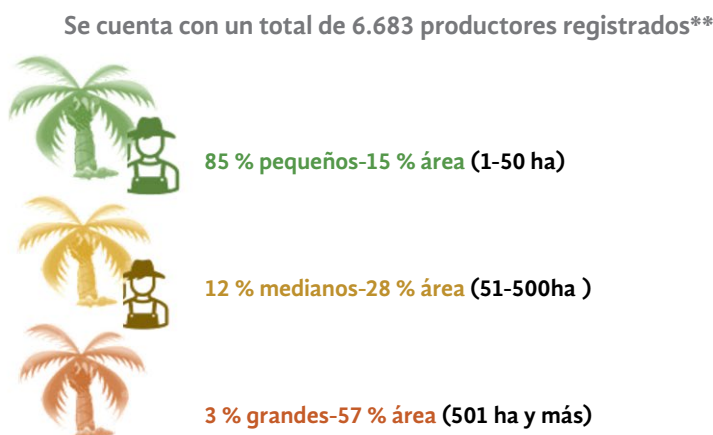
la humanización de esta actividad productiva, es decir, desarrollar una palmicultura con sentido humano, pensando que detrás de cada palma hay personas que buscan mejorar unas condiciones de vida a partir de incrementar los ingresos que se logran con mayor productividad y adopción de tecnologías

En este escenario, los servicios de extensión buscan que las condiciones de la finca del productor cambien positivamente, es decir, que sea más productivo, que mejore sus ingresos y calidad de vida, con el cuidado por el entorno ambiental y responsabilidad social. En este sentido, para que dichas condiciones varíen, se requiere mejorar la comunicación con el productor, conocerlo mejor, sus factores limitantes de adopción y hacer en conjunto el plan de mejora.

Metodología de caracterización socioeconómica de los productores

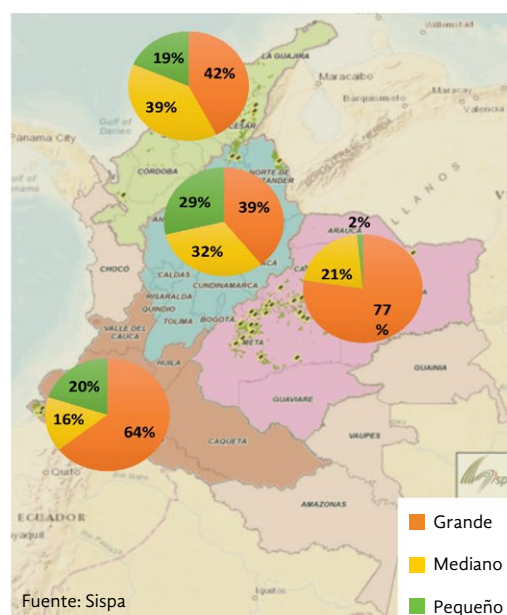
Esta plantea ir más allá del conocimiento de las condiciones agroecológicas y las variables técnicas del proceso productivo. Saber con más profundidad el perfil del productor como persona que decide desarrollar esta actividad, donde se analizan los componentes de la finca como el cultivo de la palma, información social, económica, el relacionamiento con el entorno, la forma de comunicación, además de los

Figura 1. Hay que entender el tamaño de las fincas de los palmicultores



*Fuente Sispa y RNP

** Tamaño promedio por ha: pequeño, 12 ha; mediano, 161 ha; grande, 1.552 ha. Fuente: RNP 06/05/21



fundamentos de su vida cotidiana, y las dinámicas y desarrollo de la persona como productor frente a las necesidades, preocupaciones y visión de futuro (véase el modelo de adopción de tecnologías a partir de la influencia de variables sociológicas, como se expone en la Figura 2). Lo que permite entender cuál es la percepción que tiene sobre la innovación y cuál es la apertura al cambio para adoptar una determinada tecnología.

Para comprender el perfil socioeconómico y cultural de los palmicultores se planeó un estudio utilizando métodos cuantitativos y cualitativos. Con estos, se está logrando comprender con precisión distintas dinámicas de la población palmera. A continuación, se dará una mirada a los principales hallazgos que han arrojado a la fecha.

Caracterización sociocultural cualitativa: inmersión profunda

Esta técnica se basa en un relacionamiento directo, a través de charlas, con un sujeto de estudio, en este caso, el palmicultor. Con su aplicación se pretende conocer diferentes dimensiones de la vida de los productores, tales como la historia laboral y familiar; sus relaciones sociales, tanto con su familia como con su comunidad; sus relaciones económicas

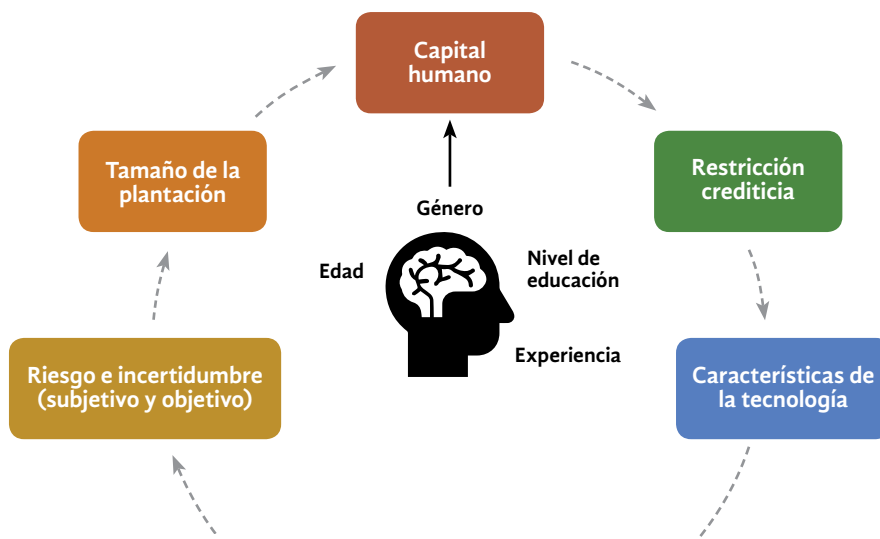
y cómo las entienden desde su cotidianidad; y algunos otros temas un tanto más conceptuales, pero igualmente importantes, para entender su visión del mundo: el futuro, el cambio, la existencia o no de una tradición palmera y el reconocimiento. Todo esto, encaminado a saber por qué los productores palmeros se resisten a implementar nuevas prácticas productivas.

La información recopilada nos indica que el proceso de constitución de los productores palmeros atraviesa varias etapas:

- **Llegada:** comienzo de la actividad palmera. Existen diferentes expectativas en el cultivo, así como desconocimiento en muchos de sus aspectos. La estrategia adecuada para los palmicultores en esta etapa es el acompañamiento continuo.
- **Aprendizaje y experimentación:** en este momento, el productor se encuentra inmerso en las dinámicas agrícolas de su cultivo. Requiere de asistencia técnica constante, pues allí la aplicación de conocimientos técnicos es fundamental.
- **Productividad y abundancia:** con las primeras cosechas, el productor reconoce los resultados de la etapa de aprendizaje y experimen-

Figura 2. Los comportamientos de adopción varían heterogéneamente relacionados con diversos factores

Sistemas agrícolas: entorno complejo, interacción dinámica y datos que muestran propiedades no lineales



- Las decisiones también dependen de variables cognitivas y sociológicas.
- La adopción de tecnologías son el resultado de una influencia común de varios factores.

Fuente: Feder et al. (1985), Kaliba et al. (2020)

tación. La recomendación es comunicar los resultados positivos a otros palmicultores, así como indagar acerca de las causas de los resultados negativos para corregirlos.

- **Permanencia y cambio:** luego de haber pasado por las anteriores etapas, el palmicultor tiene un mejor conocimiento sobre su actividad palmera. En general, en esta etapa puede hacer balances acerca de la rentabilidad y dificultades que implica el negocio de la palma. Por ello, se recomienda direccionar las acciones hacia un pensamiento de negocio estratégico que le permita organizar su cultivo en la medida de sus necesidades.

Resultados y discusión

De la caracterización cualitativa para cada una de las zonas palmeras se conocieron aspectos relevantes de la percepción del palmicultor acerca de su actividad. A continuación, se mencionan los más relevantes:

Zona Norte

- La introducción de los cultivares híbridos ha generado mayor confianza y expectativa para continuar en la actividad palmera.
- Los productores de pequeña escala no perciben el apoyo de ninguna organización.
- En muchos casos, la perspectiva del productor es educar a sus hijos para que migren de la región.
- La presencia de intermediarios configura un ambiente de alta competitividad y poca planificación estratégica con los productores.
- El acceso al agua se convierte en un elemento de presión para las actividades palmeras.

Zona Central

- Existe una competencia entre diferentes actividades económicas al interior de los mismos predios.
- La inseguridad influye en las decisiones de permanencia y mejoramiento de los cultivos.
- Hay poco interés en que las generaciones más recientes se dediquen a la palmicultura.

- No existen elementos simbólicos consolidados que permitan identificar una cultura palmera.
- La presión del crédito disminuye la capacidad de diversificación.

Zona Oriental

- Existe un distanciamiento entre el administrador del cultivo y el inversor.
- Hay una diferencia marcada entre productores de grande y mediana escala, por un lado, y pequeña escala por el otro.
- La ganadería es la actividad económica preponderante de la región, influyendo en las decisiones que se toman en los cultivos de palma.
- La introducción de mano de obra foránea genera condiciones que impiden el arraigo de la palmicultura en la región.
- Los productores de pequeña escala muestran una vulnerabilidad financiera acentuada.

Zona Suroccidental

- Existe el miedo de mostrar el éxito económico debido a la posibilidad de extorsiones por parte de grupos armados.
- La palmicultura está contribuyendo a la creación de un patrimonio familiar.
- No hay un liderazgo visible de los Núcleos Palmeros, según los propios palmicultores.
- Las recomendaciones técnicas son tomadas con poca confianza por algunos palmicultores.
- Las actividades palmeras descansan sobre una historia de cultivos y actividades ilícitas.
- El fruto de su trabajo se invierte en un consumo inmediatista; no existe una idea de retorno del dinero invertido en el mejoramiento de los cultivos de palma.

Caracterización socioeconómica: uso de métodos cuantitativos

A través de los métodos cuantitativos se puede indagar sobre aspectos socioeconómicos y demográficos de un número elevado de individuos. Así, se obtienen datos generales que expresan tendencias y cantidades

en varias dimensiones de la vida del productor, como el hogar, la economía familiar, la calidad de vida, las actividades productivas y organizativas.

En la caracterización cuantitativa, con el levantamiento de información de 1.423 productores, se observan algunos datos de tendencias que llaman la atención, como es el comportamiento de las edades de la población de hombres y mujeres asociado a la palmicultura. Esta población se agrupa en 1.162 hogares¹, conformados por 1.736 hombres y 1.631 mujeres. Al analizar en rangos de edades, el 60 % de la población se encuentra en edades superiores a los 40 años (Figura 3), encontrando, en términos generales, que por cada 2 personas mayores de 50 años, existe 1 entre 0 y 49. Esta diferencia entre rangos de edades, donde la población mayor de 50 años duplica a la población de edades inferiores, también ha sido evidente en la caracterización cualitativa, en la que se menciona que uno de los problemas más importantes es el relevo generacional en la actividad palmera.

Pero sumado al relevo generacional, se avecina otra situación que vale la pena alertar y es la renovación de las palmas adultas. Si en 10 años la mayoría de los cultivos de palma tendrán más de 25 años de edad, y gran parte de estas siembras se realizaron bajo el modelo de alianzas estratégicas donde se vincularon productores de pequeña y mediana escala que representan el 97 % de los palmicultores con casi el 50 % del área total, los cuales estarán por encima de los 60 años, ¿quién va a hacer la renovación de estos cultivos cuando la población joven en el sector es cada día menor? Así las cosas, el relevo generacional y la renovación de la palmicultura, así como el entendimiento del nivel de satisfacción de las familias trabajadoras y de los operarios de las plantaciones, se convierten en nuevo foco de estudio.

Adicionalmente, se ha analizado en el tipo de población por autorreconocimiento que solo 27 % de la población palmera se identifica como campesino, es decir, que guarda una relación de identidad con el campo; 27 % se identifica como negro (afrocolombiano o afrodescendiente); pero 43 % no se identifica con el campo o con una condición étnica, lo que lleva a inferir que este último grupo poblacional son personas que no guardan un apego con el campo, y

que no se dedican a actividades de este tipo como tal, sino que incursionan en la palma como un negocio más de inversión. Un aspecto que vale la pena profundizar para los efectos de extensión y adopción de tecnologías, en programas de capacitación y entrenamiento a los productores, para saber a qué población dirigirse. De pronto haya que pensar en un estudio para analizar el grupo poblacional de trabajadores y operarios en los tema de adopción de tecnologías.

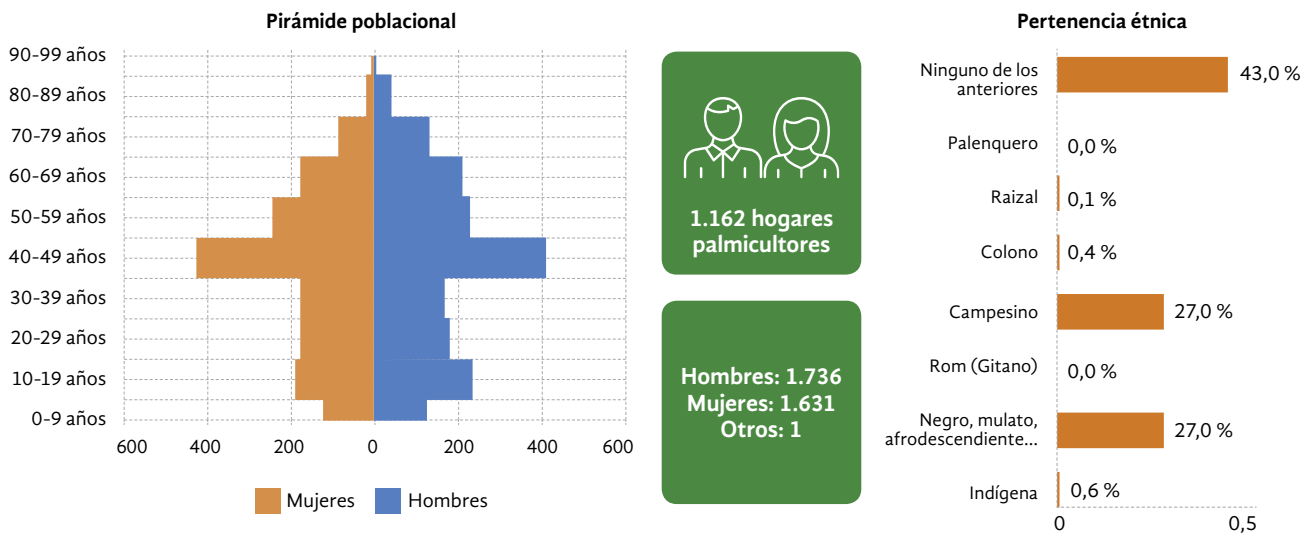
En el análisis preliminar también se dio una mirada a las condiciones de vida de los palmicultores, partiendo del análisis de los ingresos promedio por individuo, en el que se observa que la incidencia de la pobreza monetaria es baja, ubicándose alrededor del 6 %, similar al porcentaje de pobreza extrema que es del 6 % (Figura 4). Según cifras del DANE, en el año 2019², la pobreza monetaria en cabeceras municipales y zonas rurales dispersas se ubicaba en 35,5 %, siendo esta cifra superior a la incidencia registrada en la población palmera en Colombia. De igual manera, se observa que el sector palmero presenta niveles de pobreza multidimensional muy por debajo que la media nacional, comparado con datos del DANE (34,5) (DANE, 2021). Este indicador que toma como base diferentes dimensiones de la calidad de vida como salud, educación, hacinamiento, etc., se ubica en 14 %, siendo comparativamente equivalente al porcentaje de pobreza monetaria para ambos umbrales (pobreza monetaria y pobreza extrema).

Concomitantemente y como parte del análisis y ratificación de que la palma mejora la calidad de vida de los palmicultores, comparado con otros sectores y los estándares nacionales, uno de los incentivos más importantes para sembrarla son los ingresos regulares. Si bien estos fluctúan de acuerdo con el precio del fruto y la productividad de cada agricultor, la presencia de un mercado consolidado los alienta a mantenerse en el cultivo de la palma. En la actualidad, 57 % de los productores de los cuales se ha consolidado información, reciben ingresos entre \$ 500.000 y \$ 3.000.000, el 28 % tiene ingresos superiores a los \$ 3.000.000, y solo 15 % recibe in-

1 El término hogar hace referencia al grupo de personas que tienen un presupuesto común para satisfacer sus medios de vida.

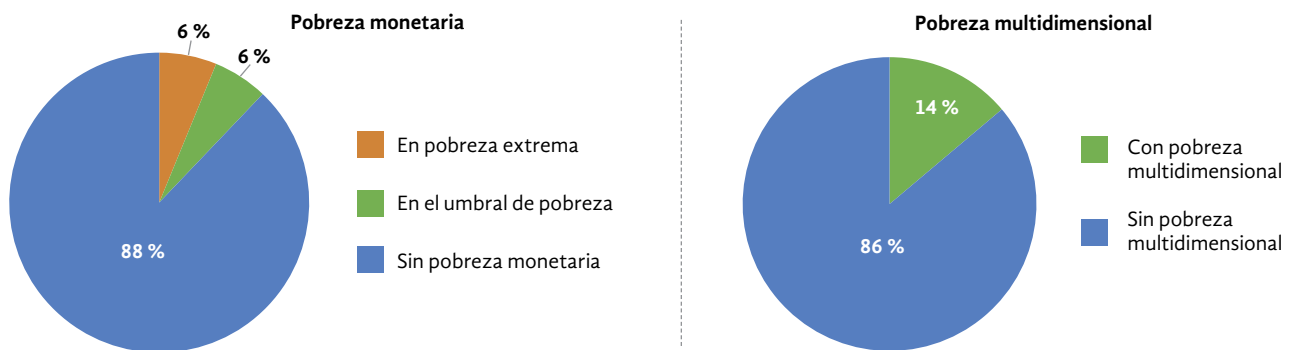
2 "Para realizar estas comparaciones, se tomaron datos DANE del año 2019, con la finalidad de excluir cualquier influencia de la pandemia de Covid 19, principalmente en lo que respecta al impacto de esta en la calidad de vida. Así mismo, se tomaron datos de las áreas rurales dispersas y cabeceras municipales, por ser los sitios donde residen la mayoría de los palmicultores caracterizados.

Figura 3. Pirámide poblacional de los palmiticultores en Colombia



Fuente: Caracterización Cuantitativa, 2021

Figura 4. Calidad de vida de los palmiticultores a partir del análisis de la pobreza monetaria



El sector palmero está generando bienestar para la mayoría de los hogares

Fuente: Caracterización cuantitativa, 2021

gresos inferiores a los \$ 500.000, que en la mayoría de los casos son productores con cultivos en las etapas improductivas o que han sido afectados por enfermedades como la Pudrición del cogollo (PC), la Marchitez letal (ML) o que presentan fuertes limitantes productivas.

La información analizada aún es preliminar, pero estos datos muestran tendencias muy alentadoras

sobre la estabilidad del sector palmero para los productores que, al correlacionar información de condiciones de su finca, socioeconómicas y productivas, permitirán ser más asertivos en la orientación en cuanto a las estrategias de extensión y para movilizar la adopción de tecnología. Es así como se avanza con esta investigación y en publicaciones futuras se ampliará este análisis.

Caracterización productiva de los palmicultores

Siguiendo los lineamientos para la asistencia técnica del gremio palmero, establecidos en 2020, que busca lograr que más del 90 % de los productores cuenten con la información necesaria y suficiente para la toma de decisiones oportunas sobre el manejo de sus cultivos, en el 2020, mediante el trabajo articulado de la Unidad de Extensión de Cenipalma y los Núcleos Palmeros, se logró involucrar alrededor de 80 % de los productores en los modelos organizativos de Núcleos para recibir el servicio de asistencia técnica, y así facilitar los procesos de transferencia de tecnología. Estos Núcleos involucrados con productores representan el 60 % del aceite producido en el país.

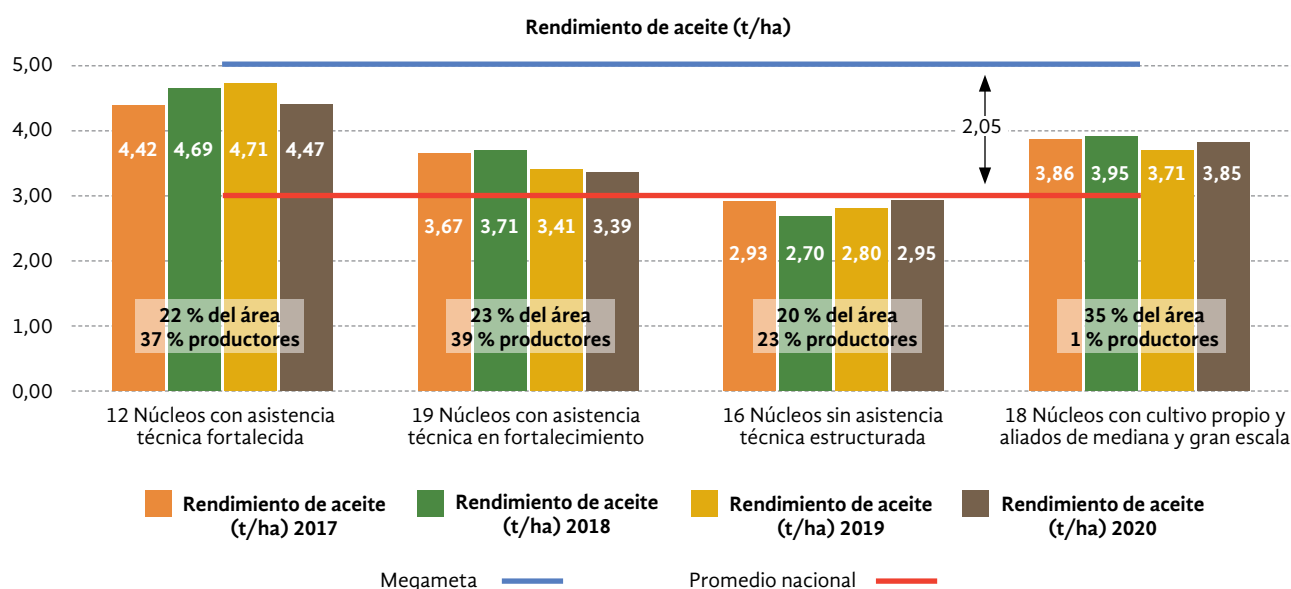
Al caracterizar los Núcleos Palmeros en Colombia por nivel de productividad y grado de fortalecimiento de la asistencia técnica, se muestra (Figura 5) que el 62 % de los productores que no cuentan con un servicio de asistencia técnica o es deficitario presentan grandes brechas de productividad, algunos por debajo de la media y otros apenas llegan al promedio nacional. Caso contrario sucede, con los de asistencia

técnica fortalecida, donde su productividad se acerca a la meta sectorial de 5 t/ha.

Así mismo, la distribución y participación porcentual de la asistencia técnica en el área propia de las plantas de beneficio y de los aliados revelan que a pesar de que el 70 % del área pertenece a aliados, 67 % de los técnicos están dedicados a atender dicha área, por lo tanto, los esfuerzos en fortalecimiento de la asistencia técnica deberían enfocarse en los proveedores de los Núcleos Palmeros para movilizar la adopción de tecnología en productores de pequeña y mediana escala. Es estratégico fortalecer los equipos técnicos para contar con un modelo idóneo que les facilite a los palmicultores la transferencia y adopción de las tecnologías. Esto con el objetivo de que puedan implementar las mejores prácticas de manejo del cultivo, con los criterios de sostenibilidad económica, ambiental y social que exigen los mercados de aceite de palma sostenible.

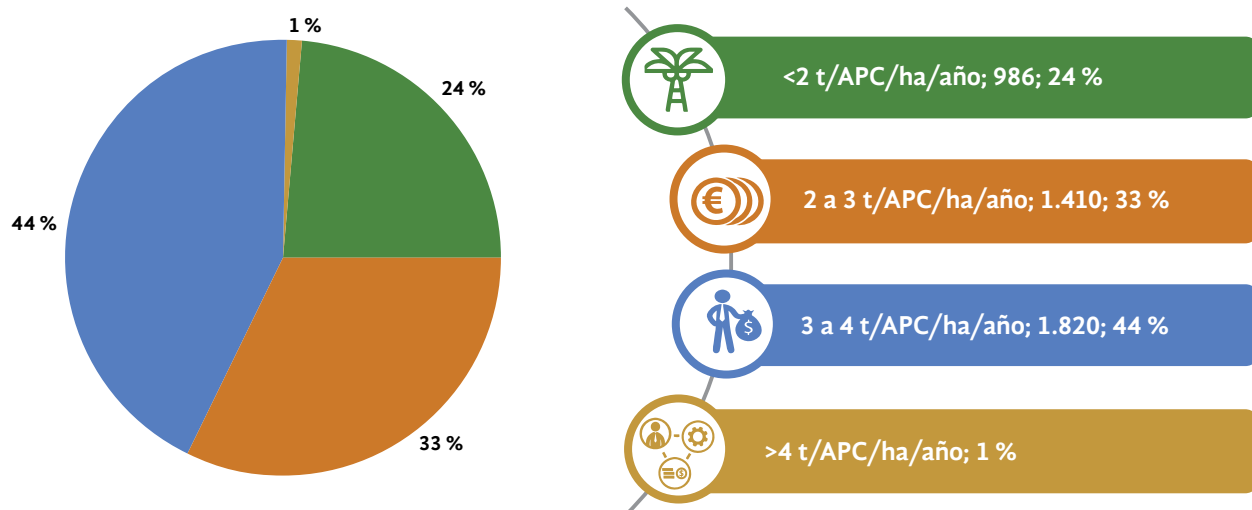
La asistencia técnica debe concentrarse en atender las limitantes productivas de cada palmicultor, de acuerdo con el nivel de productividad que presenta. Como se observa en la Figura 6, hay fincas que superan las 4 t/ha (1 %), otro grupo que está entre 3 y 4 t/ha

Figura 5. Caracterización productiva por Núcleos Palmeros en Colombia. Fuente: Equipo de Extensión (2019)



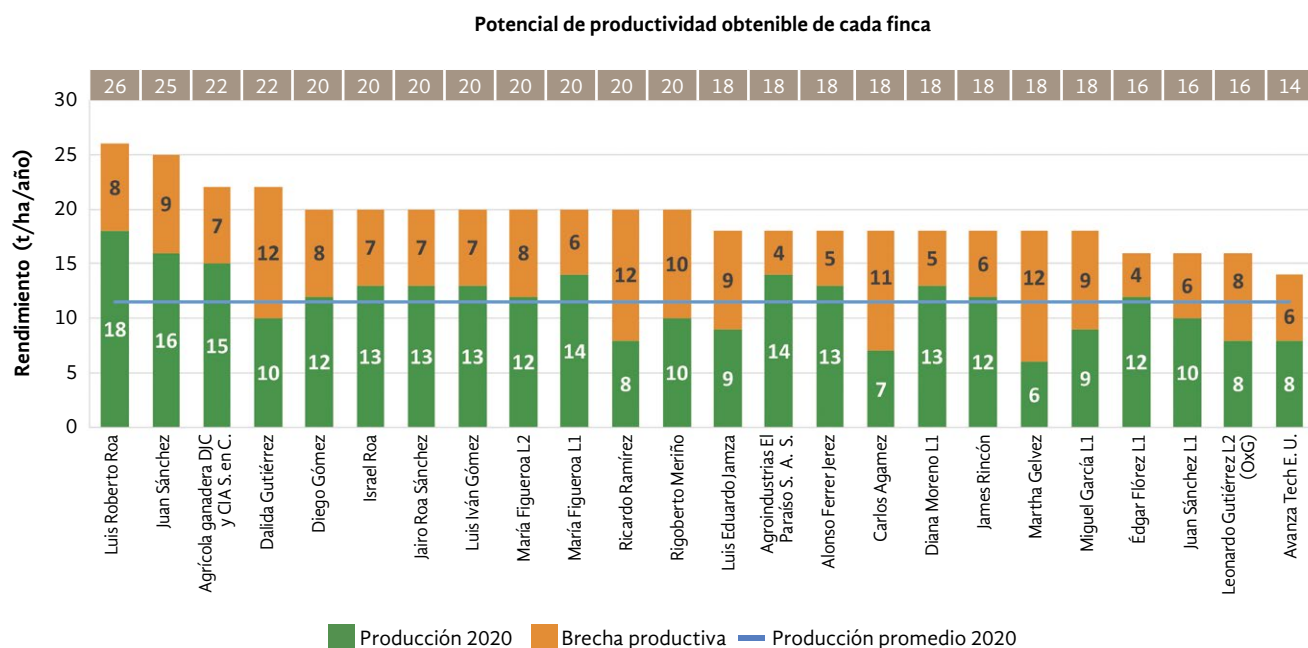
- Área en producción
- Núcleos con producción
- 5 Núcleos Palmeros ingresaron en 2020

Figura 6. Área por rango de rendimientos de aceite en un Núcleo de Zona Central para 4.096 ha. Fuente: Equipo de Extensión (2020)



La Megameta es lograr 5 APC/ha/año

Figura 7. Brechas de productividad, caso de un grupo de productores de Zona Central. Planes estratégicos para el cierre de brechas identificadas en la caracterización



(44 %), y otro, por debajo de las 3 t/ha (57%). Por lo tanto, la asistencia técnica debe ser diferenciada y enfocada a cada grupo de fincas, de acuerdo con su mapa productivo, sus condiciones agroecológicas y socioeconómicas.

Al analizar las brechas productivas para palmicultores individuales en la Figura 7, se encuentra que estas están en función de las condiciones propias de cada finca, donde la oferta agroecológica determina una producción obtenible; lo que contrasta con los rendimientos que tiene cada productor actualmente y que pueden ser superados mediante el acompañamiento y asesoramiento técnico, para que adopte las tecnologías, pero en función de su condición socioeconómica y agroecológica específica.

Con la información de la caracterización de los productores en aspectos productivos, ambientales, sociales y con el entendimiento de sus condiciones socioeconómicas, el plan estratégico recoge, como su nombre lo indica, las estrategias a abordar, bajo el entendimiento de las causales y métricas para el desarrollo de un servicio de asistencia técnica enfocado,

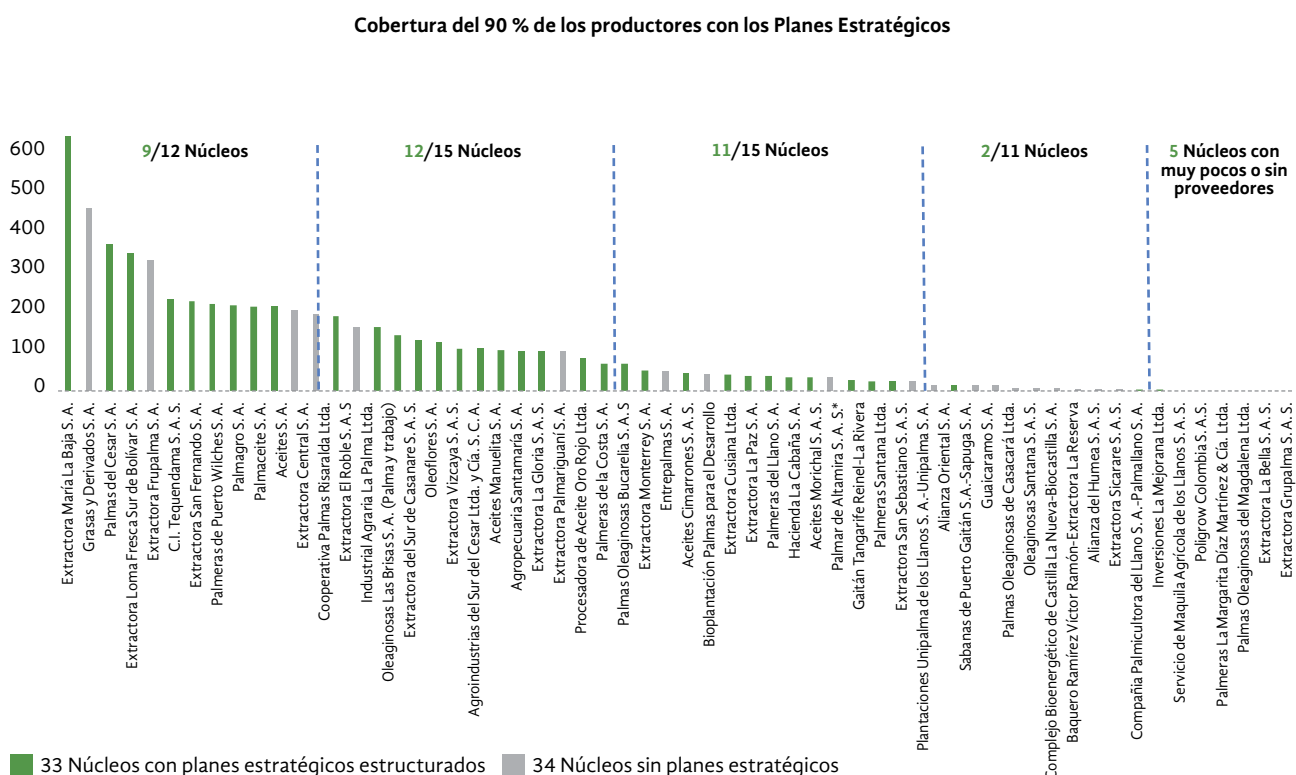
con metas concretas e indicadores. Todo esto en un horizonte de tiempo en el cual se pueda evaluar los avances de los productores en la implementación de los planes de mejora en sus fincas.

A partir del plan estratégico, proyectado de 3 a 5 años, se elaboran planes operativos anuales, con acciones para mejorar la productividad, cerrar brechas sanitarias y de sostenibilidad. En 2020, el 44 % de los 70 Núcleos Palmeros participaron en la estructuración de dichos planes; así mismo, el 27 % ejecutaron planes operativos de asistencia técnica (9 de la Zona Central, 2 de la Norte, 6 de la Oriental y 2 de la Suroccidental), impactando a 3.236 productores (44 %), y 14.292 ha (26 % de área total de país).

Los planes estratégicos para la producción de aceite de palma sostenible buscan identificar las necesidades y problemas desde la particularidad de cada plantación, para así establecer acciones que respondan a las condiciones socioeconómicas de cada productor.

En lo que va corrido del año 2021 se observa que la participación de los Núcleos y otros prestadores

Figura 8. Relación de proveedores por Núcleo y planes estratégicos en 2021. Fuente: equipo de Extensión



del servicio de asistencia técnica se ha incrementado significativamente. Es así como 33 Núcleos cuentan con planes estratégicos estructurados, llegando a una cobertura del 90 % de los productores involucrados, lo que permite que accedan a los servicios de transferencia de tecnología, para así contar con información oportuna y lograr la mejora en sus condiciones productivas. En la Figura 8 se observa cómo los Núcleos que tienen mayoría de proveedores cuentan con planes estratégicos.

Las temáticas priorizadas en los planes operativos para el fortalecimiento del servicio de asistencia técnica más comunes son:

- Manejo nutricional del cultivo.
- Manejo y control fitosanitario.
- Fortalecimiento de estrategias de sostenibilidad, eje ambiental y social.
- Consolidación de equipos técnicos para el acompañamiento en adopción de tecnologías.
- Estrategias de comunicación digital.

- Intercambio de experiencias entre productores.
- Establecimiento de parcelas demostrativas y áreas parciales de adopción de tecnología.

Conclusiones

El cambio en el nivel de productividad también implica que se haga en las estrategias para que el productor adopte la tecnología.

Para promover la adopción de tecnologías en los productores se debe avanzar de la tecnificación de la palmicultura a la humanización, mediante los servicios de extensión.

El nivel de adopción de tecnología debe estar en función de las condiciones de la finca del productor y su perfil socioeconómico

La caracterización socioeconómica y la productividad son la base para estructurar planes estratégicos y operativos, con el fin de definir acciones basadas en información real del productor y plantear metas aterrizadas.



Bibliografía

- Beltrán, J. A. & Hinestroza, C. A. (2019). Estado de la asistencia técnica en el sector palmero y su fortalecimiento para una palmicultura sostenible. *Revista Palmas*, 40(4), 66-74.
- DANE. (2021). Información de Pobreza Monetaria Nacional 2020. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-monetaria>. Visitado el 26 de octubre de 2021.

¿El negocio de la palma de aceite en Colombia puede ser más competitivo?

Oil Palm Business in Colombia: Can it Be More Competitive?

CITACIÓN: Mosquera-Montoya, M. (2022) ¿El negocio de la palma de aceite en Colombia puede ser más competitivo? *Palmas*, 43(1), 92-96.

MOSQUERA-MONTOYA MAURICIO
Investigador Titular, Coordinador de la
Unidad de Validación de Cenipalma

Introducción

Las cifras de producción del aceite de palma crudo (APC) a nivel mundial indican que en el Sudeste Asiático se produce el 88 % del total. Específicamente en 2020, Indonesia produjo 44,1 millones de toneladas de APC; Malasia, 18,6 millones; y Tailandia, 2,6 millones. Por su parte Colombia, participó con 1,6 millones, lo que equivale a poco menos de 2 % de la producción mundial. En este orden de ideas, el país suramericano es un jugador de pequeña escala en el mercado global del APC y las naciones líderes en volumen de producción son en su orden Indonesia y Malasia, los cuales, entre los dos, producen 84 de cada 100 toneladas de APC a nivel mundial.

De otra parte, según el estudio de LMC International Ltd., el costo unitario de producción para 2020 en Indonesia fue de USD 337/ t APC, el de Malasia de USD 332/t APC y el de Colombia de USD 525/t APC. Esto indica que el costo de producir en el país es 56 %

superior al de Indonesia y 58 % superior al de Malasia. Cuando se analizan los rubros que componen el costo de una tonelada de APC, se encuentra que en Colombia el establecimiento de una plantación, el manejo del cultivo, la cosecha (incluido transporte del fruto a la planta de beneficio) y el proceso de extracción son más costosos que los de los países líderes de la agroindustria. La explicación radica en el tamaño de las operaciones de palma de Colombia y en las dificultades que impone la precaria infraestructura de transporte nacional (carreteras muy deficientes, pocos puertos, inexistencia de transporte ferroviario y fluvial). Adicionalmente, hay que tener en cuenta que la distancia entre plantaciones/plantas de beneficio y puertos en el Sudeste Asiático es bastante menor con respecto a lo que ocurre en Colombia, lo que desde luego impacta el costo de los fletes.

En síntesis, ser un jugador pequeño en el volumen global de producción de APC y además ser más costoso que los líderes de la agroindustria ponen

al palmicultor colombiano en una posición de baja competitividad. Esto es muy grave si se considera que alrededor de 50 % del APC que se produce en el país tiene como destino el mercado externo. Adicionalmente, el alto costo que muestra la palmicultura colombiana hace que las fluctuaciones de precio, especialmente aquellas a la baja, golpeen de manera muy fuerte la rentabilidad de la agroindustria nacional.

Empresas productoras de APC que son *benchmark* en Colombia

Hasta aquí el panorama luce muy complicado para la palmicultura nacional. Sin embargo, al analizar los resultados del estudio de costos (Mosquera *et al.*, 2021) se evidencia que esta es muy heterogénea. Contrario a lo que podría indicar el sentido común, la heterogeneidad no radica en el tamaño de las plantaciones de palma, sino en la adopción de tecnología. De esta manera, se pueden encontrar productores de pequeña (0 a 50 ha), mediana (50 ha a 500 ha) y gran (mayor a 500 ha) escala, para los estándares de Colombia, que son tan competitivos como los productores de los países líderes.

La Tabla 1, muestra algunos indicadores que permiten vislumbrar las diferencias entre los productores que incorporan la tecnología disponible en sus cultivos y plantas de beneficio, con respecto a aquellos que se encuentran rezagados en esta materia, que corresponderían al promedio país. Note que la productividad de las empresas *benchmark*, sumada a su eficiencia en el proceso de extracción de aceite, les permite producir a un costo 23 % menor, comparado con los costos del promedio nacional que reporta LMC International Ltd.

¿Qué diferencia a las compañías *benchmark* de Colombia del promedio de las empresas?

La respuesta seguramente es muy compleja, ya que cada empresa se administra de manera diferente y, adicionalmente, se enfrenta a un entorno específico (clima, suelos, disponibilidad de agua y de mano de obra, actividades económicas que compiten por mano de obra, regulaciones, grupos al margen de la ley, etc.). Dichos factores redundan en requerimientos tecnológicos diferentes y en consecuencia, costos diferentes. En este caso, para abordar la pregunta, se hizo referencia a los indicadores de las empresas *benchmark* en lo que concierne al rendimiento de la mano de obra y al costo unitario de las principales labores del cultivo (nutrición, cosecha y polinización). El objetivo era presentar unas cifras que sirvieran como referente al palmicultor colombiano.

Nutrición

La Tabla 2 sintetiza cifras de rendimiento de la labor de aplicación de fertilizantes que permiten concluir que a mayor dosis, disminuye el rendimiento en el área de los operarios porque es necesario recargar de manera frecuente los contenedores de fertilizantes de síntesis química. También se observa que el rendimiento es mayor en cultivares OxG con respecto al de cultivos con cultivares *E. guineensis* porque el fertilizante se aplica a un menor número de palmas por hectárea (densidad de siembra). Finalmente, se logra ver que los sistemas mecanizados permiten la aplicación de una mayor área en un periodo más corto. Debe aclararse que todas las plantaciones *ben-*

Tabla 1. Impacto económico de la adopción de tecnología

Indicador	Promedio país	Empresas <i>benchmark</i>
Producción cultivo adulto (t RFF/ha)	18	26
Costo (\$/kg RFF)	340	296
Costo extracción (\$/kg APC)	240	210
Costo total (\$/kg APC)	1.942	1.503
Costo total (USD/ t APC)	525	406

Tabla 2. Rendimiento en hectáreas por jornal por cultivar, sistema de aplicación de fertilizante y dosis.

Sistema	<i>E. guineensis</i> (ha/jornal)		Híbrido OxG (ha/jornal)	
Dosis de fertilizante	500 g/palma	1.000 g/palma	500 g/palma	1.000 g/palma
Manual	4,90	4,50	6,03	5,50
Semimecanizado	11,19	10,84	13,79	13,36
Mecanizado	32,17	30,10	39,66	37,20

chmark suelen contar con los tres sistemas y que la implementación de uno u otro, depende de la dosis del nutrimento que se esté aplicando. Para dosis pequeñas de fertilizantes (por ejemplo 100g/palma) se privilegia el sistema manual, mientras que para dosis altas (por ejemplo 1,5 kg/palma) se prefiere la aplicación con sistemas mecanizados.

En lo que concierne a la dosis media que aplicaron las empresas *benchmark* a las palmas adultas en el año 2020, se estableció que: en *E. guineensis*, esta se acerca a los 8 kg/ palma al año (mínimo 6 kg/ palma al año y máximo 11 kg/ palma al año). Entretanto, en híbridos OxG la dosis media está alrededor de 9 kg/palma al año (mínimo 7 kg/palma al año y máximo 12 kg/palma al año). Ello indica que los cultivares híbridos requieren mayor cantidad de fertilizante porque hacen una mayor extracción de nutrientes, consecuencia de la mayor productividad con respecto a los cultivares *E. guineensis*.

Finalmente, el costo del fertilizante por tonelada de fruto arrojó un valor de \$ 60.000/t RFF para cultivares OxG, mientras que en cultivares *E. guineensis* el valor fue de \$ 73.000/t RFF. Estas cifras indican que OxG es más eficiente en transformar los nutrientes que toma, en racimos de fruta fresca.

Cosecha

La Tabla 3 muestra el área de la que se encarga un trabajador de cosecha. En otras palabras, ayuda hacer el cálculo de cuantas personas se necesitan para dedicarse a la cosecha en una plantación. Los sistemas de cosecha mecanizados permiten que una persona pueda encargarse hasta de 24 ha en cultivares híbridos OxG. Entretanto, en los sistemas manuales, se puede encargar de alrededor de 15 ha. En lo que respecta al rendimiento por jornal, el valor medio para *E. guineensis* fue de 1,9 t RFF/jornal, mientras que para cultivares híbridos OxG el valor medio fue de

1,75 t RFF/jornal. Finalmente, el costo por tonelada cosechada en palma adulta, en cultivos *E. guineensis* tuvo un promedio de \$ 45.840/t RFF, mientras que en cultivares híbridos OxG fue de \$ 50.745/t RFF.

Es muy importante tener en cuenta que el rendimiento de la cosecha depende de la cantidad de racimos de fruta que estén listos para ser cortados, lo que a su vez es un indicador del rendimiento del cultivo (expresado en términos de toneladas de fruto por hectárea). En este orden de ideas, en una plantación que tiene como promedio 15 toneladas de fruto por hectárea, será imposible que un trabajador logre tener un rendimiento superior a las 1,4 toneladas de fruto por jornal (considerando corte, recolección y alce). Por otra parte, en una plantación con 35 t RFF/ ha, el trabajador logrará sin mayor dificultad un rendimiento superior a las 2 t RFF/jornal.

Polinización

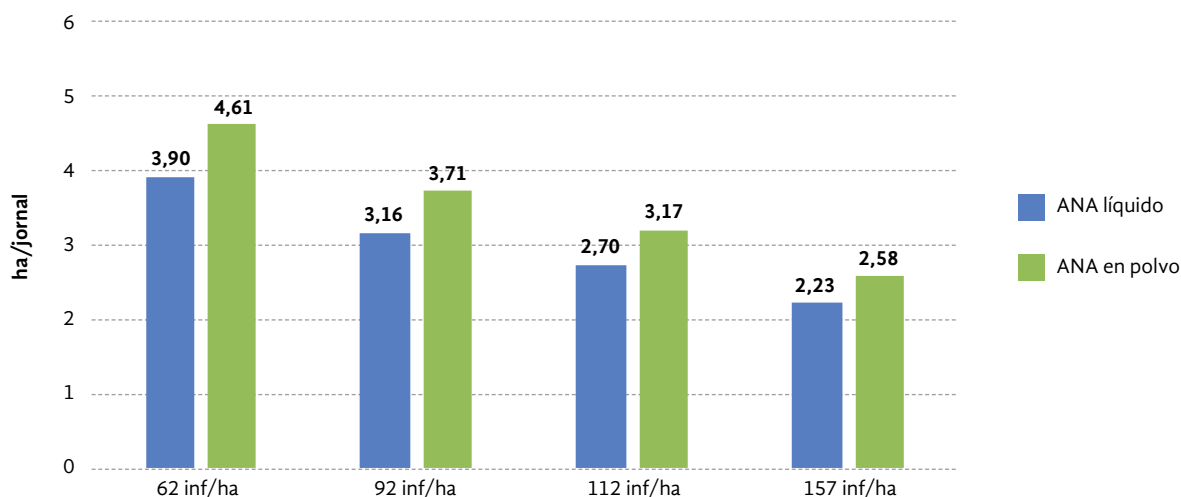
La labor de polinización actual es prácticamente exclusiva de los cultivares híbridos OxG, con excepción de algunos códigos de *E. guineensis* que son muy femeninos en etapas tempranas de desarrollo. En cultivares híbridos, la polinización contribuye a la formación de frutos normales (polinización asistida) y partenocárpico (polinización artificial). Estos últimos en cultivares híbridos OxG tienen una participación importante en el total de frutos del racimo (alrededor de 35 %).

En lo que concierne a los rendimientos de la labor, la Figura 1 evidencia que al igual que en el caso de la cosecha, el área cubierta por un trabajador en una jornada depende del número de inflorescencias que requieren ser tratadas (polinizadas). A mayor número de inflorescencias por palma y por hectárea, menos será el rendimiento de la labor en términos de área. Ello es válido para polen/ANA en medio sólido y para ANA en medio líquido. En consecuencia es

Tabla 3. Área por trabajador de cosecha, según sistema y cultivar.

Cultivar	Sistema	Área (ha) por trabajador
<i>E. guineensis</i>	Manual	15
Híbrido OxG		16
<i>E. guineensis</i>	Mecanizado	17
Híbrido OxG		24

Figura 1. Rendimiento. Polinización artificial - una entrada semanal



necesario orientar la remuneración a compensar por el número de inflorescencias tratadas.

Para la polinización, el promedio del área de la cual se puede hacer cargo un trabajador es de 17 hectáreas y el costo promedio de esta labor para el año 2020 fue de 1,47 millones en las empresas *benchmark* de la agroindustria. En lo que concierne al costo de la polinización por tonelada de fruto, esta arrojó un valor de \$ 51.100/t RFF.

Jornales por labor al año en palma adulta

La Figura 2 presenta los jornales por hectárea año, que requiere la palma adulta para cada actividad del cultivo en las empresas *benchmark*. En total, se requieren 26 jornales/ha al año para *E. guineensis* y 41

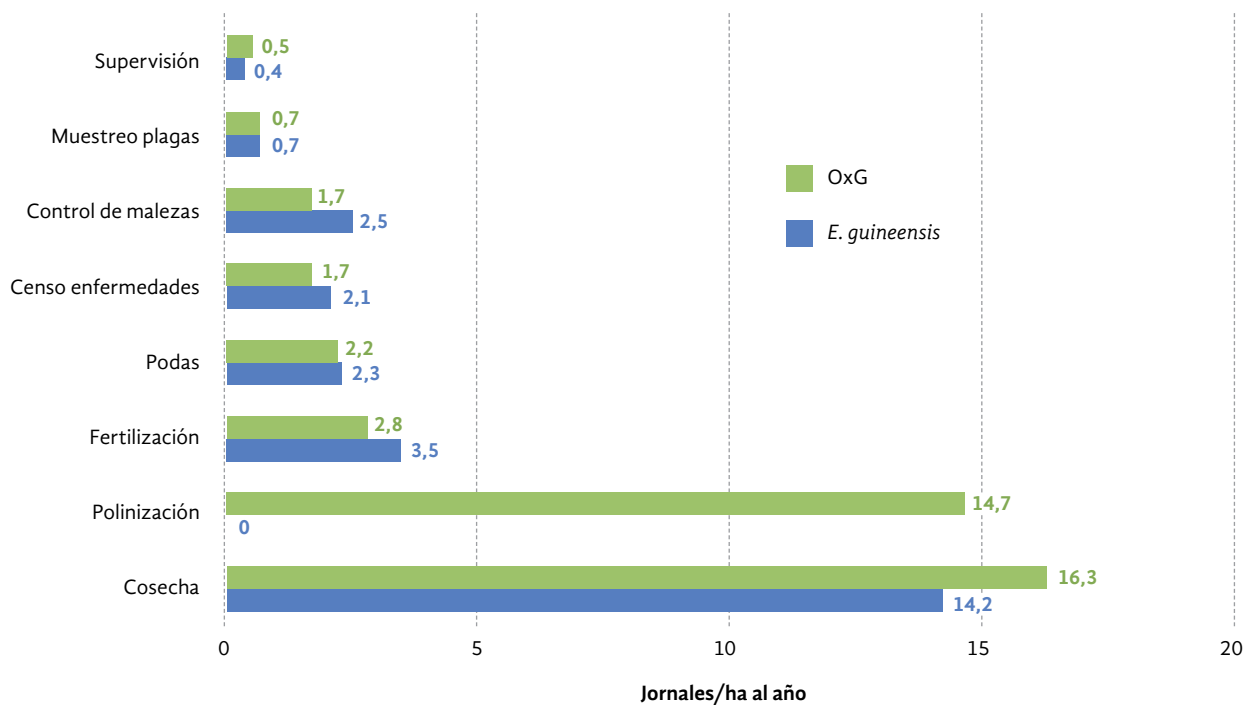
para cultivares OxG. La diferencia entre los tipos de cultivar radica en la labor de polinización.

Reflexiones finales

En el mercado mundial del aceite de palma, Colombia es tomador de precios y es más costoso con respecto a los líderes de la agroindustria, lo que implica que las fluctuaciones del precio internacional golpean muy fuerte el margen del negocio de la agroindustria en el país.

La mayor productividad de las empresas *benchmark* les permite producir a un costo 23 % más bajo, con respecto al promedio nacional y ser más resilientes cuando los precios están a la baja. Es la muestra clara de que el mayor rendimiento de los cultivos y la mayor eficiencia en el proceso de extracción son el mejor antídoto frente a la caída en los precios in-

Figura 2. Jornales por labor al año en palma adulta



ternacionales. Situación recurrente en los ciclos de precio que caracterizan a los *commodities*.

La cosecha y la polinización son las actividades que concentran la mayor inversión en mano de obra de la agroindustria. En ambos casos quedó claro que el rendimiento de la mano de obra depende del rendimiento de la plantación. En consecuencia, es necesario asociar los indicadores de rendimiento de la mano de obra a la productividad del negocio, en lu-

gar de centrarse en los indicadores tradicionales de área cubierta por trabajador.

Las empresas *benchmark* se encuentran distribuidas a lo largo y ancho de la geografía nacional. Eso quiere decir que existe la tecnología necesaria, y de hecho se ha implementado de manera exitosa, en las zonas palmeras de nuestro país. En consecuencia, es posible tener una palmicultura más competitiva.

□ Relación de otra presentación plenaria

Innovación en el diagnóstico y manejo de enfermedades de palma de aceite

Hernán Mauricio Romero Angulo. Director de Investigación de Cenipalma

Incremento en el contenido de materia orgánica del suelo con el uso de biomasa del cultivo, como estrategia para mantener altas productividades

Increase in the Content of Organic Matter in the Soil with the Use of Biomass from the Crop, as a Strategy to Maintain High Productivity

CITACIÓN: Castillo-R, Ó. A. (2021). Incremento en el contenido de materia orgánica del suelo con el uso de biomasa del cultivo, como estrategia para mantener altas productividades. *Palmas*, 43(1), 97-101.

PALABRAS CLAVE: Materia orgánica, Biomasa del cultivo.

KEY WORDS: Organic material, Crop biomass.

CASTILLO R. ÓSCAR A.
Director Agronómico de Bioplanta
Palmera para el Desarrollo S. A.
ocastillo@extractorabpd.com

Resumen

El adecuado uso de biomasa generada en el cultivo de la palma de aceite incrementa el contenido de materia orgánica en el suelo, y esto trae grandes beneficios al agroecosistema como: mayor disponibilidad de nutrientes, aumento de la masa radicular de las palmas e incremento de macro y microorganismos, entre otros tantos beneficios que se traducen en una creciente productividad de los cultivares.

El presente trabajo, busca cuantificar el aumento de la materia orgánica en dos lotes con diferentes fuentes de biomasa: aporte de solo hojas (lote 1) y raquis una sola vez más aplicación de hojas (lote 2). Se realizaron mediciones de materia orgánica antes y después de la aplicación de sustratos por medio de análisis de suelo tomados en la misma época y en el mismo sitio, durante los años 2018 a 2021. Tanto con el aporte de hojas como con el de hojas más raquis se logró aumentar de forma considerable el contenido de materia orgánica en el suelo, pues con el primero, este aumentó en 21,47 % y, con el segundo, en 61,65 %. Además, se logró cuantificar el aumento de la capacidad de intercambio catiónico en los dos lotes y el aporte de nutrientes con las hojas de la poda y con la aplicación de raquis.

Abstract

The proper use of biomass generated in the cultivation of oil palm increases the content of organic matter in the soil, and this brings great benefits to the agroecosystem such as: greater availability of nutrients, increased root mass of palms, increased macro and microorganisms, among many other benefits that translate into increased productivity of cultivars.

The present work seeks to quantify the increase in organic matter in two batches with different sources of biomass: contribution of only leaves (batch 1) and rachis one more time application of leaves (batch 2). Organic matter measurements were made before and after the application of substrates by means of soil analyzes taken at the same time and in the same place, during the years 2018 to 2021. Both with the contribution of leaves and with the contribution of leaves more rachis, it was possible to considerably increase the content of organic matter in the soil. With the contribution of the leaves, it was possible to increase the organic matter content by 21.47% and with the contribution of more rachis leaves by 61.65%. In addition, it was possible to quantify the increase in the cation exchange capacity in the two batches and the contribution of nutrients with the pruning leaves and with the application of rachis.

Introducción

Los cultivares híbrido OxG son materiales de alto rendimiento que necesitan de un buen estándar de labores agronómicas para expresar su potencial genético.

La oferta hídrica debe considerarse como uno de los factores determinantes para alcanzar altas productividades, al igual que una nutrición óptima, determinada por la oferta de nutrientes del suelo y los aportes de fertilizantes, etc. Sin embargo, independiente del sitio de siembra del cultivo, algunas condiciones de los suelos como el contenido de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico se pueden mejorar con el uso de la biomasa que el mismo cultivo genera: hojas, fibra, raquis, lodos, etc. Es así como el uso de biomasa debería ser considerado como una gran estrategia para alcanzar y mantener altas productividades.

La biomasa bien distribuida aporta buenas cantidades de óxidos que se pueden cuantificar por medio de análisis de laboratorio, y esta información debe ser tenida en cuenta dentro de los planes de nutrición, sobre todo ahora con el aumento de los precios de los fertilizantes.

Esta es una de las tantas prácticas de sostenibilidad que se debería implementar en las plantaciones; aunque en el caso del Urabá Antioqueño se ha adoptado la tecnología en todas las plantaciones.

Metodología

El trabajo se desarrolló en la finca La Plana, ubicada en el municipio de Chigorodó, Antioquia, en Colombia. Se destinaron 2 lotes con un total de 11,15 hectáreas sembradas con material híbrido alto oleico (Coari x La Mé). En el lote 1 se hizo aplicación solo de hojas de poda (Figura 1) y en el lote 2, de raquis o tusa más aplicación de hojas.

Ambos lotes tuvieron manejo de fertilización convencional. El contenido de materia orgánica se midió por medio de análisis de suelo cada año a partir del inicio del trabajo, en los mismos puntos y la misma época. Las mediciones se realizaron por cuatro años en los laboratorios de Cenipalma y se comparó la productividad.

Resultados

Con el uso de los sustratos se mejoró el sistema radicular del cultivo, algo que es muy significativo debido a que se hizo óptima la nutrición al maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes (Figura 3). En la Figura 4 se puede observar el contenido de materia orgánica en el suelo y la productividad de la aplicación en el lote de solo hojas, mientras que en la Figura 5, el contenido de materia orgánica en el suelo y productividad del lote con hojas más tusa.

Las Figuras 6 y 7 corresponden al comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) en

los dos tratamientos, y los aportes nutricionales producto de la biomasa.

En cuanto al aporte de nutrientes con la poda, los resultados se pueden ver en la Tabla 1 y 2.

Conclusiones

Se valida el uso de biomasa para todas las plantaciones de la subzona de Urabá como estrategia para alcanzar y mantener altas productividades.

Con el aporte de las hojas se logró aumentar el contenido de materia orgánica en 21,47 %, y con el aporte de hojas más raquis en 61,65 %, en un periodo de tres años.

Se logró cuantificar el aporte de nutrientes de los sustratos para ser tenido en cuenta dentro de los planes de nutrición.

Recomendable obtener beneficio económico de los aportes de nutrientes.

Figura 1. Inicio de parcela de lote 1. Aplicación solo hojas



Figura 2. Inicio de parcela de lote 2. Aplicación de raquis una vez más hojas



Figura 3. Mejoramiento del sistema de raíces de la palma, optimización de la nutrición.



Figura 4. Contenido de materia orgánica (MO) en el suelo y productividad del lote de solo hojas

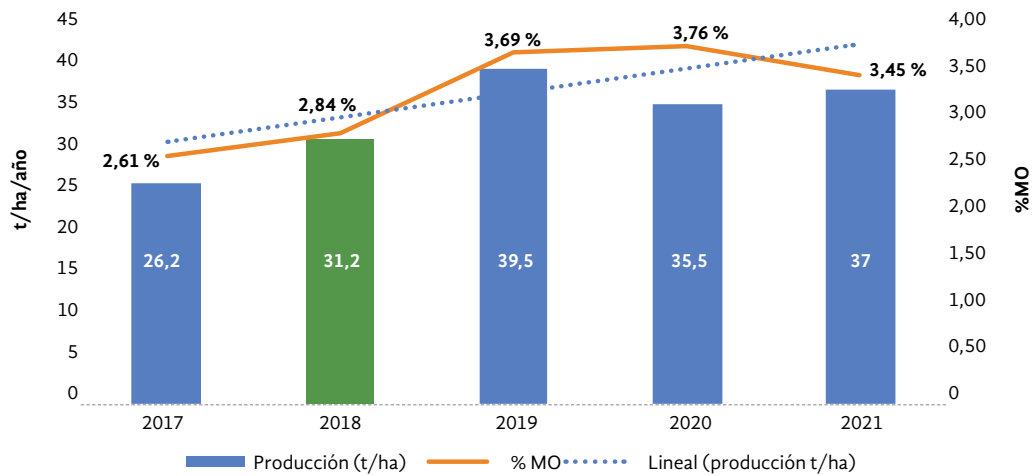


Figura 5. Contenido de materia orgánica en el suelo y productividad en el lote de hojas + tusa

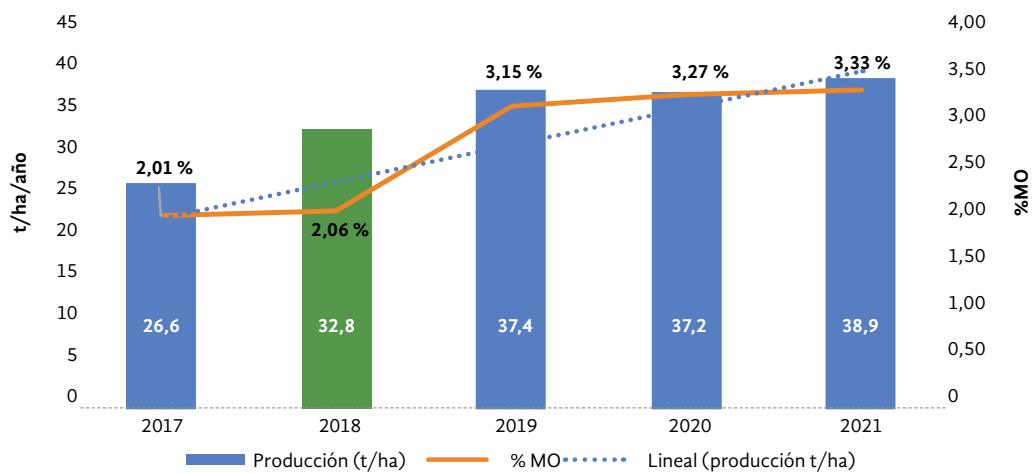


Figura 6. Capacidad de intercambio catiónico en el lote 1 (solo hojas)

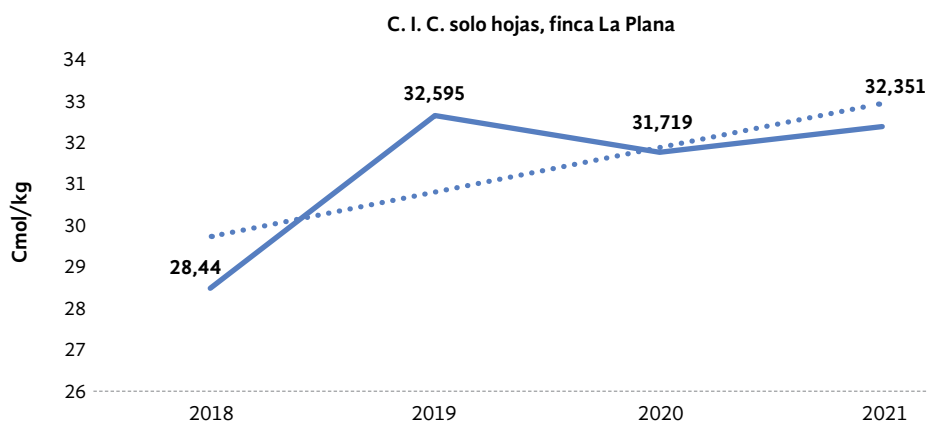


Figura 7. Capacidad de intercambio catiónico en el lote 2 (raquis más hojas)

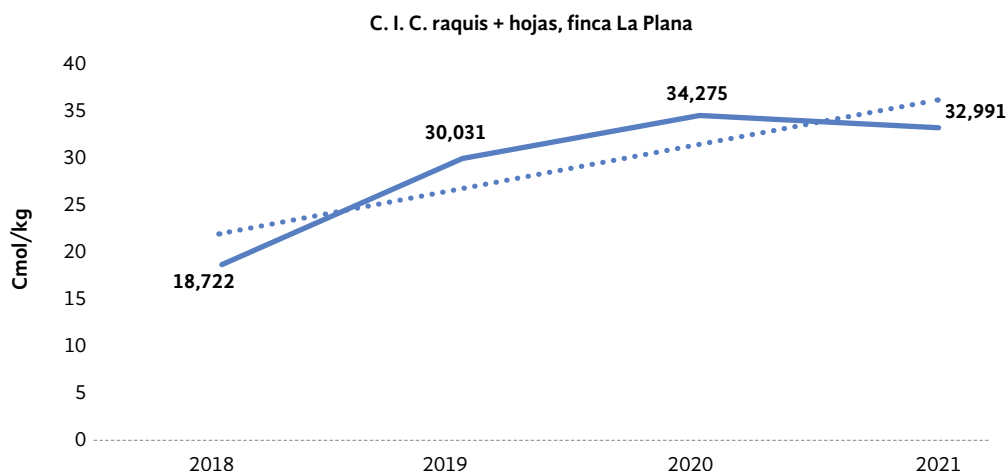


Tabla 1. Aporte de nutrientes con la poda*.

Elemento	kg/ha/año
Nitrógeno	92
Fósforo (P_2O_5)	21
Potasio (K_2O)	122
Calcio (CaO)	48
Magnesio (MgO)	53
Azufre (S)	13
Total	349

*Teniendo en cuenta dos podas al año.

Tabla 2. Aporte de nutrientes con aplicación de 300 kg tusa/palma.

Aporte de nutrientes en kg con la aplicación de 300 kg de tusa/palma		
Elemento	Por palma	Por ha*
Nitrógeno	0,43	49,45
Fósforo (P_2O_5)	0,37	42,55
Potasio (K_2O)	2,85	327,75
Magnesio (MgO)	0,19	21,85
Calcio (CaO)	0,17	19,55
Total	4,01	461,15

Fuente: laboratorios Cenipalma.

Bibliografía

Beltrán Giraldo, J. A., Pulver, E., Guerrero Moreno, J. M. & Mosquera Montoya, M. (2015). Cerrando brechas de productividad con la estrategia de tecnología productor a productor. *Revista Palmas*, 36(2), 39-53. Recuperado de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11076>

Mulumba, L. N. & Lal, R. (2008). Mulching Effects on Selected Soil Physical Properties. *Soil and Tillage Research*, 98(1), 106-111. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.10.011>

Toxicidad por aluminio (Al^{3+}) como limitante del crecimiento y la productividad: experiencias en diagnóstico y manejo en Palmeras de Yarima S. A. (Santander)

Aluminum Toxicity (Al^{3+}) as a Limitation of Growth and Productivity: Diagnosis and Management Experience of Palmeras de Yarima S. A. (Santander)

CITACIÓN: Díaz-Durán, M. Á., Ochoa, C. A., Álvarez, J. W. & Rincón-Numpaque, Á. H. (2022). Toxicidad por aluminio (Al^{3+}) como limitante del crecimiento y la productividad: experiencias en diagnóstico y manejo en Palmeras de Yarima S. A. (Santander). *Palmas*, 43(1), 102-116.

PALABRAS CLAVE: Acidez, Saturación de Aluminio, Enmiendas, Bolsas de muestreo.

KEYWORDS: Acidity, Aluminum Saturation, Amendments, Sampling bags.

DÍAZ DURÁN MIGUEL ÁNGEL

I. A. Director Agronómico de Palmeras de Yarima S. A.
agronomico@palmerasdeyarima.com.co

OCHOA CARLOS ARTURO

I. A. Profesional de Apoyo Agronómico, Palmeras de Yarima S. A.

ÁLVAREZ JHON WILMAR

Agr. Líder Sanidad Vegetal, Palmeras de Yarima S. A.

RINCÓN NUMPAQUE ÁLVARO HERNÁN

I. A. Asistente de Investigación Programa Agronomía de Cenipalma

Resumen

Los suelos establecidos con palma de aceite en la Zona Central palmera de Colombia presentan condiciones extremas de acidez que limitan el desarrollo del cultivo, con repercusiones negativas en los rendimientos. Con el propósito de evaluar el efecto de la acidez y su manejo en la productividad del cultivo, en la plantación Palmeras de Yarima S. A. se implementó un plan de manejo de enmiendas enfocado en el mejoramiento de la fertilidad de los suelos. Este, incluyó la implementación de pruebas de reactividad de enmiendas, la selección de fuentes y dosis adecuadas y el seguimiento a escala comercial de propiedades químicas y de producción. Como resultado, se obtuvieron efectos positivos de las combinaciones de enmiendas aplicadas en la reducción de la saturación de aluminio a niveles permisibles ($<30\%$), aumento de la saturación de Ca y Mg a niveles adecuados (40% y 20% respectivamente) y aumento de los contenidos de P disponible ($>20\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Estas pruebas permitieron validar el uso de la técnica

ca de bolsas de muestreo y el uso de la biomasa radical como indicador biológico de respuesta en pruebas de reactividad de enmiendas (PRE) en campo a corto plazo. Los resultados se complementaron con la evaluación de costos de las fuentes y las respuestas obtenidas por la aplicación del plan de manejo de enmiendas después de cuatro años de implementación.

Abstract

Oil palm crops are planted in acid soils with high aluminum contents in the Central Zone of Colombia. This condition reduces the crop development and its productivity. To evaluate the soil acidity management on the crop yields, Palmeras the Yarima carried out an amendments management strategy, which includes a reactivity test, amendments selection, application rates, chemical properties evaluation and their association with yields. Amendments application in reactivity tests showed a reduction of aluminum saturation and increase Ca, Mg and P contents in soils. On the other hand, sampling bags method and roots dry weight was validated as a biological indicator of amendment effects in the short term. Finally, amendments costs and their yield responses were evaluated four years after application in commercial plots.

Introducción

Para lograr una producción agrícola competitiva y sostenible es necesario tener en cuenta todos los factores que afectan la productividad. Dentro de estos el suelo juega un papel fundamental. En Colombia los suelos son predominantemente ácidos con pH menores de 5,5 (Malagón, 2003). Según Osorno (2012), este tipo de suelos representa el 80 % del área del país que requiere un adecuado manejo de sus propiedades químicas. Por las condiciones de mercado y de competitividad económica, el manejo técnico de la fertilización y corrección de los desequilibrios químicos en los diferentes suelos ácidos toman mayor relevancia, aun más, cuando estamos ubicados en una zona tropical, con altas precipitaciones, que facilitan la lixiviación de las bases e incrementan la acidez del suelo (Osorno, 2012).

El aluminio soluble (Al^{3+}) es el factor más limitante para el crecimiento y la producción de los cultivos en suelos ácidos (Tang *et al.*, 2002; Álvarez *et al.*, 2005; Liao *et al.*, 2006; Cristancho *et al.*, 2010), lo que conlleva a la disminución de la solubilidad del fósforo y del molibdeno, y al descenso de la concentración de macronutrientes en la solución del suelo (Rout *et al.*, 2001). En la planta, causa una alteración del metabolismo general e inhibe el crecimiento radical, afectando la toma de agua y nutrientes. Sin embargo, la magnitud de estos efectos depende de las propie-

dades fisicoquímicas del suelo y de la tolerancia de las especies vegetales (Agamuthu y Broughton, 1986; Ma *et al.*, 2001; Barceló y Poschenrieder, 2002).

La palma de aceite no es ajena a esta realidad. En la actualidad el cultivo se está expandiendo en Colombia y las zonas tropicales del mundo, donde las condiciones de suelos son predominantemente ácidas, con bajos contenidos de fósforo y cationes intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+}) y alta saturación de aluminio (Arias y Munévar, 2004). Es así como se encuentra que los suelos más representativos en tres de las cuatro zonas palmeras del país presentan condiciones de extrema acidez, con pH <4,5 y saturaciones de aluminio superiores a 60 % (Munévar, 1998).

En la Zona Central, la plantación Palmeras de Yarima S. A. ha puesto su interés en el manejo de esta problemática, debido a que 83 % de su área de cultivo presenta saturaciones de aluminio superiores a 30 %, consideradas como restrictivas para el crecimiento y productividad de la palma de aceite. Por esta razón, ha trabajado en el diseño e implementación de un plan de manejo de la acidez del suelo, basado en el diagnóstico de sus propiedades químicas y la prescripción y aplicación de enmiendas, partiendo de pruebas de reactividad.

En este contexto, el trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres combinaciones de enmiendas en suelos ácidos de la Zona Central, realizando pruebas de reactividad de enmiendas en campo median-

te la técnica de las bolsas de muestreo. Esta ha sido descrita por Böhm (1979) y utilizada por Albertazzi (2009) para evaluar el efecto de prácticas agronómicas en la dinámica del sistema radical de la palma de aceite. Adicionalmente, estas pruebas se implementaron para valorar el efecto de las enmiendas en las condiciones ambientales de la plantación y validar las respuestas en biomasa radical como un indicador biológico del mejoramiento del suelo a corto plazo. Por otra parte, en este estudio se recopilan los resultados del plan de manejo de enmiendas a escala comercial y sus efectos en la productividad del cultivo, con el fin de presentar a los palmicultores los beneficios de esta práctica y su potencial en el manejo sostenible del cultivo.

Metodología

Ubicación

El estudio se realizó en la plantación Palmeras de Yarima S. A. ubicada en el corregimiento de Yarima del

municipio de San Vicente de Chucurí (Santander) (Figura 1). La plantación se encuentra a 170 m s. n. m., con una temperatura promedio de 29 °C, humedad relativa 88 % y una pluviosidad que oscila entre los 2.200 a 2.600 mm año. El estudio detallado de suelos de la plantación permitió establecer que 83 % del área de la plantación cuenta con suelos ácidos, con saturaciones de aluminio superiores a 30 %. Dichos valores son restrictivos para el desarrollo y producción de la palma. Considerando lo anterior, para la implementación de las pruebas de reactividad se seleccionó un lote dentro de la consociación de suelos las Verrugas, cuyas características químicas se resumen en la Tabla 1.

En general, esta consociación se caracteriza por sus condiciones de extrema acidez (pH<4,5) y baja fertilidad, con saturaciones de aluminio superiores a 80 %. Adicionalmente presentan bajos contenidos de calcio, potasio y magnesio, así como de fósforo disponible (<10mg*kg⁻¹). El lote está sembrado con un cultivar de palma *Elaeis guineensis*, cruzamiento Deli x La Mé) de 10 años.

Figura 1. Localización de la plantación y el lote experimental

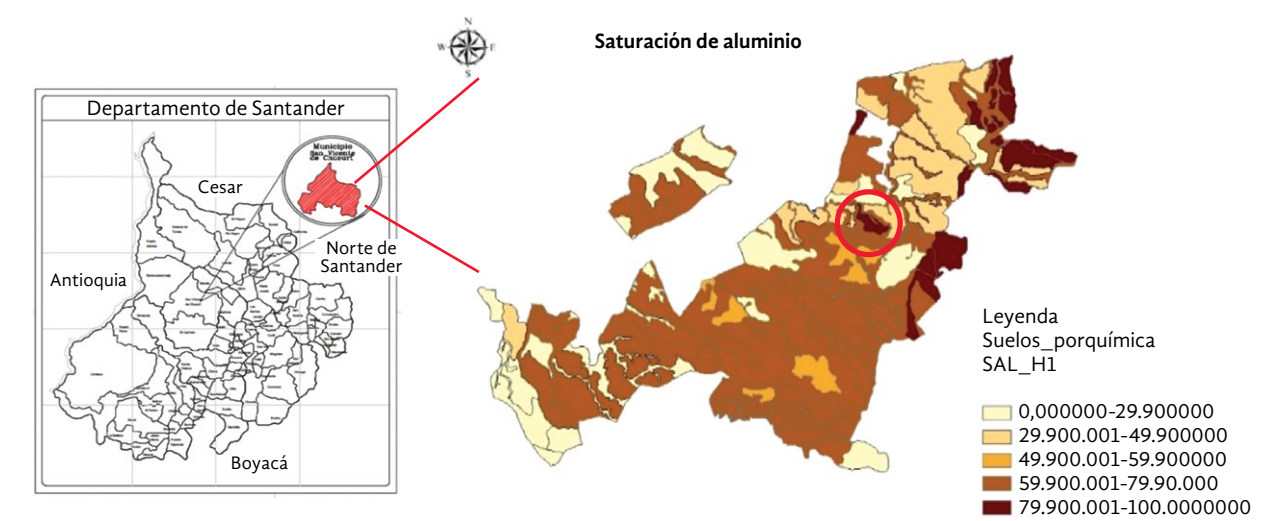


Tabla 1. Condición química inicial del suelo.

Textura	MO	pH	P	CICE	Bases	K	Ca	Mg	Na	Al	Ca:Mg	(Ca+Mg)/K
	%		mg/kg	cmol(+)/kg	Saturación (%)							
Franca	1,70	4,02	3,48	2,86	16,07	1,75	6,29	6,64	1,40	83,93	0,95	7,40

Establecimiento de pruebas de reactividad de enmiendas en campo

Se implementaron tres pruebas de reactividad de enmiendas (PRE) en campo, en las cuales se evaluaron tres combinaciones de enmiendas en tres dosis de aplicación calculadas para obtener diferentes niveles de saturación teórica de aluminio. Se incluyó adicionalmente un tratamiento testigo sin aplicación de enmiendas en cada PRE. Las enmiendas para realizar estas pruebas fueron seleccionadas de acuerdo con las características químicas del suelo problema, enfocando dicha selección a la reducción de los niveles de aluminio, el mejoramiento del balance de bases y el aumento de los contenidos de fósforo disponible. La Tabla 2 muestra las fuentes seleccionadas y los niveles de aluminio teórico contemplados.

Las dosis teóricas de enmiendas fueron establecidas teniendo en cuenta el porcentaje de aluminio deseado descrito por Molina (1998), mediante la siguiente ecuación:

$$t * ha^{-1} CaCO_3 = \frac{1,5(Al - RAS) * CICE}{100}$$

$$t * ha^{-1} enmienda comercial = t * ha^{-1} CaCO_3 * \frac{100}{PRNT}$$

donde:

Al: saturación de aluminio actual (%).

RAS: saturación de aluminio deseada (%).

CICE: capacidad de intercambio catiónica efectiva (cmol (+)*kg⁻¹)

PRNT: poder relativo de neutralización total de la enmienda (%).

Con los cálculos base se definieron las siguientes dosis de aplicación y las relaciones de enmiendas a utilizar para lograr los efectos deseados (Tabla 3).

Con estas combinaciones de enmiendas se establecieron las PRE en campo, utilizando la técnica de

Tabla 2. Combinaciones de enmiendas utilizadas y niveles de saturación de aluminio deseados.

Prueba	Combinaciones de enmiendas	Niveles sat. aluminio deseado
1	Dolomita + APR	83 % - 55 % - 30 % - 0 %
2	Dolomita+ RP	83 % - 55 % - 30 % - 0 %
3	Dolomita + Yeso + MgO + RF	83 % - 55 % - 30 % - 0 %

Tabla 3. Cantidades de enmiendas requeridas para obtener diferentes niveles de saturación de aluminio en los suelos de estudio.

Pruebas de reactividad	Combinaciones	Porcentaje de la mezcla						
		Sat. Al deseada	Enmienda (T/Ha)	Dolomita	Roca fosfórica	APR	Yeso	MgO
PRE 1	Dol + APR	0%	4,00	70	-	30		
		30%	2,50	70	-	30		
		55%	1,33	70	-	30		
PRE 2	Dol + RP	0%	4,00	85	15			
		30%	2,50	85	15			
		55%	1,33	85	15			
PRE 3	Dol + Yeso + MgO + RP	0%	4,00	55	15	-	20	10
		30%	2,50	55	15	-	20	10
		55%	1,33	55	15	-	20	10

las bolsas de muestreo descrita por Böhm (1979) y Albertazzi (2009), la cual consiste en ubicar sacos de lenta degradación (malla de polisombra) con diferentes tratamientos aplicados al suelo problema para evaluar en el tiempo la respuesta en crecimiento de raíces a diferentes prácticas de manejo. Para efectos de las PRE, en cada palma se aplicaron las enmiendas seleccionadas al suelo en las dosis calculadas para los tres niveles de saturación de Al^{3+} deseado más un testigo sin aplicación de enmienda. De este modo, cada grupo de cuatro plantas constituyó un experimento cuyos tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (Figura 2).

La unidad experimental fue una bolsa de muestreo llena con suelo y mezclada homogéneamente con las dosis de las enmiendas calculadas. Para la implementación de los tratamientos se realizaron 4 cajuelas de 30 cm x 30 cm x 30 cm a una distancia de 2 m del estípite de cada palma. El suelo extraído fue desmenuzado y se le retiraron las raíces, rocas y demás materiales ajenos a este. Posteriormente se determinó el contenido de humedad y se incorporaron y homogenizaron las dosis calculadas a 20 kg de suelo seco, los cuales se introdujeron en sus respectivas bolsas. Se metieron las bolsas en las cajuelas, cubriéndolas con una capa de suelo adicional y marcando su ubicación. Se dejó que las bolsas así dispuestas reaccionaran por 6 meses, al cabo de los cuales se retiraron y se extrajeron las raíces para su clasificación y medición. La Figura 3 ilustra el procedimiento de montaje de las pruebas en campo.

Se dejó que reaccionaran por 6 meses las pruebas de reactividad establecidas, al cabo de los cuales se extrajeron las bolsas. Se tomaron muestras del suelo dentro de cada bolsa, y se realizaron análisis químicos completos con el fin de evaluar el efecto de las enmiendas en las propiedades químicas del suelo. Como indicador biológico de respuesta, se extrajo el sistema radical generado durante el tiempo de las pruebas, el cual fue lavado y clasificado según los criterios definidos por Jourdan *et al.* (2005) (Tabla 4). Una vez clasificadas, las raíces fueron secadas en horno a 60 °C durante 48 horas y pesadas.

Los resultados obtenidos de los análisis de suelos y el peso seco de raíces fueron analizados mediante pruebas de estadística descriptiva, análisis de varianza y de comparación de medias de Tukey, mediante el programa estadístico RStudio.

Evaluación del plan de manejo de la acidez a nivel comercial

Adicional a las pruebas de reactividad se documentaron los resultados obtenidos de la aplicación de enmiendas a escala comercial en la plantación. Las aplicaciones comerciales se realizaron dentro de un plan de manejo que involucra la acidez del suelo como la mayor limitante para el cultivo y cuya implementación se ha realizado durante los últimos cuatro años.

En este caso las necesidades de encalamiento fueron establecidas a partir de pruebas de reactividad de

Figura 2. Distribución de los tratamientos

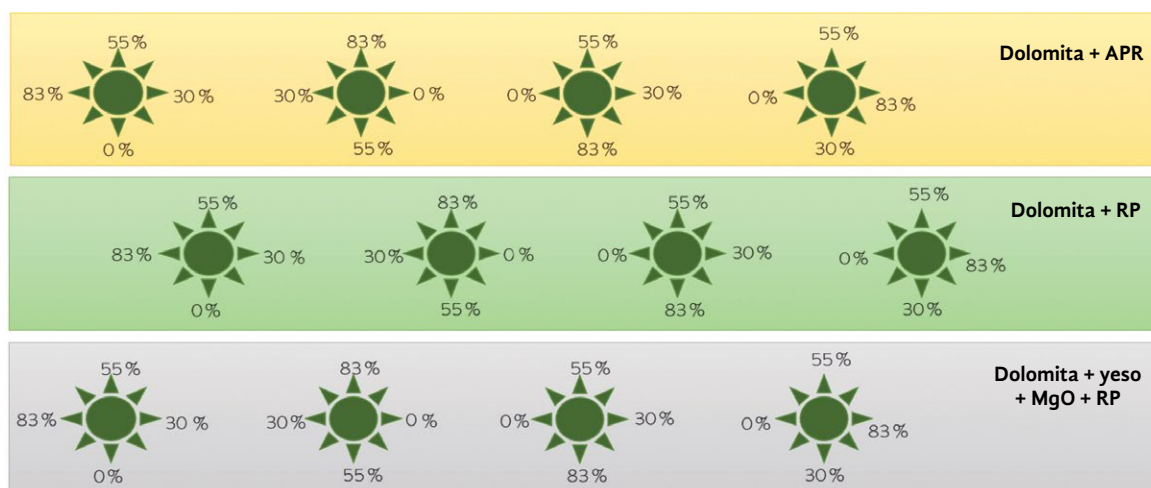


Figura 3. Montaje en campo de la prueba



Tabla 4. Clasificación de raíces (adaptado de Jourdan *et al.*, 2005).

Clasificación	Tipo de raíz	Diámetro (mm)
Gruesas	Primarias	5 a 10
	Secundarias	1 a 5
Finas	Terciarias	0,5 a 1
	Cuaternarias	<0,5

enmiendas (PRE) en los suelos más representativos de la plantación. Con esta información se diseñó un plan de manejo acorde a las necesidades de cada lote, el cual fue distribuido en un plazo de cuatro años priorizando las áreas con los mayores problemas de acidez. Para establecer los beneficios del plan de manejo de enmiendas se evaluaron las propiedades químicas del suelo antes de la aplicación y a los cuatro años después de implementado dicho plan. Estos resultados fueron comparados con los incrementos en producción de racimos de fruta fresca por hectárea.

Resultados y discusión

Efecto de las enmiendas en la acidez y el balance de bases

El uso de las diferentes combinaciones de enmiendas permitió reducir efectivamente las saturaciones de aluminio a niveles adecuados para la palma de aceite (<30 %) e incrementar sus contenidos de calcio

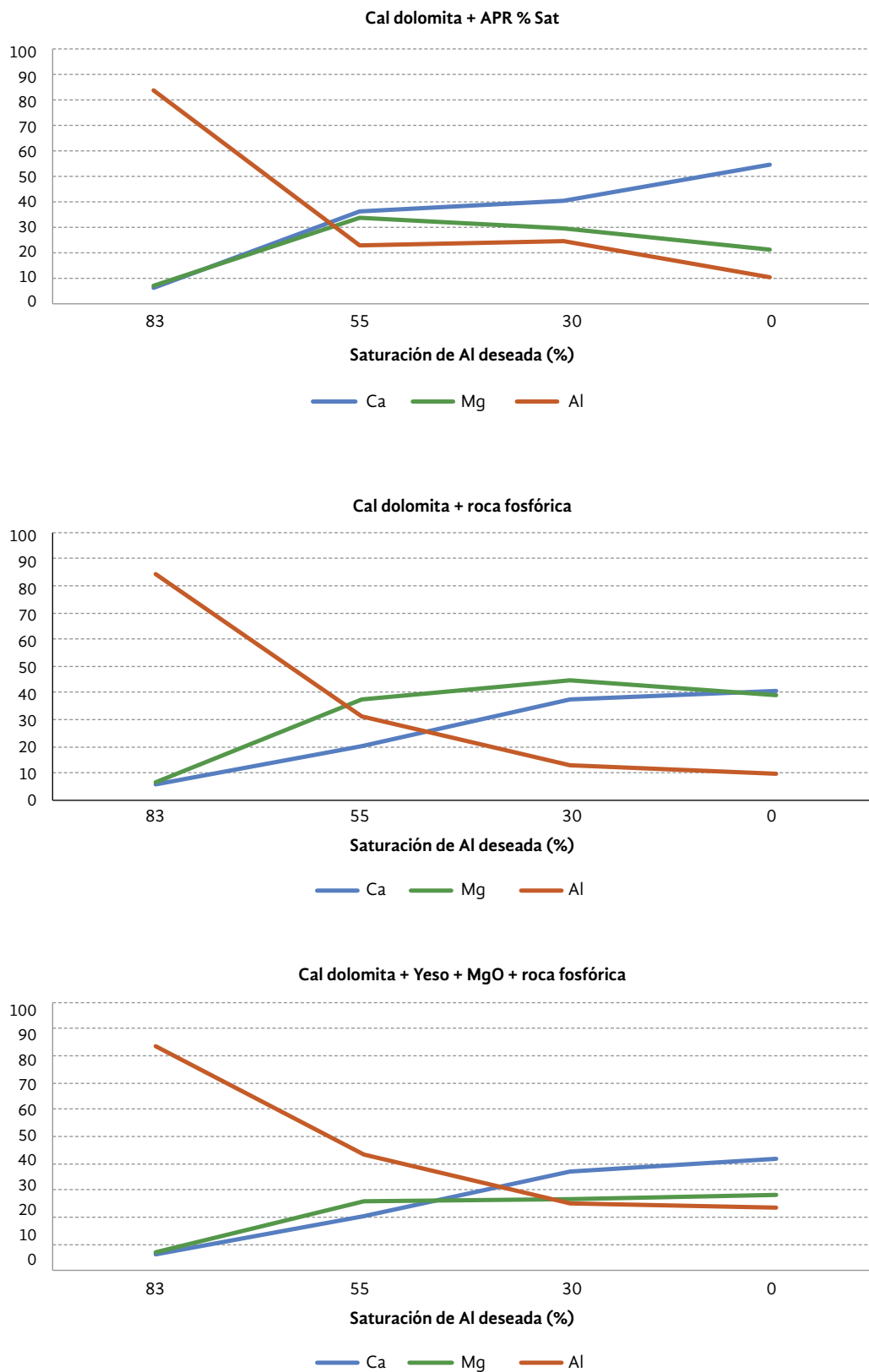
y magnesio. Las tres pruebas de reactividad mostraron una alta eficiencia de las enmiendas aplicadas, alcanzando los niveles adecuados de saturación de aluminio desde las dosis más bajas de aplicación, que fueron calculadas para una saturación deseada del 55 %. A medida que se incrementaron las dosis, las saturaciones de aluminio se redujeron hasta niveles entre el 10 y 20 %.

Así mismo, las 3 combinaciones de enmiendas incrementaron los contenidos de calcio y magnesio en el suelo, llevando su saturación desde niveles <10 % hasta valores comprendidos entre 40 y 60 % para el calcio y, entre 20 y 40 %, para el magnesio con las dosis máximas de aplicación (dosis teórica para reducir la saturación de aluminio a 0 %) (Figura 4).

Efecto de las combinaciones de enmiendas en los contenidos de fósforo

El fósforo es un elemento requerido por la palma de aceite por su papel en la formación de ácidos nucleicos

Figura 4. Combinación cal dolomita + APR en relación con la saturación de calcio, magnesio y aluminio



y la transferencia de información genética, así como por la producción de fosfolípidos en las membranas celulares y su papel en los procesos de transferencia de energía de la planta, al ser constituyente esencial de la molécula de ATP. De esta manera, este elemento es de vital importancia en la producción de biomasa vegetativa, al favorecer la emisión foliar e incrementar el peso medio de racimos, contribuyendo al aumento de los rendimientos (Goh y Hardter, 2003). Este elemento se encuentra en bajas concentraciones en los suelos ácidos de la plantación y es altamente fijado en condiciones de alta saturación de aluminio. Las tres combinaciones de enmiendas implementadas permitieron incrementar los contenidos de fósforo disponible en el suelo gradualmente a medida que se elevaron las dosis aplicadas, llevándolos a valores adecuados para el cultivo de la palma ($>20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Este efecto se logró debido los aportes del elemento, realizados por la roca fosfórica (RP) y las escorias

Thomas (APR), además de su solubilización al reducir los niveles de aluminio y aumentar el pH (Figura 5).

Efectos de la combinación de enmiendas sobre el pH del suelo

El pH es uno de los principales parámetros a considerar en el diagnóstico y manejo de la acidez del suelo. Los que fueron evaluados presentan pH extremadamente ácidos en sus condiciones originales ($<4,5$). La aplicación de las diferentes enmiendas presentó efectos positivos en el pH, incrementándolo desde 4 en el suelo sin enmendar hasta niveles de 4,6 a 5. Estos cambios influyen de manera positiva en la disponibilidad de fósforo nativo, al favorecer su liberación a partir de compuestos insolubles de hierro y aluminio generados en las condiciones de la zona de estudio (Castro y Sánchez, 2010) (Figura 6).

Figura 5. Efecto de las enmiendas en los contenidos de fósforo disponible en el suelo

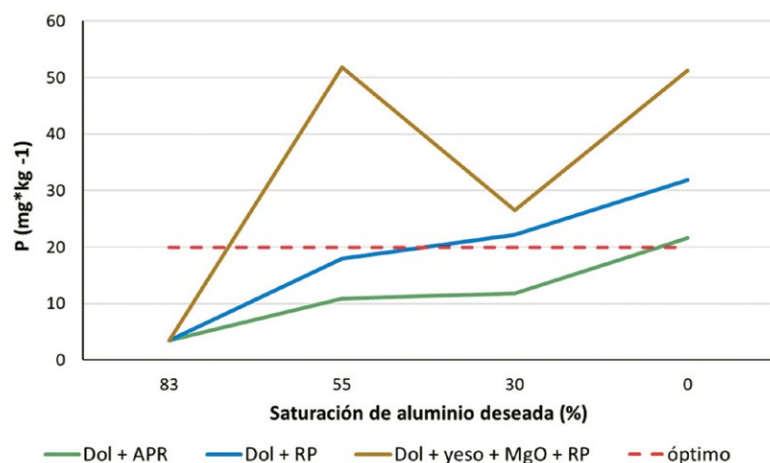
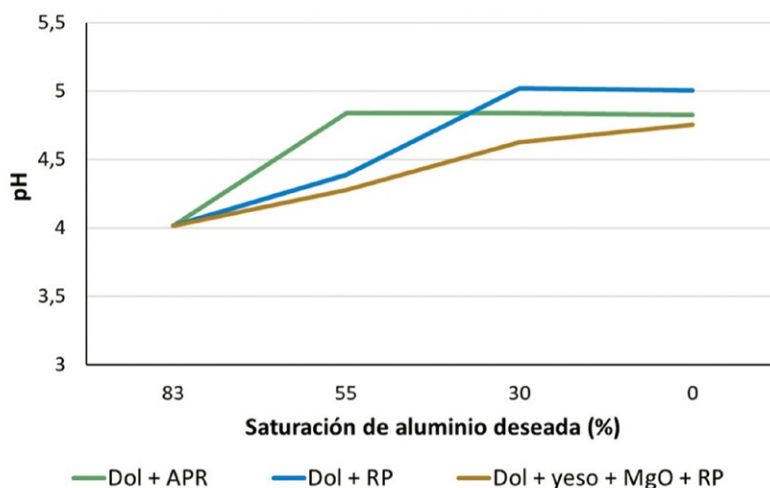


Figura 6. Efecto de las enmiendas aplicadas en el pH del suelo



Efecto de las enmiendas sobre el balance de bases

Se observaron efectos positivos de las aplicaciones de enmiendas en el incremento de los contenidos de calcio y magnesio en el suelo. Dependiendo de la composición y la velocidad de la reacción de las enmiendas utilizadas, la relación Ca:Mg puede variar. Así, la combinación de cal dolomita + escoria Thomas (APR) presentó incrementos en la relación Ca:Mg, con valores máximos de 2,6 con las dosis más altas de aplicación. Esto se debe a que la escoria Thomas tiene 48 % de CaO y 6 % de MgO altamente reactivos, que bajo las condiciones de acidez del suelo tienen una reacción rápida liberando el Ca y Mg en corto tiempo. Por el contrario, el uso de cal dolomita + RP no presentó modificaciones en este parámetro, debido a que son fuentes de reacción lenta. La combinación de dolomita + yeso + MgO + RP mostró un incremento hasta de 1,5 unidades en la relación Ca:Mg a medida que disminuía la saturación de aluminio (Figura 7), debido a que en esta combinación se incluyen fuentes de alta reactividad con enmiendas de baja reactividad en el suelo, que presentan efectos graduales en la relación Ca:Mg.

Figura 7. Efecto de la aplicación de enmiendas en la relación Ca:Mg del suelo.

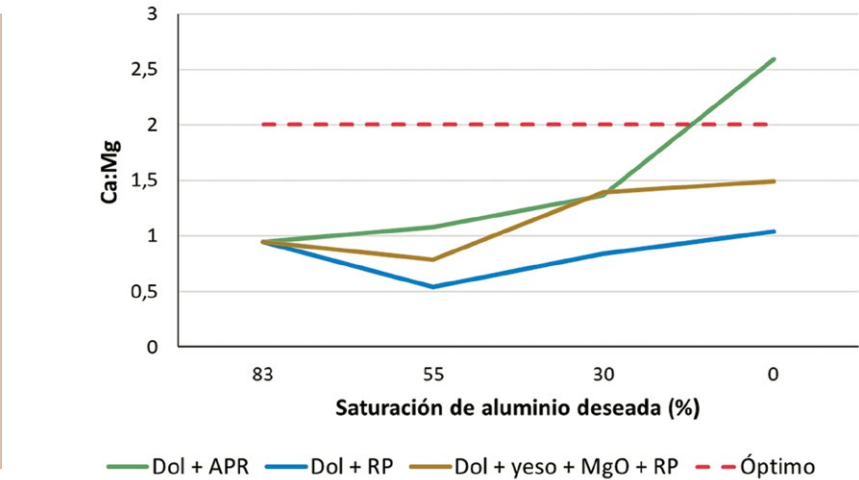


Tabla 5. Análisis de los cambios químicos inducidos por las combinaciones de enmiendas al suelo.

Enmiendas	Sat Al.	Sat Ca	Sat. Mg	P	pH	Ca/Mg
Dol + APR	+	+	+	+	+	+
Dol + RP	+	+	+	+	+	0
Dol + Yeso + MgO + RP	+	+	+	+	+	+

A manera de síntesis, la Tabla 5 presenta los cambios obtenidos en el suelo con la aplicación de las diferentes combinaciones de enmiendas en los seis meses de duración de las pruebas. De esta forma se confirma que las enmiendas seleccionadas técnicamente de acuerdo con las características químicas y su diagnóstico, permitieron obtener cambios positivos en el suelo, acordes con los objetivos que se plantearon inicialmente.

Efecto de la aplicación de enmiendas en la masa seca radical

Uno de los parámetros evaluados de mayor interés en cuanto a la búsqueda de un indicador biológico de corto plazo en las pruebas de reactividad de enmiendas fue la masa seca radical. En este sentido, se observó que con la aplicación de las combinaciones cal dolomita + APR y cal dolomita + RP, la biomasa radical se incrementó significativamente a medida que se redujeron las saturaciones de aluminio en el suelo. En la combinación de cal dolomita + yeso + MgO + RP estos incrementos no fueron evidentes, dándose únicamente en las dosis de aplicación más

altas. Estos resultados permiten confirmar que altas saturaciones de aluminio en el suelo pueden afectar negativamente el desarrollo radical de la palma de aceite con posibles efectos en la toma de agua y nutrientes por la planta. Así mismo, se pudo validar el uso del método de las bolsas de muestreo en pruebas de reactividad de enmiendas, con el beneficio adicional de incluir al sistema radical como indicador biológico de respuesta a corto plazo (Figura 8).

Valor económico de las propuestas de manejo de enmiendas

Los resultados obtenidos en las PRE permitieron observar que existe una gama amplia de opciones eficientes en el manejo de la acidez en las condiciones de Palmeras de Yarima S. A. La combinación de las fuentes y dosis aplicadas y sus efectos medidos en el suelo le permiten a la plantación incluir el factor económico en la selección de la mejor opción a aplicar en el futuro. En la Figura 9 se observa el resumen de los costos de cada una de las combinaciones de enmiendas y los niveles de saturación de aluminio deseado. Los costos estimados muestran valores significativamente diferentes entre las propuestas evaluadas. A pesar de esto, el uso de estas enmiendas se considera viable en las condiciones de la plantación, si se tiene en cuenta que se pueden realizar ajustes en las aplicaciones. Las modificaciones contempladas incluyen realizar la aplicación en áreas específicas de los lotes (interlíneas, calles de no tráfico) y la necesidad de incorporación de las enmiendas, donde la opción con yeso es atractiva debido a que se puede aplicar en superficie sin afectar los beneficios de la enmienda. Otra alternativa consiste en establecer el uso de cada enmienda de acuerdo con las UMAS de la plantación, considerando la topografía, la logística de aplicación y los niveles de saturación actual de aluminio, priorizando el uso de las enmiendas de diferente velocidad de reacción en las zonas de más alta saturación y las de menor reactividad en las zonas donde la saturación de aluminio se encuentre en niveles mas tolerables. Adicionalmente se puede incluir el área a impactar por cada nivel de saturación de aluminio actual, debido a que a mayor área se necesitará mayor cantidad de enmienda y el factor económico será más relevante en la selección de las enmiendas.

Figura 8. Respuesta de la biomasa radical a la aplicación de enmiendas en pruebas de reactividad de campo

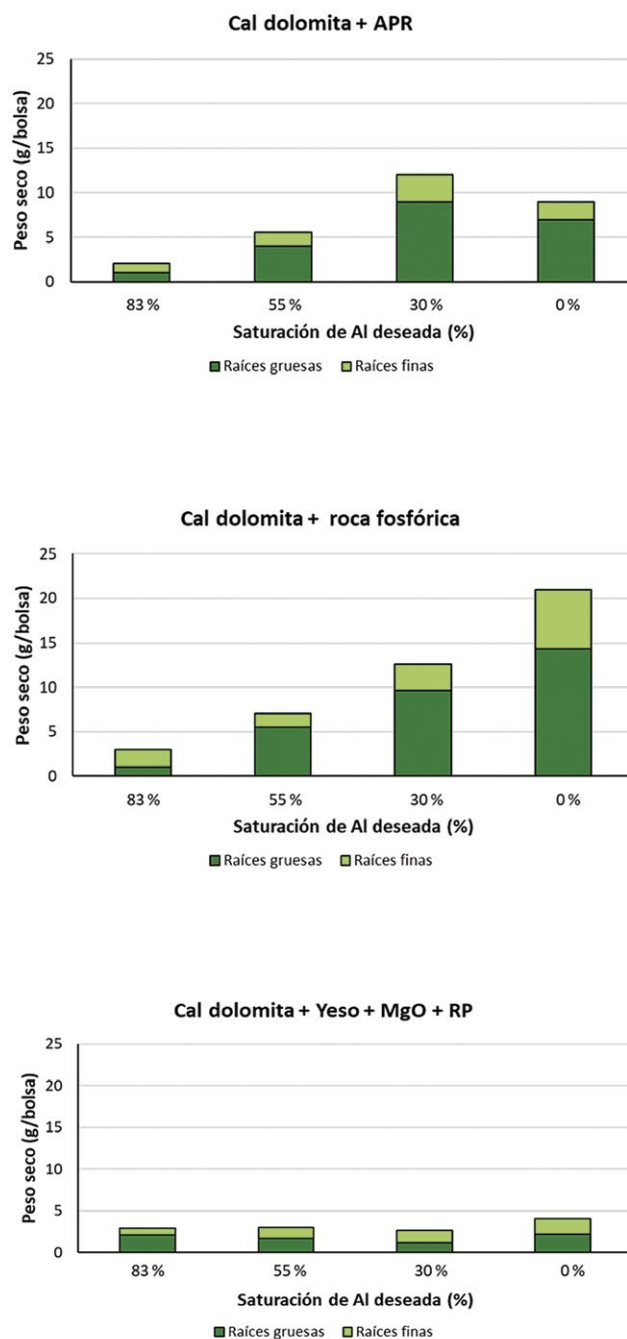
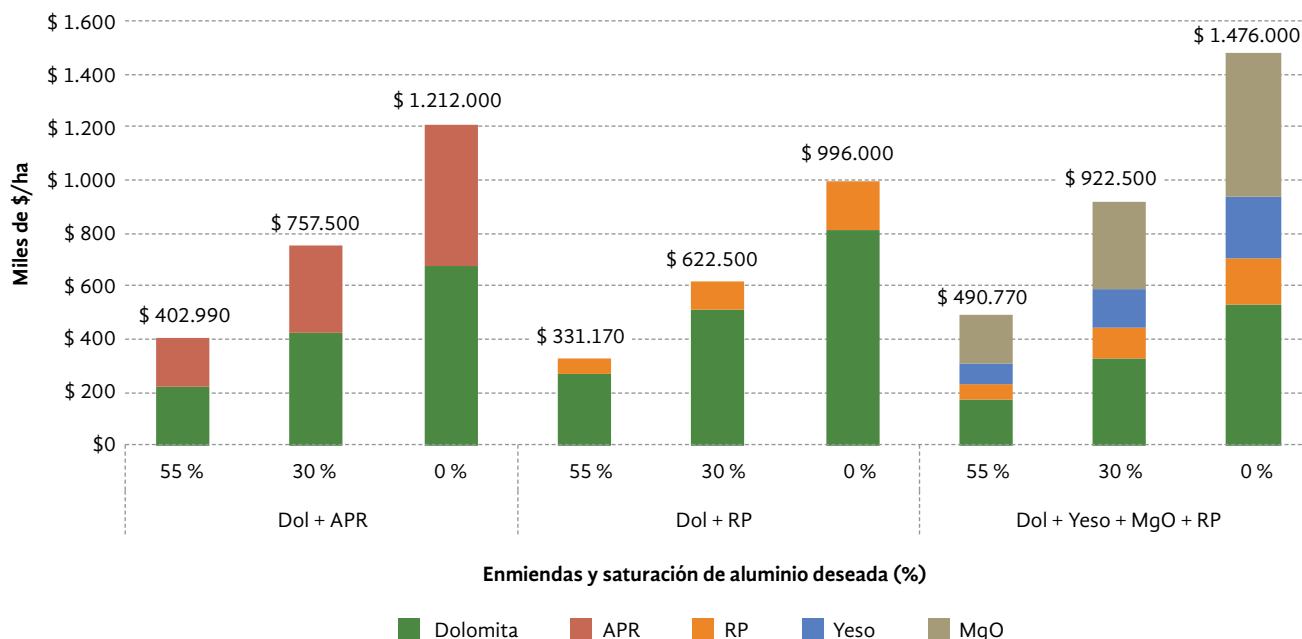


Figura 9. Costo de las enmiendas propuestas para cada nivel de saturación de aluminio deseado



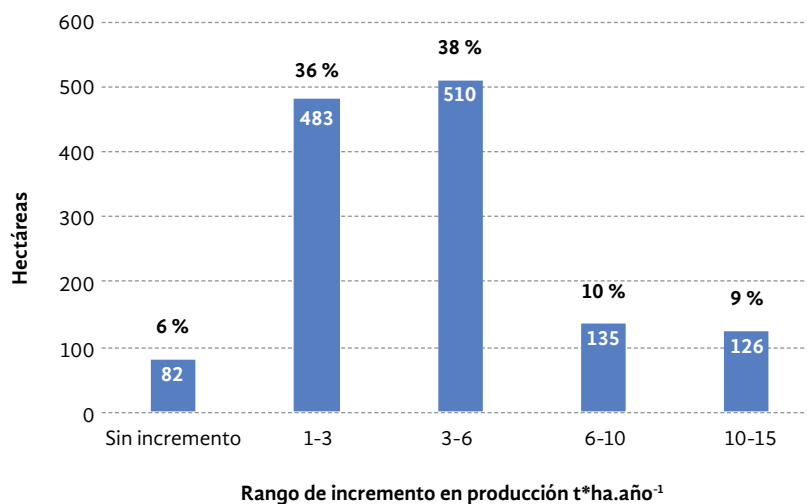
Efectos de la aplicación de enmiendas en los suelos y la producción a escala comercial

Paralelamente a las pruebas realizadas, en la plantación Palmeras de Yarima S. A. se ha implementado un plan de aplicación de enmiendas desde hace 4 años, en los cuales se han evidenciado cambios positivos en las propiedades químicas del suelo y la producción. Estas aplicaciones se han realizado en 1.336 hectáreas, de las cuales tan solo el 6 % no han mos-

trado incrementos en la producción. El 94 % restante aumentó de 1 hasta 15 t/ha*año como se muestra en la Figura 10.

Los lotes que no han presentado incrementos en la producción corresponden a áreas en las cuales la tecnología ha sido aplicada recientemente (<2 años de aplicación). Por lo tanto, los efectos de las enmiendas solo se han observado en las propiedades químicas del suelo, siendo evidente la reducción en las saturaciones de aluminio y el mejoramiento en el balance de bases y los contenidos de fósforo (Figura 11).

Figura 10. Incrementos en la producción de racimos de fruta fresca en áreas con manejo de enmiendas

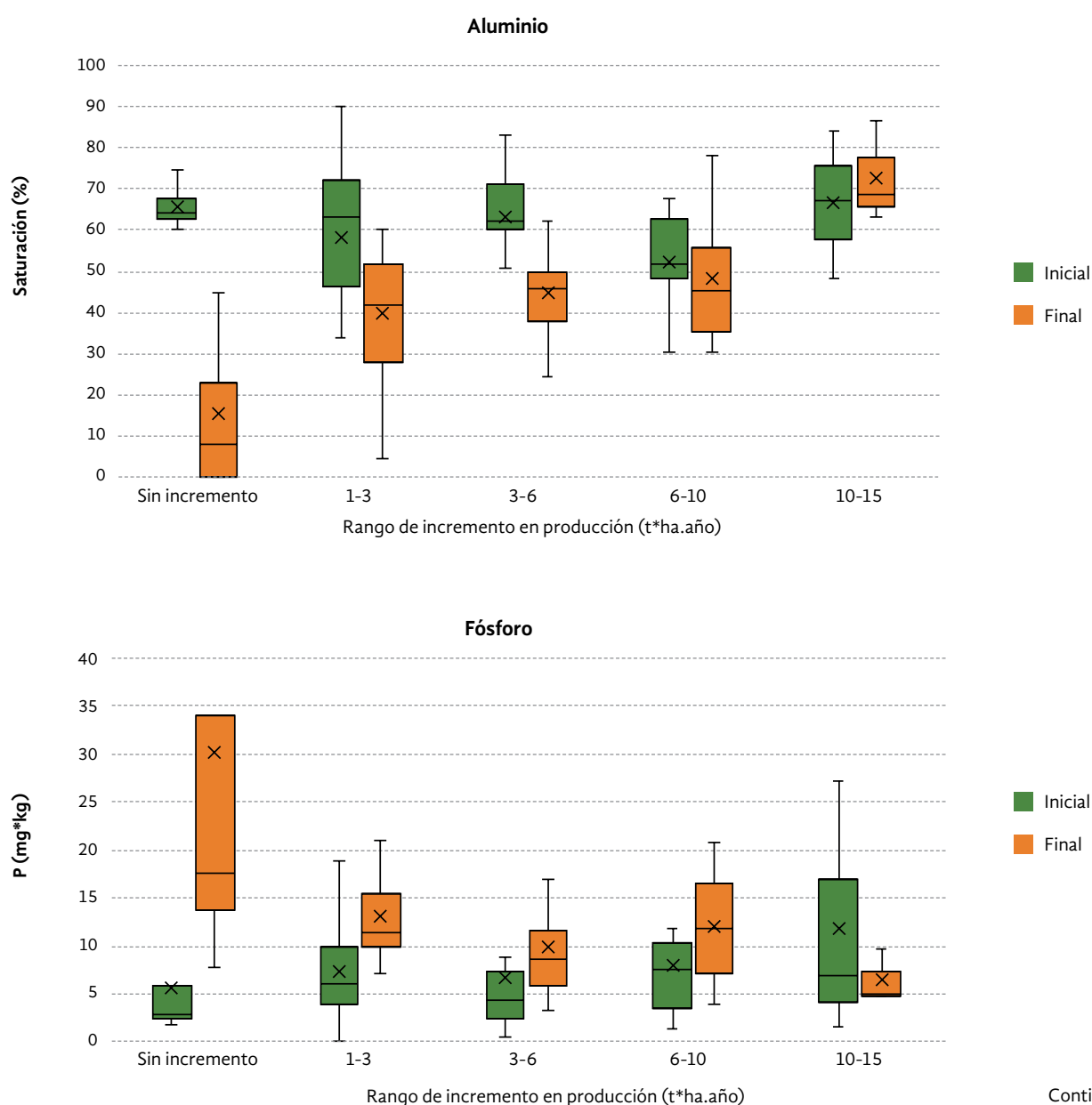


Por otra parte, en los lotes con incrementos en producción de 1 hasta 10 t*ha⁻¹, las aplicaciones se realizaron de 2 a 3 años atrás y, al igual que en el caso anterior, su efecto se observa en la reducción de las saturaciones de aluminio y el incremento en los contenidos de Ca, Mg y P después de este tiempo (Figura 11).

Los lotes con incrementos >10 t*ha⁻¹ fueron los primeros en ser intervenidos con las enmiendas 4 años atrás. Los resultados de los análisis de suelos

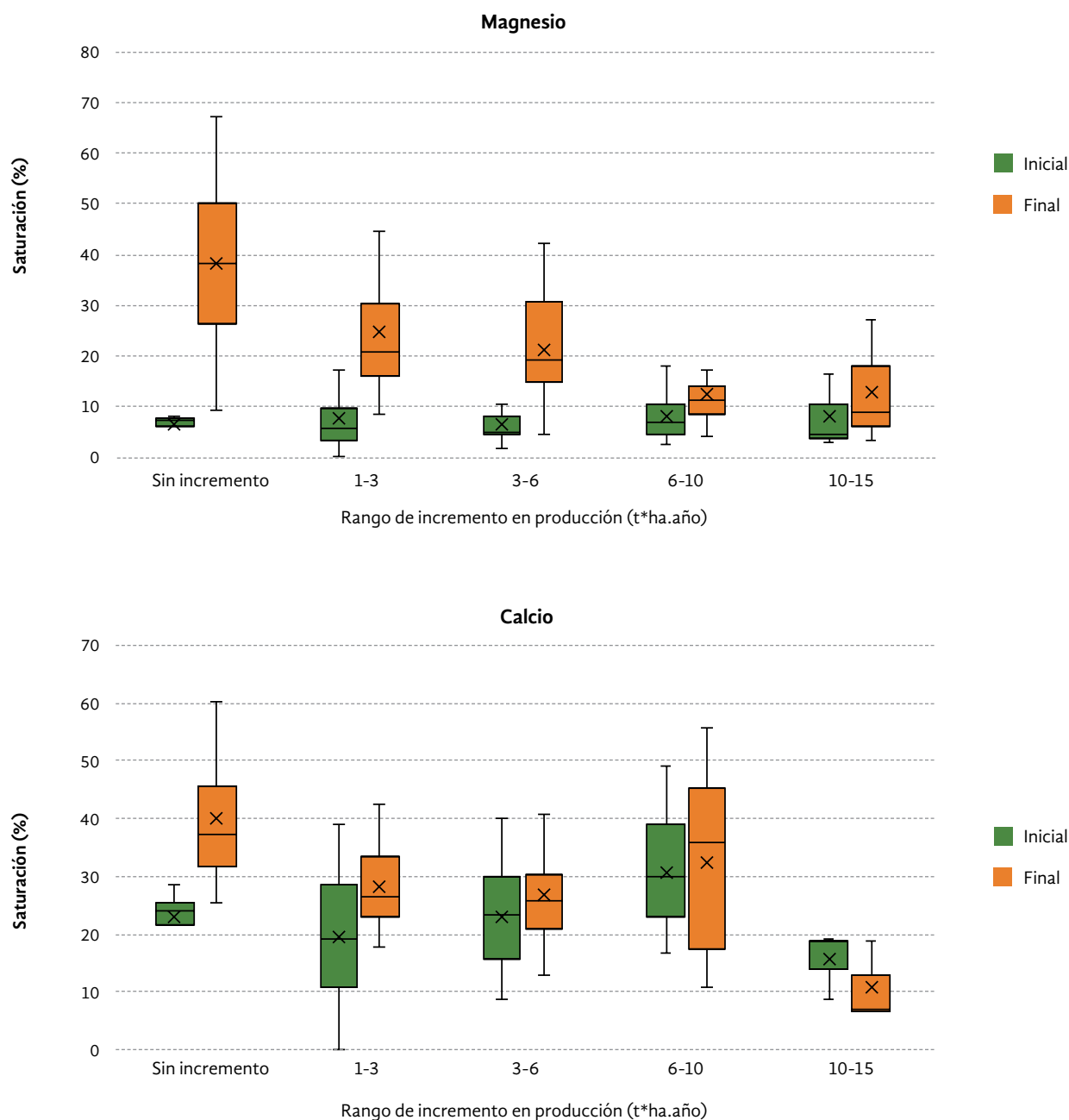
muestran que actualmente este volvió a su condición original, haciendo necesaria la aplicación de enmiendas nuevamente para que la producción se mantuviera en los niveles actuales. En general, la experiencia en el manejo de la acidez en la plantación Palmeras de Yarima S. A. ha sido positiva y ha permitido validar el mejoramiento de la fertilidad del suelo como factor determinante de la productividad en las condiciones de la Zona Central (Figura 11).

Figura 11. Cambios obtenidos en el suelo y su relación con la productividad por efecto de aplicaciones de enmiendas a escala comercial.



Continúa

Figura 11. Cambios obtenidos en el suelo y su relación con la productividad por efecto de aplicaciones de enmiendas a escala comercial.



Conclusiones

La experiencia obtenida por Palmeras de Yarima S. A. en el manejo de la acidez del suelo, basada en criterios técnicos de diagnóstico y recomendación de enmiendas permite concluir:

Las pruebas de reactividad de enmiendas mediante la metodología de bolsas de muestreo es una alternativa viable para la selección de fuentes y dosis adecuadas en condiciones de campo, que permite evaluar de manera integral los efectos de las enmiendas en el suelo y sus repercusiones en el sistema ra-

dical de la palma a corto plazo bajo las condiciones ambientales de la zona.

La combinación de enmiendas de diferente origen, composición y reactividad, hacen más efectivo el mejoramiento químico de suelos ácidos desaturados, presentándose efectos positivos en la reducción del aluminio intercambiable y el incremento de los contenidos de Ca, Mg y P en comparación con las condiciones iniciales del suelo.

A partir de las PRE realizadas con esta metodología se pueden seleccionar las fuentes y dosis ade-

cuadas a las condiciones específicas de la plantación, incluyendo aspectos técnicos y económicos.

La implementación del plan de manejo de la acidez mediante la aplicación de enmiendas en la plantación Palmeras de Yarima S. A. ha permitido el mejoramiento gradual de la fertilidad del suelo con repercusiones positivas en la productividad del cultivo. Por lo tanto, los esquemas de manejo que incluyan este tipo de tecnologías son viables y pueden aportar a la competitividad del cultivo dentro de un ambiente de sostenibilidad.

Bibliografía

- Agamuthu, P. & Broughton, W. J. (1986). Factors Affecting the Development of the Rooting System in Young Oil Palms (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 17, 173-179.
- Albertazzi, H., Chinchilla, C. & Ramírez, C. (2009). Dinámica del sistema radical de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en respuesta a la fertilización mineral y orgánica en suelos de áreas afectadas por Purdrición del cogollo. *ASD Oil Palm Papers*, 33, 40-47 p.
- Álvarez I., Sam, O. & Reynaldo, I. (2005). Cambios inducidos por el aluminio en la morfogénesis radicular del arroz. *Cultivos Tropicales*, 26(1), 21-25.
- Arias, N. & Múnevar, F. (2004). Caracterización de la fertilidad de los suelos de la Zona Central palmera de Colombia. *Palmas*, 25(4), 135-147.
- Barceló, J. & Poschenrieder, C. (2002). Fast Root Growth Responses, Root Exudates, and Internal Detoxification as Clues to the Mechanisms of Aluminum Toxicity and Resistance: A review. *Environmental & Experimental Botany*, 48(1), 75-92.
- Böhm, W. (1979). *Methods of Studying Root Systems*. Springer-Verlag: Berlín. 190 p.
- Castro, H. & Gómez, M. (2010). Fertilidad de suelos y fertilizantes. En: *Ciencia del suelo. Principios Básicos*. Eds. Mojica y Burbano. Bogotá: Ed. Guadalupe S. A. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p.217-303.
- Corley, R. H. V. & Tinker, P. B. H. (2003). *The Oil Palm*. 4th Ed. London, UK: Blackwell Science.
- Cristancho, J., Hanafi, M., Syed, R. & Rafii, M. (2010). Variations in Oil Palm (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Progeny Response to High Aluminum Concentrations in Solution Culture. *Plant Biology*, 13(2), 33-42.

- Cristancho, J., Munévar, F., Acosta, A., Santacruz, L. & Torres, M. (2007). Relación de las características edáficas y el desarrollo del sistema de raíces de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq). *Palmas*, 28(1), 21-29.
- Goh, K. J. & Hardter, R. (2003). General Oil Palm Nutrition. En Fairhurst, T. H. y Hardter, R. (Eds.). *Managing Oil Palms for Large and Sustainable Yields*, Singapur: PPI/PPIC-IPI. pp. 191-230.
- Jourdan, C. & Rey, H. (1997). Modeling and Simulation of the Architecture and Development of the Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Root System. I. The Model. *Plant and Soil*, 190, 217-233.
- Liao, H., Wan, H., Sha', J., Wang, X., Yan, X. & Kochian, L. (2006). Phosphorus and Aluminum Interactions in Soybean in Relation to Aluminum Tolerance. Exudation of Specific Organic Acids from Different Regions of the Intact Root System. *Plant Physiology*, 141, 674-684.
- Ma, J., Ryan, P. & Delhaize, E. (2001). Aluminum Tolerance in Plants and the Complexing Role of Organic Acids. *Trends in Plant Science*, 6(6), 273-278.
- Malagón-Castro, D. (2003). Ensayo sobre tipología de suelos colombianos. Énfasis en génesis y aspectos ambientales. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 27(104): 319-341. ISSN 0370-3908.
- Molina, E. (1998). Encalado para corrección de la acidez del suelo. San José de Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo: . 45 p.
- Munévar, F. (1998). Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 19 (Especial), 218-228 p.
- Osorno, H. (2012). Mitos y realidades de las cales y enmiendas en Colombia. Trabajo de grado. Pag 7.

Relación de las demás presentaciones del Módulo 1, Nutrición y manejo del agua, factores determinantes en el cultivo de palma de aceite, y del Módulo 2, Plantas de beneficio eficientes para incrementar calidad de aceite y sostenibilidad

Other Presentations of Module 1. Nutrition and Water Management, Determining Factors in Oil Palm Cultivation, And Module 2. Efficient Mills for Increased Oil Quality and Sustainability

□ Ponencia

Análisis de la variabilidad climática, caso de estudio Unipalma de los Llanos S. A.

Ponente

Heyder Andrés Rojas Vargas, Profesional de apoyo, Ingeniero Agrícola de Unipalma de los Llanos S. A.

□ Ponencia

Afectación del déficit hídrico en las actuales producciones del cultivo. Caso de estudio

Ponente

Erwin Leandro Lemus Rodríguez, Jefe de Asistencia Técnica Proveedores de Fruto de Manuelita Aceites y Energía S. A.

□ Ponencia

Tecnologías de manejo específico por sitio aplicadas a la nutrición de la palma de aceite

Ponente

Víctor Orlando Rincón Romero, Investigador Asociado Zona Oriental de Cenipalma

Módulo 2. Plantas de beneficio eficientes para incrementar calidad de aceite y sostenibilidad

□ Ponencia

Optimización del tratamiento de agua para uso industrial en Extractora Central S. A.

Ponente

Laura Marcela Donado Villamizar, Subdirectora Planta de Beneficio de Extractora Central S. A.

□ Ponencia

Estrategias para el cierre de brechas agroindustriales en Extractora Monterrey S. A. S.

Ponente

Jorge Mendoza Botia, Director de Planta de Beneficio de Extractora Monterrey S. A.

□ Ponencia

Determinación de la cantidad y calidad de aceite, usando la herramienta PIA en línea como camino hacia la excelencia productiva del gremio

Ponente

José Mauricio García Quiroz, Investigación y Desarrollo de Agroince Ltda.

□ Ponencia

La inteligencia artificial y tecnologías 4.0 para la optimización de la calificación de racimos y automatización de procesos en planta de beneficio

Ponente

César Augusto Díaz Rangel, Asistente de Investigación Zona Central de Cenipalma

□ Ponencia

Información estratégica para la toma de decisiones en planta extractora

Ponente

Sebastián Arango Uribe, Gerente de Planta Extractora de Oleo Inversiones S. A. S. Zomac

□ Ponencia

Uso en enzimas en el procesamiento de RFF en planta de beneficio

Ponente

Manuel Rodrigo Aguirre Moreno, Director de Planta Extractora de Extractora Sur del Casanare S. A. S.

□ Ponencia

Estrategia para la disminución del costo de mantenimiento en planta extractora

Ponente

Wilson Fernando Garavito Jiménez, Subgerente de Planta Extractora y Palmas Sicarare S. A. S.

□ Ponencia

Metodología para medición del potencial industrial de aceite en Padelma Ltda.

Ponente

Mario Gutiérrez Ruiz, Director de Planta de Beneficio Padelma Ltda.

□ Ponencia

Producción de epóxidos y polioles a partir de aceite de palma alto oleico

Ponente

Álvaro Orjuela Londoño, Profesor del departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia

Ganancia en biodiversidad en los bosques riparios en un proyecto palmero

Biodiversity Gain in Riparian Forests in an Oil Palm Project

CITACIÓN: Fandiño-L., E. & Conbatt-L., A. (2022). Ganancia en biodiversidad en los bosques riparios que acompañan un proyecto palmero. *Palmas*, 43(1), 119-128.

PALABRAS CLAVE: Biodiversidad, Bancos de Hábitat, Poligrow Colombia S. A. S., Restauración de ecosistemas, Mapiripán, Palma de aceite

KEYWORDS: Biodiversity, Habitat Banks, Poligrow Colombia S. A. S., Restoration of ecosystems, Mapiripán, Oil palm.

FANDIÑO L. EMILIO
Líder Ambiental de Poligrow
Colombia S. A. S.

COMBATT LINDO ANTHONY
Asesor de Poligrow en Estrategias
Complementarias de Conservación

Resumen

La implementación de estrategias de conservación complementarias es hoy una necesidad mundial para detener los impactos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad. Hacerlo simultáneamente en un proyecto agroindustrial requiere de un planteamiento medible y cuantificable. Poligrow Colombia S. A. S. ha realizado estudios de fauna y flora durante los últimos 12 años en su proyecto palmero en Mapiripán, Meta, y recientemente se ha planteado un proyecto de ganancia en biodiversidad que busca ser registrado como Bancos de Hábitat Poligrow Colombia (BHPC) para de esta forma cumplir los objetivos de conservación plantea-

dos y demostrar con cortes anuales los avances en las acciones para la preservación y restauración de bosques de galería y morichal, la conservación de la fauna amenazada sujeta a la caza y el tráfico ilegal y, por último, la propagación de plantas epífitas. Se espera con la implementación del proyecto lograr una producción sostenible acompañada de la ganancia en biodiversidad.

Abstract

The implementation of complementary conservation strategies is today a global necessity to stop climate change impacts as well as biodiversity loss. Doing it simultaneously in an agro-industrial project requires a measurable and quantifiable approach. Poligrow Colombia S. A. S., has carried out fauna and flora studies during the last 12 years in its oil palm project in Mapiripán, Meta. Additionally, last year an innovative biodiversity gain project has been proposed and is being implemented: a Habitat Bank. Throughout this project, the proposed conservation objectives will be achieved and monitored annually, offering scientific evidence to demonstrate progress in preservation and restoration of gallery forests and morichales, conservation of threatened fauna subject to hunting and illegal traffic and finally in the propagation of epiphytes. With the implementation of the project, it is expected the company will achieve a sustainable production accompanied by real biodiversity gain.

La visión posterior a 2020, en un Marco Mundial de la Diversidad Biológica, se concentra en la utilización racional de los recursos al valorar, conservar y restaurar los ecosistemas y mantener los servicios ecosistémicos. Según el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), es necesario intensificar las iniciativas destinadas a conservar y restaurar la diversidad biológica en todos los niveles, usando enfoques que dependerán del contexto local. El Convenio sugiere, entre otras cosas, lograr transformaciones en la producción de bienes y servicios, especialmente de alimentos, lo que incluye adoptar métodos agrícolas que puedan satisfacer la creciente demanda mundial, ocasionando menos impactos negativos en el medio ambiente y reduciendo las presiones para convertir más tierras para la producción.

Poligrow Colombia S. A. S. es una empresa dedicada al desarrollo de un proyecto agroindustrial rentable, escalable, sostenible, inclusivo y benéfico para el desarrollo del municipio de Mapiripán (Meta, Colombia). Cuenta con 7.000 ha de palma africana sembradas en los predios Barandales, Macondo y Toninas, sin requerir aprovechamientos forestales ni talas de ningún tipo y, por el contrario, ha sembrado nuevos árboles en más de 396 ha, a la fecha.

Luego de 12 años de monitoreos de fauna y flora al interior de las fincas Barandales, Macondo y Toninas se pretende incorporar una estrategia complementa-

ria de conservación denominada Bancos de Hábitat Poligrow Colombia (BHPC), en el cual se buscará la ganancia en biodiversidad basada en actividades de preservación y restauración al interior de los predios del proyecto palmero.

Los bancos de hábitat son conocidos también en otros lugares del mundo como bancos de conservación o bancos de mitigación. En Colombia se encuentran regulados por la Resolución 1051 emitida en 2017 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Estas estrategias complementarias de conservación que se utilizan como un mecanismo alternativo de conservación de ecosistemas, de alguna especie o de grupos de especies, tuvo su origen en la década de los ochenta en los Estados Unidos, y actualmente se llevan a cabo en países como Australia, Alemania y Malasia.

El proyecto palmero de Poligrow, se encuentra al interior de predios con ecosistemas de bosques riparios con alto valor de conservación y ofrece la posibilidad de ejecutar estrategias de preservación y restauración que serán financiadas de forma voluntaria por la empresa.

Para lograr los resultados esperados, se han establecido áreas efectivas de conservación basadas en la clasificación de coberturas a partir de imágenes satelitales de alta resolución y una línea base biótica definida con la información de los monitoreos y estudios

que la compañía ha realizado durante los 12 años de operación. Al interior de estas, se han estimado áreas de preservación y restauración donde serán ejecutadas actividades para el cumplimiento de los objetivos de conservación, construidos en función a objetos de conservación que garanticen la viabilidad en los resultados de ganancia en biodiversidad.

Este proyecto es una estrategia complementaria de conservación de iniciativa privada con recursos, tecnologías y personal especializado que requiere de inversiones para su operación durante al menos los próximos 20 años, las cuales serán proporcionadas por la compañía Poligrow Colombia S. A. S como parte de su proyecto agroindustrial sostenible. Lo que genera un valor adicional a los esfuerzos en el cuidado del ambiente y la comunidad, que esta empresa ha venido realizando desde 2008.

El departamento del Meta cuenta con cinco áreas protegidas nacionales, una veintena de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, algunas áreas protegidas regionales y el primer banco de hábitat de Latinoamérica, ubicado en el municipio de San Martín. Todas las estrategias de conservación son necesarias para la región y convergen en un objetivo principal, generar conectividad ecológica para contrarrestar la fragmentación de los bosques, el deterioro de las rondas hídricas y la pérdida de biodiversidad.

El BHPC se localiza en el municipio de Mapiripán, al suroriente del departamento del Meta, en la región de la Orinoquia, al interior de los predios Barandales, Macondo y Toninas que cuentan con una extensión total de aproximadamente 9.700 ha (Figura 1). Actualmente se encuentra en proceso de registro ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, siguiendo los requisitos y condiciones establecidos en la Resolución 1051 de 2017.

Las áreas efectivas de conservación estimadas para las actividades de preservación y restauración corresponden a las coberturas de bosque de galería que incluyen morichal o palmares. En total para los 3 predios (Barandales, Macondo y Toninas) el BHPC cuenta con 1.572,38 ha de dichas áreas (Figuras 2, 3 y 4).

Los bosques presentes en los predios de Poligrow Colombia S. A. S., siempre asociados a cuerpos de agua (caños y tributarios), conectan el interior de los predios de la empresa con los ecosistemas naturales de la región, por lo cual se determinó que dichas coberturas conformaran las áreas efectivas para la conservación, donde a su vez se identificaran las áreas de actividad de preservación y restauración para el cumplimiento de los objetivos de conservación planteados para la operación del proyecto BHPC.

Figura 1. Mapa de localización general de los predios Barandales, Macondo y Toninas

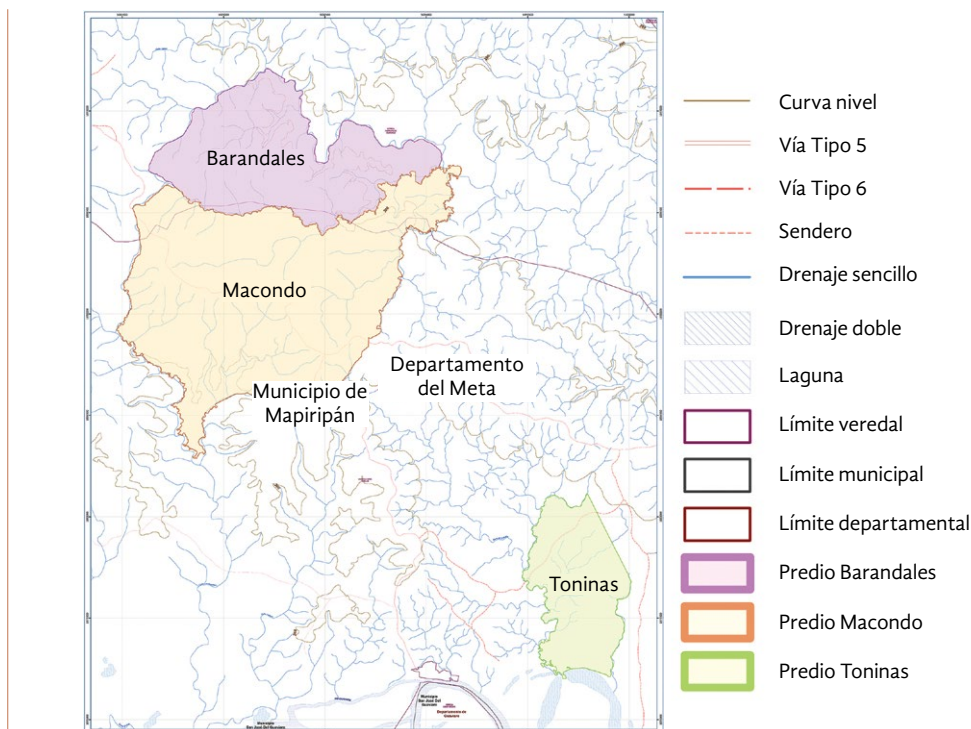


Figura 2. Mapa áreas efectivas de conservación en el predio Barandales. Se muestran las áreas de preservación y restauración

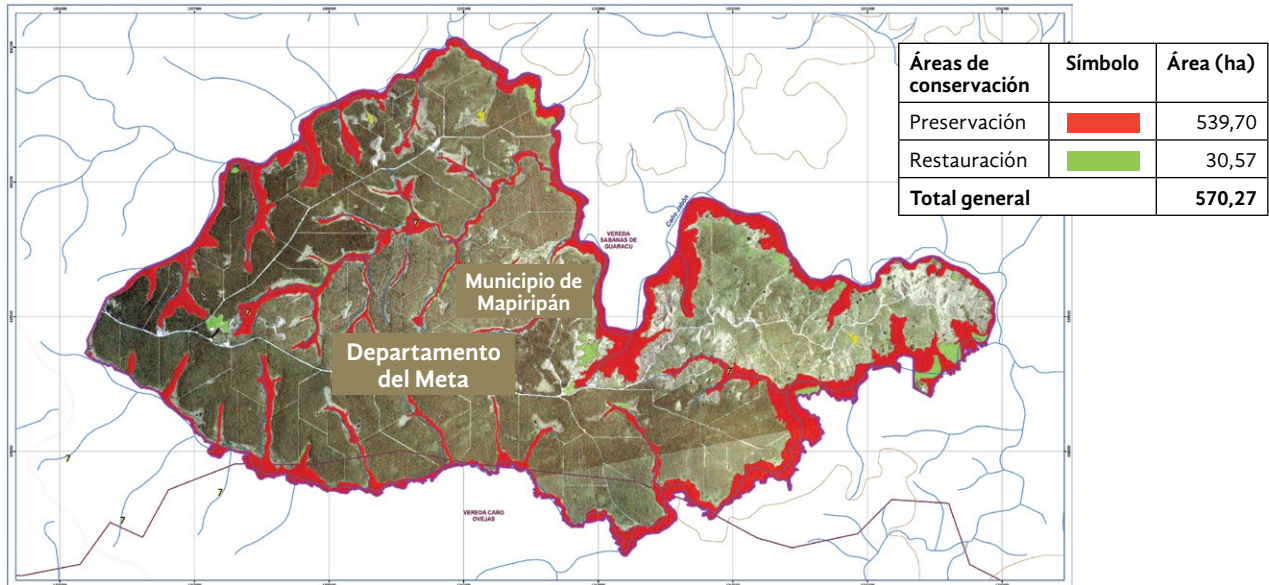


Figura 3. Mapa áreas efectivas de conservación en el predio Macondo. Se muestran las áreas de preservación y restauración

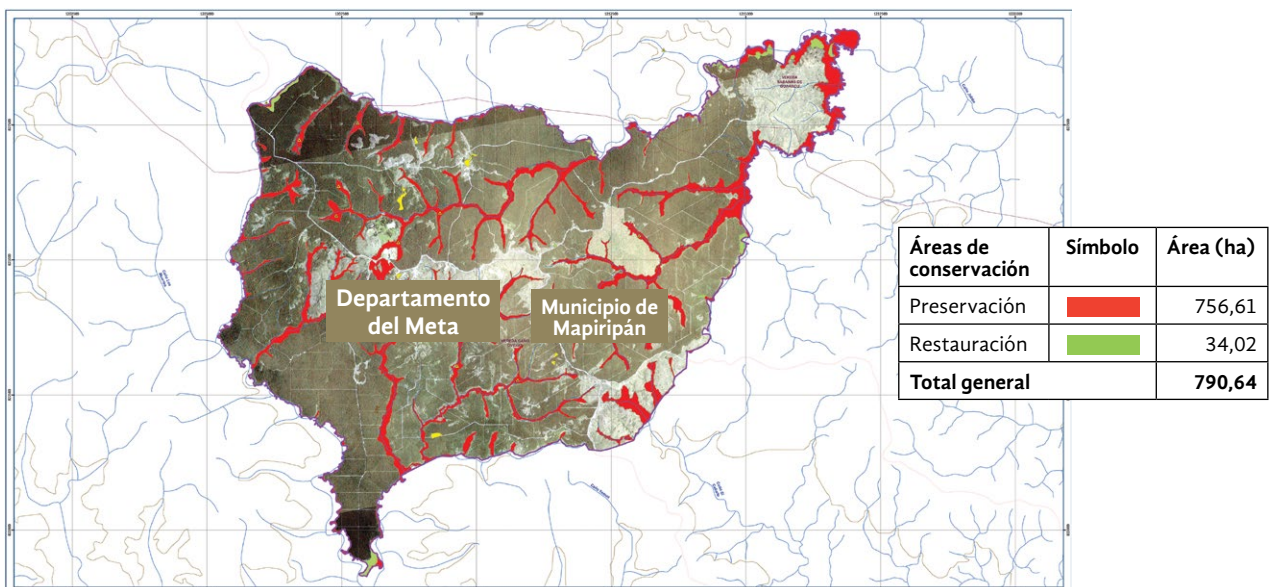
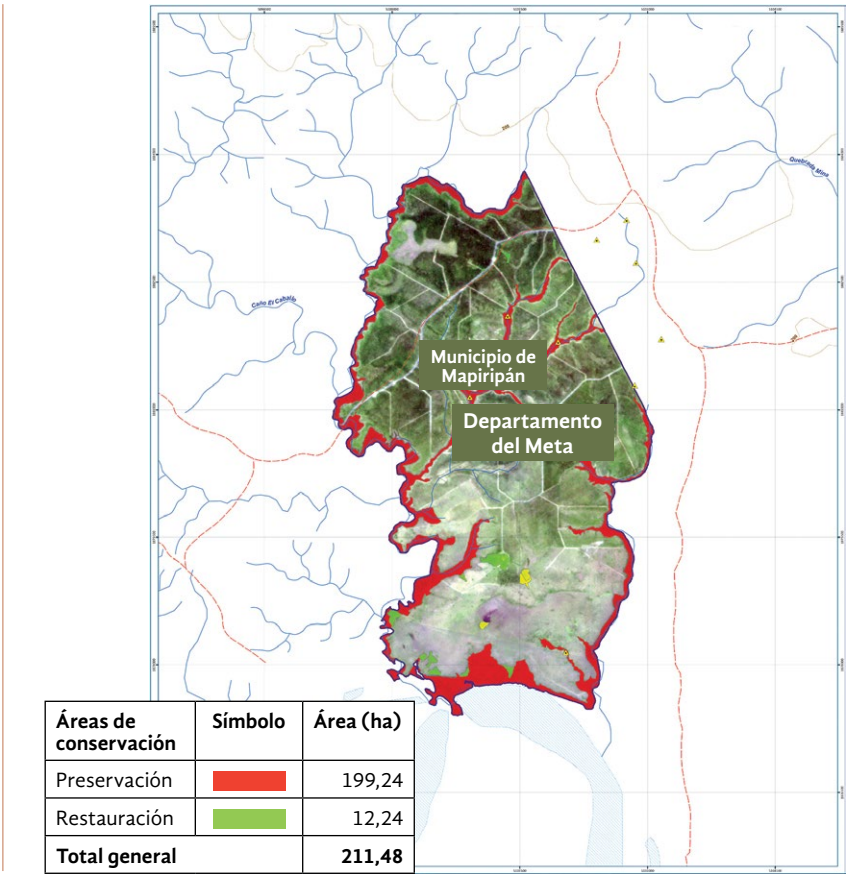


Figura 4. Mapa áreas efectivas de conservación en el predio Toninas. Se muestran las áreas de preservación y restauración



Especies de flora amenazadas, presentes en el BHPC

De acuerdo con la información levantada en los monitoreos realizados en 2020 para los predios Macondo, Barandales y Toninas, la cual fue utilizada en la construcción de la línea base del Banco de Hábitat, y

el trabajo presentado en 2020 por la empresa BioAp titulado *Reporte de evaluación altos valores de conservación AVC* para la empresa Poligrow Colombia S. A. S., se obtuvo el registro de siete especies de flora en alguna categoría de amenaza entre las cuales se encontraron cuatro orquídeas, una bromelia y dos árboles (Tabla 1).

Tabla 1. Flora amenazada

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Categoría riesgo nacional										Categoría riesgo mundial							
			Res. 1912 de 2017			Libro rojo							CITES				IUCN			
			VU	EN	CR	LC	NT	VU	EN	CR			I	II	III	LC	NT	VU	EN	CR
Flora	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro								X					X			X		
	<i>Minquartia guianensis</i>	Cuyubí																X		
	<i>Aechmea stenosepala</i>	Quiche	X							X										
	<i>Bifrenaria longicornis</i>	Orquídea													X					
	<i>Catasetum × roseo-album</i>	Orquídea													X					
	<i>Epidendrum myrmecophorum</i>	Orquídea													X					
	<i>Scaphyglottis stellata</i>	Orquídea													X					

Especies de fauna amenazadas

Como resultado del mismo trabajo realizado en 2020, se obtuvo el registro de 45 especies de fauna terrestre en alguna categoría nacional (Res. 1912 de 2017, Libro rojo) y/o Mundial (CITES, IUCN) de amenaza entre las cuales se encuentran 15 especies de mamíferos, 5 especies de reptiles y 25 especies de aves (Tabla 2).

Objetos de conservación para el Banco de Hábitat

Bosques de galería y morichal

Estos importantes reservorios de biodiversidad están presentes en los tres predios (Barandales, Macondo y Toninas) y corresponden a las coberturas identificadas en el BHPC, como las áreas efectivas de conservación.

Tabla 2. Listado de especies en alguna categoría de amenaza

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo nacional									Categoría de riesgo mundial								
			Res. 1912 de 2017			Libro rojo						CITES			IUCN					
			VU	EN	CR	LC	NT	VU	EN	CR	I	II	III	LC	NT	VU	EN	CR		
Mamíferos	<i>Alouatta seniculus</i>	Cotudo										X		X						
	<i>Cebus albifrons</i>	Capuchino frente blanca												X						
	<i>Cebus apella</i>	Capuchino de cazeza dura												X						
	<i>Leopardus pardalis</i>	Ocelote					X				X			X						
	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Oso palmero	X					X				X				X				
	<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca			X				X					X						
	<i>Priodontes maximus</i>	Ocarro		X					X		X					X				
	<i>Puma concolor</i>	León					X					X		X						
	<i>Saimiri sciureus</i>	Tití										X		X						
	<i>Sapajus apella</i>	Maicero										X		X						
	<i>Tamandua tetradactyla</i>	Oso mielero										X								
	<i>Tapirus terrestris</i>	Danta			X					X		X				X				
	<i>Tayassu pecari</i>	Cafuche										X				X				
	<i>Dasypus sabanicola</i>	Armadillo													X					
	<i>Lagothrix lagotricha</i>	Churuco	X				X					X				X				
Reptiles	<i>Iguana iguana</i>	Iguana										X		X						
	<i>Podocnemis vogli</i>	Tortuga de río/Galápagas				X						X								
	<i>Podocnemis unifilis</i>	Terecay			X							X				X				
	<i>Chelonoidis carbonaria</i>	Tortuga morrocoy			X							X								
	<i>Tupinambis teguixin</i>	Lobo pollero										X		X						

Continúa

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Categoría de riesgo nacional									Categoría de riesgo mundial								
			Res. 1912 de 2017			Libro rojo						CITES			IUCN					
			VU	EN	CR	LC	NT	VU	EN	CR	I	II	III	LC	NT	VU	EN	CR		
Aves	<i>Milvago chimachima</i>	Chimachimá										X		X						
	<i>Ramphastos tucanus</i>	Tucán pechiblanco									X				X					
	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Buteo									X		X							
	<i>Amazilia versicolor</i>	Colibrí									X		X							
	<i>Amazilia brevirostris</i>	Colibrí									X		X							
	<i>Amazona amazonica</i>	Loro guaro									X		X							
	<i>Amazona ochrocephala</i>	Amazona real									X		X							
	<i>Anthracothonax nigricollis</i>	Colibrí									X		X							
	<i>Ara severus</i>	Lora cariseca									X		X							
	<i>Aratinga acuticaudata</i>	Aratinga Cabeciazul									X		X							
	<i>Aratinga pertinax</i>	Lora carisucia									X		X							
	<i>Athene cunicularia</i>	Curruco									X		X							
	<i>Buteo magnirostris</i>	Halcón									X		X							
	<i>Buteogallus meridionalis</i>	Busardo Sabanero									X		X							
	<i>Campephilus gayaquilensis</i>	Carpintero		X					X						X					
	<i>Caracara plancus</i>	Carraco									X		X							
	<i>Glaucid hirsutus</i>	Ermitaño canelo									X		X							
	<i>Herpetotheres cachinnans</i>	Halcón culebrero									X		X							
	<i>Ictinia plumbea</i>	Gavilán azulado grande									X		X							
	<i>Mitu tomentosum</i>	Paujil culicolorado													X					
	<i>Orthopsittaca manilata</i>	Guacamayo de vientre rojo									X		X							
	<i>Phaethornis longuemareus</i>	Ermitaño chico de pecho blanco									X		X							
	<i>Pionites melanocephalus</i>	Caique de cabeza negra									X		X							
	<i>Thamnophilus nigrocinereus</i>	Batará ceniciento													X					
	<i>Forpus conspicillatus</i>	Periquito de anteojos									X		X							

Los bosques de galería protegen los ríos y pequeñas corrientes, evitan la erosión, proveen un microclima que modera el ambiente acuático durante la época seca y albergan diversidad de especies, ofreciendo a pequeños mamíferos, peces y aves sitios de anidación y alimento (Fajardo *et al.*, 2000).

Estos ecosistemas son refugio ante amenazas incluso para las especies de otros hábitats, funcionan como corredores migratorios y son importantes para la recreación, la educación y el turismo de investigación. Sin embargo, la sobreexplotación de los recursos y el uso indebido de la tierra talando o quemando el bosque, y ubicando infraestructuras y otras prácticas sin contar con una estrategia que garantice su conservación, han reducido su integralidad.

El morichal o también llamado bosque de *Mauritia flexuosa* o palmares, debido a la abundancia de esta especie, se ubican generalmente sobre caños de primera categoría o en depresiones sabaneras cuya superficie permanece inundada, requiriendo así adaptaciones particulares debido al estrés continuo del agua por lo cual presentan una baja riqueza florística (Urrego *et al.*, 2013).

El suelo cenagoso de estos bosques facilita el establecimiento de reptiles, peces, anfibios y algunas aves como los loros que fabrican sus nidos en los troncos. Durante el verano otras aves aprovechan a los insectos, macroinvertebrados y el detritus expuesto para su alimentación.

La fauna herbívora del bosque determina cualitativa y cuantitativamente su composición vegetal y también pueden prevenir la colonización de otras especies vegetales. Por su parte algunos mamíferos dispersan las semillas del bosque hacia las sabanas y los insectívoros y carnívoros ejercen presiones de predación sobre las poblaciones de herbívoros y especies consumidoras de semillas.

De este objeto de conservación se espera que como resultado pueda mantener y mejorar su estado de salud, lo cual beneficiará tanto su estructura, composición y función como la preservación de las especies que contienen, refugian y los utilizan para su tránsito.

Especies de fauna amenazada y que son sujeto de capturas, caza y tráfico ilegal en la región

En los predios donde se establecerá el BHPC (Barandales, Macondo y Toninas) se han identificado más

de 45 especies de fauna en alguna categoría de riesgo nacional o mundial. Estas, se han agrupado en un solo objeto de conservación de tal forma que las actividades a desarrollar en su correspondiente objetivo de conservación sean en beneficio de las especies amenazadas presentes en la región, que pueden hacer uso de los servicios ecosistémicos presentes en las áreas efectivas de conservación.

Agrupación de especies epífitas

Estas plantas que han evolucionado para vivir sobre otras plantas y obtener los recursos que necesitan para desarrollarse, han modificado sus características morfológicas, anatómicas y fisiológicas para lograr, por ejemplo, captar, absorber y almacenar el agua, evitando además su pérdida y la de los solutos disueltos en ella.

Las epífitas al estratificarse verticalmente, desde los troncos de los árboles hasta las copas del dosel, ofrecen una gran variedad de nichos y recursos que son aprovechados por los diversos grupos de animales (hormigas, artrópodos, anfibios, aves, etc.) contribuyendo al buen incremento de la biodiversidad de las comunidades donde se encuentran (Ceja-Romero *et al.*, 2008).

Objetivos de conservación

El principal objetivo del BHPC es realizar acciones de preservación y restauración de ecosistemas de forma que se mejoren las condiciones de los hábitats y la protección de sus especies, aumentando así la diversidad biológica contenida en estos (Tabla 3). Las actividades para realizar por los próximos 20 años de operación están dirigidas al cumplimiento de los siguientes objetivos de conservación:

- Preservar 1.473,22 ha de bosque de galería y morichal que contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad de ecosistemas a escala local y regional.
- Restaurar 77,8 ha de bosque transformado al interior de las áreas efectivas de conservación en los predios del BHPC.
- Conservar especies de fauna que son sujeto de capturas, caza y tráfico ilegal mediante una estrategia comunitaria de conservación que permita disminuir su presión.

Tabla 3. Actividades del BHPC

				Cronograma e indicadores																			
Nombre del Proyecto				Bancos de Hábitat Poligrow Colombia																			
Objetivo general del proyecto				Realizar acciones de preservación y restauración de ecosistemas de forma que se mejoren las condiciones de los hábitats y la protección de sus especies aumentando así la diversidad biológica contenida en estos.																			
Plazo del proyecto				20 años																			
Objetivo general	Actividad	Indicador	Cant.	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20
Preservar 1.473,22 hectáreas de bosque de galería y morichal que contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad de ecosistemas a escala local y regional	Optimización protección física de los predios y áreas efectivas de conservación	Predios con protección física	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Análisis de riesgos para la preservación	Documento generado y aprobado	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Delimitación de áreas de preservación	Mapa y puntos marcados en campo	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Monitoreo de bosques	Monitoreos realizados y aprobados mediante informes	5	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	Capacitación para la preservación de los bosques	Talleres realizados	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Restaurar 77,8 hectáreas de bosque transformado al interior de las áreas efectivas de conservación en los predios del BHPC.	Delimitación áreas de restauración	Mapa y puntos marcados en campo	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Análisis de riesgos para la restauración	Documento generado y aprobado	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Montaje del vivero	Vivero en funcionamiento	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Capacitación restauración	Talleres realizados	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Manejo, selección de semillas y montaje de vivero	Semillas seleccionadas	10	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
	Siembra de árboles	Jornadas de árboles sembrados	10	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Mantenimiento y monitoreo	Jornadas realizadas	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Conservar especies de fauna que son sujeto de capturas, caza y tráfico ilegal mediante una estrategia comunitaria de conservación que permita disminuir su presión	Divulgación estrategia fauna amenazada	Talleres realizados	10	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	Capacitación fauna amenazada	Documento generado y aprobado	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Construcción de alianzas	Alianzas establecidas	2		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Monitoreo avifauna	Monitoreo por comunidad biológica	7	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
	Monitoreo mamíferos		7	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
	Monitoreo anfibios y reptiles		6	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	Programas de investigación	Estudios realizados y publicados	4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Manejo de fauna	Alianza establecida para el manejo de la fauna	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conservar y restaurar hábitats con agrupaciones de especies de epífitas mediante técnicas de reintroducción a los bosques identificados como intervenidos en las áreas efectivas del BHPC.	Inventario de epífitas y colecta de especímenes	Inventario realizado	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Continuidad y adecuación del epifitario	Epifitario en funcionamiento	5	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Folleto de epífitas	Folleto realizado	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Siembra y propagación de plantas	Propagaciones realizadas	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Selección de áreas de reintroducción y reintroducción en áreas efectivas de conservación	Semillas seleccionadas	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	Mantenimiento y monitoreo	Jornadas realizadas	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- Conservar y restaurar hábitats con agrupaciones de especies de epífitas mediante técnicas de reintroducción a los bosques identificados como intervenidos en las áreas efectivas del BHPC.

Resultados esperados

- 1.495,55 ha de cobertura de bosque de galería y morichal conservadas para el año 2040.
- 76,83 ha restauradas de bosque de galería y morichal para el año 2040.
- Incremento en la biodiversidad presente en las áreas efectivas de conservación demostrables a través del tiempo mediante muestreos de fauna y flora, a realizar por los próximos 20 años.
- La comunidad del municipio de Mapiripán más consciente sobre los aspectos importantes para la protección de especies amenazadas y la biodiversidad en general.
- Aumento en la frecuencia de avistamientos de las especies objeto de conservación y de

otras especies indicadoras del estado de salud del ecosistema.

- Proliferación de epífitas en las áreas efectivas de conservación.
- Resultados en el manejo de la fauna de manera participativa con las estrategias acordadas e implementadas junto a la corporación autónoma Cormacarena.
- Disminución en los riesgos identificados inicialmente para la preservación y restauración de las áreas efectivas de conservación.
- Publicaciones sobre hallazgos, éxitos y el estudio de las especies conservadas en el BHPC.

Cada hectárea destinada al proyecto representará una gestión para la ganancia en biodiversidad, y estos resultados darán valor a la obtención del aceite de palma producido por Poligrow Colombia S. A. S., cuya comercialización brindará los recursos para la sostenibilidad de las actividades del BHPC y a su vez, estos bosques protectores de muchas especies serán conservados y restaurados, brindando un ejemplo claro de producción sostenible.

Bibliografía

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Norte y Oriente Amazónico C. D. A., proyecto: Evaluación de poblaciones de flora silvestre considerada en algún grado de amenaza regional y planes de manejo para su conservación en los departamentos de Guainía, Guaviare y Vaupés. Subdirección de Recursos Naturales: Inírida Guainía, agosto de 2014.

Fajardo, A., Veneklaas, E., Obregón, S. & Beaulieu, N. (2000). *Los bosques de galería: guía para su apreciación y su conservación*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Colombia.

IUCN *Red List of Threatened Species* Electronic Database. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org>

Urrego, L. & Galeano-González, A. & Sánchez, M. (2013). *Morichales y cananguchales*.

Ceja-Romero, J., Espejo-Serna, A., López-Ferrari, A. R., García-Cruz, J., Mendoza-R., A. & Pérez-García, B. (2008). *Las plantas epífitas, su diversidad e importancia* Ciencias 1 (91 julio-septiembre). pp. 34-41. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Relación de las demás presentaciones del Módulo 3. Sostenibilidad en la producción de aceite de palma

Other Presentations of Module 3. Sustainability in Palm Oil Production

□ Ponencia

Actualización del mapa de aptitud para el cultivo comercial de palma de aceite: una herramienta para la planificación de los paisajes palmeros

Ponente

Felipe Fonseca Pino, Director General de UPRA

□ Ponencia

Cierre de brechas económicas, ambientales y sociales para la producción de aceite de palma sostenible

Ponente

Carolina Obando Mera, Responsable de MPS de Cenipalma

□ Ponencia

Índice de sostenibilidad en plantas de beneficio

Ponente

Anderson Eduardo Guerrero Sánchez, Extensionista de Cenipalma

□ Ponencia

Estrategia de sostenibilidad para el monitoreo y conservación de un paisaje palmero biodiverso en Hacienda La Cabaña S. A.

Ponente

Sandra Margot Salamanca Díaz, Coordinadora Ambiental de Hacienda La Cabaña S. A.

□ Ponencia

Manejo sostenible de abejas en los cultivos de palma de aceite. Estudio de caso plantación Palmeras de Yarima S. A. y Agroindustrias Villa Claudia S. A.

Ponente

Luis Alberto Tapias Alfonso, Ingeniero Ambiental de Palmeras de Yarima S. A.

□ Ponencia

Experiencia del trabajo social con la comunidad palmera del Catatumbo

Ponente

Andrea Ortiz Miranda, Directora de la Fundación Funpalcat de Funpalcat Palnorte S. A. S.

Implementación de las mejores prácticas de manejo de los cultivares híbrido OxG en la palmicultura a pequeña escala

Implementation of Best Management Practices for Hybrid OxG
Cultivars in Small-Scale Palm Cultivation

CITACIÓN: Bello-C., L. L., García-P, A. M., Peña-M., J. C.,
Pabón-V., J. G. & Díaz-R., Ó. M. (2022). Implementación de las
mejores prácticas de manejo de los cultivares híbrido OxG en
la palmicultura a pequeña escala.

PALABRAS CLAVE: Polinización artificial, Punto óptimo de
cosecha, Adopción de tecnologías.

KEYWORDS: Artificial pollination, Optimum harvest point,
Adoption of technologies.

BELLO C. LAURA L.

Estudiante de pasantía de agronomía
de USAP, Palmeras de Puerto Wilches.

GARCÍA P. ALEJANDRA M.

Auxiliar de Investigación, Unidad de
Validación de Cenipalma.

PEÑA M. JOSÉ DEL C.

Productor finca La Aurora.

PABÓN V. JUAN G.

Director USAP de Palmeras de Puerto
Wilches.

DÍAZ R. ÓSCAR M.

Director de Planta Extractora de
Palmeras de Puerto Wilches.

Resumen

La Pudrición del cogollo (PC) es la enfermedad más limitante para la producción de aceite de palma en Colombia, los híbridos interespecíficos OxG se presentan como una alternativa genética para superar esta problemática sanitaria, debido a que algunos cultivares han presentado resistencia a esta enfermedad. Sin embargo, por causa de la deficiente polinización natural que caracteriza a las palmas híbridas, lo que limita la producción de racimos de fruta fresca, es necesario la implementación de prácticas de manejo como la polinización artificial con ácido α -naftalenacético y el punto óptimo de cosecha. En consecuencia, este estudio tuvo

como objetivo evaluar la implementación de las mejores prácticas de manejo de los cultivares híbridos, que incluye la polinización artificial con ANA en dos presentaciones: ANA en mezcla líquida (asperjado) y ANA en mezcla sólida (espolvoreado), y la cosecha de racimos en punto óptimo de maduración; como una herramienta para la adopción de estas tecnologías en pequeños palmicultores. Se documentó el proceso de la polinización artificial en cada una de las mezclas y se consideraron indicadores de productividad: llenado de racimos, peso medio de racimo (PMR) y contenidos de aceite en laboratorio y planta de beneficio. Adicionalmente, se caracterizaron los racimos de acuerdo con su estadio de maduración. Finalmente, se realizó una evaluación económica de los métodos de polinización.

Abstract

Bud rot (BR) is the most limiting disease for palm oil production in Colombia, the interspecific OxG hybrids are presented as a genetic alternative to overcome this health problem, given that some cultivars have shown resistance to this disease. However, due to the deficient natural pollination that characterizes hybrid palms, it limits the production of fresh fruit clusters, which makes it necessary to implement management practices such as artificial pollination with α -naphthaleneacetic acid and the optimal harvest point. Consequently, this study aimed to evaluate the implementation of the best management practices of hybrid cultivars that includes artificial pollination with ANA in two presentations: ANA in liquid mixture (sprinkled) and ANA in solid mixture (dusted) and the harvest of bunches at optimum point of maturity; as a tool for the adoption of these technologies in small palm growers. The artificial pollination process was documented in each of the mixtures, productivity indicators were considered: bunch filling, average bunch weight (PMR) and oil contents in the laboratory and processing plant. Additionally, the bunches were characterized according to their ripening stage. Finally, an economic evaluation of pollination methods was carried out.

Introducción

La palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. es una planta que pertenece a la clase liliopsida, propia de climas cálidos que crece en zonas por debajo de los 500 m s. n. m., y es originaria de las costas del golfo de Guinea en África. Se cultiva en 42 países, especialmente asiáticos, donde Malasia e Indonesia representan el 85 % de la producción mundial de aceite de palma (García, 2014). En Colombia, el área sembrada es de 559.582 ha, distribuidas en las cuatro zonas palmeras (Fedepalma-Sispa, 2020) de las cuales 65 % se encuentra en producción y 35 % en etapa de desarrollo. Actualmente el país ocupa el cuarto lugar en producción de aceite de palma a nivel mundial y el primero en Latinoamérica (Fedepalma, 2020) con una producción anual de 1.441.813 toneladas de aceite de palma (Fedepalma-Sispa, 2020).

Una de las principales limitantes en el cultivo en Colombia es la enfermedad Pudrición del cogollo (PC), y una de las alternativas para minimizar el riesgo fitosanitario de las palmas *E. guineensis* es la

siembra de cultivares híbrido OxG, resultado del cruzamiento de palmas de origen americano *Elaeis oleifera* con palmas de origen africano *Elaeis guineensis*. Dentro de sus características se encuentra la tolerancia a plagas y enfermedades como la PC y la Marchitez letal (ML) (Sanz, 2016, Genty y Ujueta, 2013; Peláez *et al.*, 2010). Sin embargo, los cultivares híbridos presentan algunas limitaciones como la baja producción de inflorescencias masculinas, llenado deficiente de los racimos asociado a asincronías en los tiempos de floración, baja calidad del polen, lo que impide una polinización natural de las inflorescencias femeninas. Razones por las cuales es necesario realizar polinización asistida con polen o artificial con ácido α -naftalenacético (ANA) y el punto óptimo de cosecha (Romero *et al.*, 2021; Daza *et al.*, 2016; Hormaza *et al.*, 2012; Prada y Romero, 2012).

La polinización asistida consiste en la aplicación controlada de granos de polen proveniente de palmas *E. guineensis* sobre las inflorescencias presentes en las palmas híbridas. Por su parte, la

polinización artificial se trata de aplicaciones de ácido α -naftalenacético en presentación líquida o sólida, y en ambos casos el objetivo es el llenado de los frutos en el racimo (Daza *et al.*, 2016; Romero, 2018). La polinización artificial ha demostrado ser una tecnología atractiva para la palmicultura, debido a que es posible alcanzar un llenado de racimo (*fruit set*) de 95 %, permite tratar las inflorescencias en diferentes estadios de floración (607, 609 y 703) (Romero *et al.*, 2021; Daza *et al.*, 2016; Romero, 2018) y rendimientos superiores de la mano de obra en comparación con la polinización asistida, ya que durante una jornada laboral es posible tratar un mayor número de inflorescencias y tasas de extracción de aceite con valores que oscilan entre el 25 % y 28 % (Sinisterra *et al.*, 2019; Romero, 2018).

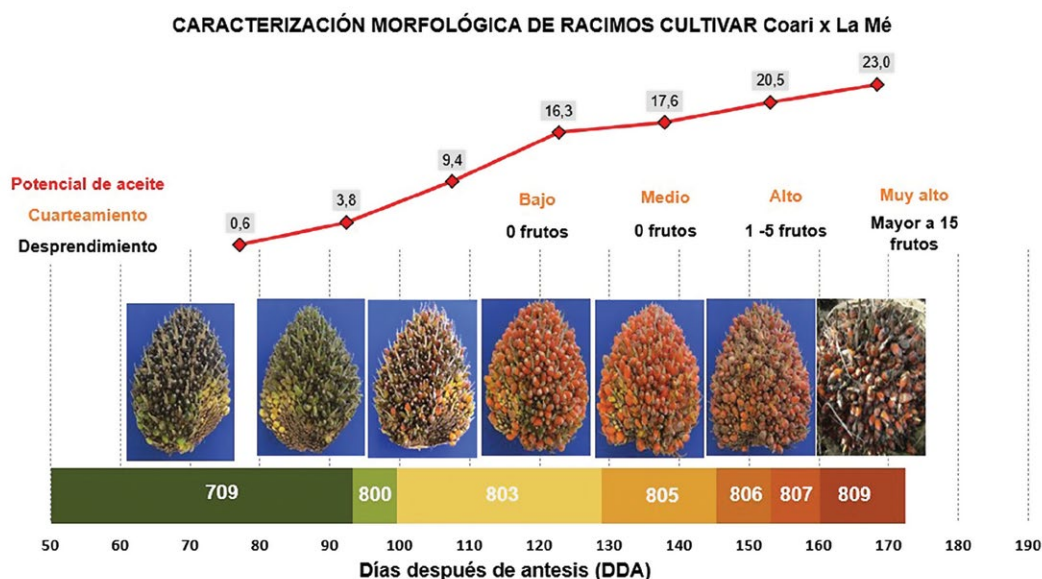
Ante estos resultados promisorios, la implementación de la polinización artificial en cultivos de palma de aceite OxG ha sido masiva. Sin embargo, el método con mayor adopción fue el de la aplicación de ANA espolvoreado sobre las inflorescencias, ya que los productores manifiestan dificultad en el movimiento del agua a los lotes, necesaria para realizar las aspersiones de la mezcla líquida. Debido a lo novedoso de esta tecnología las plantaciones y palmicultores han venido incursionando en la identificación de la mejor mezcla de ANA en términos de logística de la labor, productividad (t RFF/ha año) y tasas de extracción.

En cuanto a el punto óptimo de cosecha (POC) se estandarizó mediante la escala BBCH para palma de aceite. Esta describe los estadios de desarrollo y maduración de las inflorescencias femeninas, permite determinar las características de los racimos en punto óptimo de maduración y define que el momento óptimo de corte es a partir del estadio 807, momento en el cual se estabiliza el número de frutos que aportan aceite, el racimo alcanza su máximo peso y los lípidos se desarrollan por completo (Forero *et al.*, 2012).

En el caso específico del cultivar Coari x La Mé, el programa de Biología y Mejoramiento de Cenipalma estableció que los racimos en punto óptimo de maduración se caracterizan por ser de color naranja opaco, el mesocarpio del fruto es de tono naranja, viscoso y con abundante aceite. Adicionalmente, los racimos que están en este estadio exhiben un desprendimiento natural de entre tres a cinco frutos y un alto porcentaje de cuarteamiento (Millán *et al.*, 2017) (Figura 1).

Los resultados reportados en estudios previos de implementación del POC evidencian un aumento en la tasa de extracción (TEA), como es el caso de la Zona Oriental para cultivar Coari x La Mé y de la Zona Suroccidental en cultivares Cereté x Deli y Cereté x Yangambí, en los cuales incrementó la TEA en 5 y 2,9 puntos porcentuales respectivamente. Ratificando que en cultivares OxG es de crucial impor-

Figura 1. Escala BBCH para el cultivar Coari x La Mé.



tancia que los racimos se corten en punto óptimo de maduración, momento en el cual se maximiza el contenido de aceite que se lleva a la planta de beneficio (Hernandez *et al.*, 2020; Sinisterra *et al.*, 2019).

Para evaluar la implementación de estas tecnologías promisorias (polinización artificial y punto óptimo de cosecha) se planteó este estudio el cual funciona como una herramienta para su adopción en pequeños palmicultores. Para esto, se documentó el proceso de la polinización artificial en cada una de las mezclas, se consideraron indicadores de productividad como llenado de racimos (*fruit set*), peso medio de racimo (PMR) y contenidos de aceite en laboratorio y planta de beneficio. La necesidad de describir estos factores facilita el proceso de adopción de tecnologías, ya que este tipo de evaluaciones permite identificar las condiciones específicas de los productores líderes, en tanto que un productor adop-

tante puede llegar a ser un líder que promueva y facilite la difusión y uso de esta entre sus vecinos (Ruiz *et al.*, 2015).

Metodología

Ubicación

El estudio se llevó a cabo en la finca La Aurora ubicada en la vereda Puerto Limón del municipio de Sabana de Torres, departamento de Santander, Colombia (Figura 2).

Allí se evaluó el proceso de polinización artificial con ANA en 2 presentaciones y la implementación del punto óptimo de cosecha (Figura 3). El lote en observación contaba con 6 hectáreas sembradas con cultivar híbrido OxG Coari x La Mé, con palmas jóvenes (año de siembra: 2013) cuyas inflorescencias se

Figura 2. Distribución de los tratamientos



Figura 3. Polinización artificial. A. ANA en solución líquida (asperjado). B. ANA en mezcla sólida (espolvoreado).



encontraban a una altura de 2,23 m. En 3 hectáreas se aplicó ANA en mezcla líquida (asperjado) y las restantes se espolvorearon con mezcla sólida de ANA sobre las inflorescencias presentes en las palmas.

Diagnóstico operativo

Con el propósito de describir los procesos asociados a la polinización artificial (ANA en mezcla líquida y ANA en mezcla sólida), se acompañó al operario encargado de esta labor durante dos semanas para sistematizar (registro y clasificación) las actividades ejecutadas durante la jornada laboral. Este contaba con experiencia en la labor de polinización de palma híbrida. Con base en las convenciones de la Asociación de Ingenieros Mecánicos de los Estados Unidos (ASME por sus siglas en inglés), adaptadas por Sánchez *et al.* (2010), se elaboró el diagrama de procesos, el cual fue el punto de partida para realizar el estudio de tiempos (Tabla 1).

Estudio de tiempos y movimientos

De acuerdo con las operaciones establecidas en el diagrama de procesos, se hizo el registro de los tiempos. Para la captura de datos se utilizaron formularios digitales en la aplicación móvil Cybertracker® donde se registró el nombre del operario de polinización y cada uno de los elementos que compusieron la jornada laboral desde la recepción de la herramienta, hasta su entrega al final del día (Figura 4).

Evaluación económica

Los costos se estimaron considerando el rendimiento de la mano de obra (ha/jornal), los insumos y las herramientas involucradas en la labor polinización artificial en ambas presentaciones (solución líquida y mezcla sólida), de acuerdo con las tarifas pagadas por el productor. En cuanto a los insumos, los costos se estimaron de acuerdo con el tipo de mezcla y

Tabla 1. Simbología para diagramas de procesos (ASME).

Símbolo	Proceso	Actividad
●	Operación	Cuando se produce o efectúa algo
➡	Transporte	Cambio de lugar, implica movimiento
■	Inspección	Verificación de calidad o cantidad
⬇	Demora	Interferencia o retraso
▼	Almacenamiento	Acción de guardar o proteger
◆	Decisión	Cuando se tiene la opción de seguir realizando la actividad o se pasa a otra

Figura 4. Formulario digital de Cybertracker® para el registro de tiempos.

Formulario Tiempos

Aplicación ANA

Mezcla

ANA Sólida

ANA Líquido

Nombre Polinizador

Wilson Villamizar

Elementos

Alis de insumos

Prep mezcla

Desplaz a lote

Prep equipo

Desplazamiento

Busqueda

Ap de bracteos

Aplicación ANA 1

Aplicación ANA 2

Aplicación ANA 3

Maración

Registro

Recarga bomba

Desp fuera del lote

Desplaz almacen

Entreg equipos

Fin de la labor

Elementos extraño

Guardar

Elementos extraños

Desayuno

Hidratación

Descanso

Almuerzo

Otro

Guardar

Otros Elementos Extraños

Tap to edit

Guardar

dosificación. Finalmente, el costo asociado a las herramientas se calculó de acuerdo con el valor de adquisición y su vida útil.

Implementación del punto óptimo de cosecha

Inicialmente se capacitó al personal responsable de labor de corte, en esta actividad se caracterizaron los racimos cosechados en el punto de acopio con el criterio de cosecha utilizado en la finca La Aurora (línea base). Una vez se recolectaron los datos de la línea base, se retroalimentó al personal de cosecha en los criterios del POC y se implementaron para el cultivar híbrido OxG Coari x La Mé (área de observación). Para la determinación del estadio fenológico de los racimos se utilizó la escala BBCH para palma de aceite establecida para el cultivar híbrido Coari x La Mé (Figura 1).

Resultados

Caracterización de la labor

Insumos: en la Tabla 2 se describen los insumos usados y su dosificación en la preparación de la solución líquida y la mezcla sólida del ANA.

Equipos: la Tabla 3 presenta las herramientas y equipos utilizados para la polinización artificial, según la mezcla de ANA (líquida y sólida), ambas son aplicadas por el mismo operario. Cada inflorescencia recibe tres aplicaciones con intervalos de una semana. La primera aplicación se realiza en antesis, la segunda siete días después de antesis (dda) y la tercera catorce dda.

Descripción de los procesos en la labor de polinización en la finca La Aurora

La Tabla 4 describe la labor de polinización artificial con ANA en mezcla líquida. Es importante resaltar que esta se realiza por un operario, ya que el proveedor en calidad de pequeño productor cuenta con un trabajador para realizar las actividades dispuestas en la finca.

La Tabla 5 presenta el diagrama de procesos de la labor de polinización artificial con ANA en mezcla sólida. En rojo oscuro se resaltan las actividades que conforman el ciclo básico de la operación, es decir, aquellas operaciones que corresponden a la aplicación de ANA a las inflorescencias que así lo requieren en cada palma.

Tabla 2. Insumos utilizados para la polinización artificial en la finca La Aurora.

ANA en mezcla líquida			ANA en mezcla sólida			
Insumo	Cantidad/L de solución	Unidad	Insumo	Cantidad/3g de mezcla	Proporción	Unidad
ANA	1,2	g	Talco	2,76	92 %	g
Etanol	25	ml	ANA	0,24	8 %	g
Tween 80	2	ml				
Coadyuvante	2,5	ml				
Mejorador de aguas	0,5	g				

Tabla 3. Características de la herramientas en la aplicación de ANA en mezcla líquida y sólida

Solución líquida de ANA	Mezcla sólida de ANA
Descripción	Descripción
• Recipiente de PVC • Bomba insufladora • Piernera para sujetar bomba insufladora • Tubo de aluminio con punta en forma de gancho • Libreta de campo	• Bomba de espalda con capacidad de 20 litros • Boquilla tipo cono lleno • Manguera • Extensión de salida (tubo de aluminio) • Tubo de aluminio con punta en forma de gancho • Libreta de campo

Tabla 4. Polinización artificial con ANA en mezcla líquida (asperjado).

5	Recepción de equipos e insumos	A primera hora (6:00-6:30 a. m.) el operario se dirige a la bodega para alistar los insumos y realizar la preparación de la mezcla líquida
10	Desplazamiento al lote	Se dirige al lote caminando con el tubo de aluminio y la bomba de espalda al hombro, con una carga de la mezcla diluida con agua (para poder iniciar su labor en cuanto llegue) y recipientes con la mezcla concentrada. En una carretilla transporta los recipientes con agua dejándolos al borde del lote donde se realiza la polinización con ANA en mezcla líquida
15	Desplazamiento y búsqueda de inflorescencias	Se desplaza entre dos líneas de palma, siguiendo una trayectoria en zigzag. Para buscar las inflorescencias receptivas (primera aplicación) y aquellas marcadas en ciclos anteriores que requieren intervención (segunda y tercera aplicación)
20	Apertura de brácteas	Teniendo identificada la inflorescencia en antesis (primera aplicación), procede a realizar la apertura de brácteas
25	Aplicación de la mezcla	El volumen asperjado es de 150 cc de ANA en mezcla líquida por inflorescencia. La descarga esta calibrada para que dure 12 segundos. Se garantiza la cobertura del área de la inflorescencia.
30	Marcación	Con la punta del gancho marca la hoja que sostiene la inflorescencia. Primera aplicación: escribe el número del día del año. Si se trata de segunda aplicación al lado del número traza una línea, si es de tercera al lado de la línea coloca el número del día del año
35	Búsqueda de otra inflorescencia	El operario gira en torno a la palma en búsqueda de otra inflorescencia que requiera ser asperjada
40	¿Encuentra otra inflorescencia?	Sí: operación 20 No: operación 45
45	Registro en libreta de campo	Se registra el número de inflorescencias tratadas en esa palma. Número de inflorescencias, en antesis o pasadas, y número de aplicación (primera, segunda o tercera aplicación)
50	¿Se terminó el contenido de la bomba de espalda?	Sí: pasa a operación 55 No: pasa a operación 15
55	Desplazamiento de recarga	El polinizador se dirige hacia el punto de recarga (donde se han dejado los insumos y el agua)
60	Carga bomba	Se vierte la mezcla en la bomba y se agrega la cantidad necesaria de agua hasta completar su capacidad
65	¿Fin de la jornada?	Sí: pasa a operación 70 No: pasa a operación 15
70	Regreso desde el lote	El operario se desplaza desde el lote hacia la bodega caminando
75	Entrega de materiales	En la bodega el operario entrega la bomba de espalda y el tubo de aluminio. No sobra mezcla

Rendimientos de la operación

El tiempo efectivo de la labor se obtuvo de la diferencia entre el tiempo de la jornada laboral y las detenciones atribuidas a los elementos extraños y suplementos. El rendimiento de la labor se estimó teniendo en cuenta el número de inflorescencias tratadas

y el área recorrida en hectáreas, de acuerdo con lo sugerido por Camperos *et al.* (2020).

Las detenciones en la operación al polinizar con la mezcla líquida de ANA se relacionaron a fallas de la herramienta de trabajo (tubo de aluminio con gancho y equipos de aplicación), totalizando en prome-

Tabla 5. Descripción del proceso de la labor de polinización artificial con ANA en mezcla sólida (espolvoreada).

	Recepción de equipos e insumos	A primera hora, el operario se dirige a la bodega para alistar los insumos y realizar la preparación de la mezcla de talco + ANA. Luego de tener la mezcla de ANA ya dosificada (recipiente), toma el tubo de aluminio con gancho para la apertura de brácteas, la bomba insufladora y la libreta de campo para el registro de inflorescencias aplicadas.
	Desplazamiento al lote	Camina al lote asignado, con el tubo de aluminio en la mano.
	Desplazamiento y búsqueda de inflorescencias	Se desplaza entre dos líneas de palma, siguiendo una trayectoria en zigzag. Durante ese recorrido visita todas las palmas, girando en torno a ellas en búsqueda de inflorescencias en estadio 607 (primera aplicación) y aquellas marcadas en ciclos anteriores que requieren de una (2da y 3ra aplicación)
	Apertura de brácteas	Teniendo identificada la inflorescencia en antesis (primera aplicación), procede a realizar la apertura de brácteas
	Aplicación de la mezcla	Aplica la mezcla. Se bombea aire al recipiente que contiene la mezcla para generar presión y así impulsar el producto a lo largo de la manguera. Se aplican alrededor de tres gramos de mezcla por inflorescencia
	Marcación	Con ayuda del gancho realiza la marcación en la hoja donde se encuentra ubicada la inflorescencia con el día del año (consecutivo). Si se trata de segunda aplicación al lado del número traza una línea, si es de tercera, al lado de la línea pone el número del día del año
	Búsqueda de otra inflorescencia	El operario gira en torno a la palma en búsqueda de otra inflorescencia que requiera ser espolvoreada
	¿Encuentra otra inflorescencia?	Sí: regresa a la operación 20 No: sigue a la operación 45
	Registro en libreta de campo	Se registra el número de inflorescencias tratadas en esa palma. Número de inflorescencias, en antesis o pasadas, y número de aplicación (primera, segunda o tercera aplicación)
	¿Fin de la jornada?	Sí: pasa a operación 55 No: regresa a operación 15
	Regreso desde el lote	Se desplaza caminando desde el lote hacia la bodega
	Entrega de herramientas y materiales	En la bodega el operario entrega la bomba insufladora, el tubo de aluminio y el sobrante de la mezcla.

dio siete minutos por jornada. Entre los suplementos registrados fueron consumo de alimentos (almuerzo), hidratación y descansos, los cuales totalizaron cinco minutos por jornada. Además, se incluyeron otras actividades que desarrolló el operario en su jornada normal de trabajo como: encerrar los becerros y lavar las cantinas de la leche.

Para una densidad de 179 inflorescencias/ha, el operario tuvo como promedio de tiempo efectivo 7,6 horas, en las cuales aproximadamente recorrió 2,3 hectáreas, y a lo largo de la jornada logró asperjar 411 inflorescencias.

En el caso de la aplicación de ANA en mezcla sólida, las detenciones en la operación se asociaron a fallas de la herramienta (tubo de aluminio con gancho y equipo de aplicación), totalizando en promedio tres minutos por jornada. En el caso de los suplementos registrados fueron consumo de alimentos (almuerzo), hidratación y descansos, para un tiempo de cinco minutos por jornada.

Para la misma densidad de inflorescencias (179 inflorescencias por hectárea), el operario tuvo como promedio de tiempo efectivo 7,7 horas, en las cuales aproximadamente recorrió 1,9 hectá-

reas, y a lo largo de la jornada logró espolvorear el ANA sobre 340 inflorescencias.

Evaluación económica

En la finca La Aurora el costo de labor de la polinización artificial varió según el tipo de mezcla utilizada (solución líquida o mezcla sólida). Se evidenció que polinizar con la suspensión líquida de ANA tuvo un costo de \$ 344 por inflorescencia y cuando fue espolvoreado fue de \$ 379. Es decir, que el costo de asperjar el ANA fue 10,2 % inferior que cuando se polinizó con la mezcla sólida.

El costo de la mano de obra varía de acuerdo con el rendimiento de la operación. En el caso de la polinización artificial con solución líquida de ANA, este fue mayor en comparación con la mezcla sólida. Lo que se traduce en un menor costo a favor de la solución líquida con valor por inflorescencia de \$ 264, mientras que para la mezcla sólida de ANA este valor se estimó en \$ 320. En relación con los insumos, el costo fue superior para el ANA en medio líquido (37 % más alto). El valor de las herramientas en ambos casos no superó los \$ 6.

Peso medio de racimos y contenido de aceite extraído

Los resultados de este estudio evidencian que en la finca La Aurora el peso medio de los racimos (PMR)

a los cuales se les asperjó el ANA fue 20,96 kg con llenado de frutos de 91 % con un contenido de aceite extraído de 23 %. Por su parte, el PMR de los racimos que recibieron el ANA en mezcla sólida fue de 21,45 kg, el *fruit set* fue igual a 80 % y un potencial de aceite extraído en laboratorio de 19 %.

Implementación del punto óptimo de cosecha

El análisis de las características de los racimos cosechados en la línea base (antes de implementar los criterios del POC) arrojó que 40 % de estos se recogían en estadios inmaduros (805 y 806). Después de contar con el personal capacitado e implementar los criterios establecidos del POC, se encontró que el 100 % de los racimos se cosecharon en los estadios 807 y 809 (Figura 5).

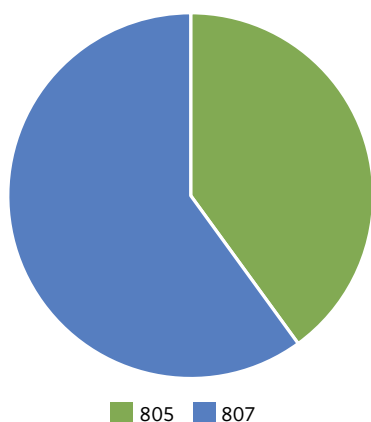
Conclusiones

Teniendo en cuenta la alta participación de la palmiticultura a pequeña escala en la productividad de la Zona Central, resulta necesario que el proceso de adopción de innovaciones tecnológicas sea evaluado y acompañado, en busca de cerrar aquellas brechas de productividad y competitividad.

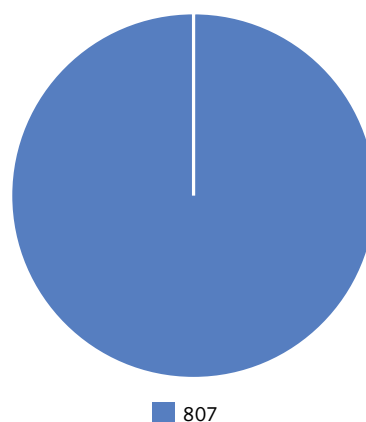
El conocimiento que un palmicultor líder tenga sobre las tecnologías adoptadas, derivado de su experiencia, es uno de los factores claves en el proceso

Figura 5. Proporción de racimos según su estadio fenológico

Caracterización por estadio fenológico-línea base



Caracterización racimos por estadio fenológico-con POC



de adopción de innovaciones como la polinización artificial y el punto óptimo de cosecha.

La polinización artificial realizada de forma correcta contribuye a un aumento sustancial en la productividad en términos de toneladas de racimos de fruta fresca por hectárea y mayor rentabilidad del negocio de la palma de aceite.

En los cultivares híbrido OxG es de crucial importancia que los racimos se corten en punto óptimo de maduración, momento en el cual se maximiza el contenido de aceite que se lleva a planta de beneficio.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Gerencia, a la Unidad de Servicios y Atención al Proveedor, y a la Planta Extractora de Palmeras de Puerto Wilches S. A. por el apoyo brindado durante esta investigación. A la familia Peña Durán y Wilson Villamizar por su hospitalidad, disposición y colaboración durante la ejecución de este estudio. Del mismo modo, al ingeniero Andrés Alejandro Tupaz Vera, a Iván Mauricio Ayala Díaz y al personal del Laboratorio de Bioquímica del Campo Experimental Palmar de la Vizcaína.

Bibliografía

- Camperos, J. E., Pulido, N. F., Munévar, D. E., Torrecilla, E., Requena, J. A., Arias, H. A. & Mosquera Montoya, M. (2020). Estudio de tiempos y movimientos para la polinización artificial: estudio de caso en una plantación de Santander (Colombia). *Revista Palmas*, 41(3), 11-23.
- 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*. Poster XIII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, Bogotá, Colombia.
- Fedepalma & Sispa. (2021). *Áreas en desarrollo y producción*. (2020). *Anuario estadístico 2020. Principales cifras de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia y el mundo*.
- 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.
- 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.
- Hernández, H., Rodríguez, J., Daza, E., Lemus, L. & Mosquera-Montoya, M. (2020). Punto óptimo de cosecha de racimos para híbridos interespecíficos OxG (Coari x La Mé) asperjados con reguladores de crecimiento. *El Palmicultor*, 580(junio), 16-17.
- Hormaza, P., Forero, D., Ruiz-Romero, R. & Romero, E. (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).
- Millan, E., Ruiz, R. & Romero, H. (2017). *Criterios de cosecha en cultivares híbrido: características que evalúan el punto óptimo de cosecha en palma de aceite*. *Guía 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.
- Prada, F. & Romero, H. M. (2012). *Muestreo y análisis de racimos en el cultivo de la palma de aceite*. Bogotá: Centro Nacional 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.
- Romero, H. M., Daza, E., Urrego, N., Rivera, Y. & Ayala, I. (2018). *La polinización artificial con reguladores de crecimiento incrementa la producción de aceite en híbridos interespecíficos*. Presentación oral de la Conferencia Internacional en Palma de Aceite, Cartagena, Colombia.
- 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, 290.
- Ruiz, E., Mesa, E., Mosquera Montoya, M., Beltrán, J. & Guerrero, J. (2015). Ubicación de hojas cortadas durante la poda y la cosecha alrededor de las palmas como mulch: estudio de la adopción de la práctica en cultivadores de palma de aceite en Tibú, Norte de Santander. *Palmas*, 36(3), 11-23.
- Sánchez, A., Fontanilla, C. & Mosquera, M. (2010). *Métodos para el desarrollo de estudios de tiempos y movimientos para labores de cultivo en palma de aceite. Tecnologías para la agroindustria de la palma de aceite: guía para facilitadores*. Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma): Bogotá.
- Sanz, J. (2016). Las mejores prácticas agroindustriales para una excelente palmicultura colombiana. *Revista Palmas*, 37(4), 67-74.
- Salinas-Ramírez, O. E. (2017). *Evaluación de cuatro metodologías para la polinización asistida en plantaciones de palma aceitera var. (Deli x Nigeria) de 15 meses de edad en la finca nogales, entre ríos, Puerto Barrios, Izabal, Guatemala, C. A. y servicios prestados a Agrocaribe, S. A.* Licenciatura thesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Sinisterra, K., Caicedo, A., Castilla, C., Ceballos, D., Palacio, M., Cortés, I., Camperos, J. E., Ayala, I. & Mosquera-Montoya, M. (2019). Validación del punto óptimo de cosecha en el cultivar híbrido interespecífico OxG Corpoica (Cereté x Deli y Cereté x Yangambí). *Ceniavance*, 189.

Experiencias de la Unidad de Servicio y Atención al Proveedor (USAP) del Núcleo Palmeras de Puerto Wilches S. A., en pro del mejoramiento productivo de los aliados estratégicos y del aseguramiento de materia prima para la planta extractora

Experiences of Palmeras de Puerto Wilches Supplier Service and Attention Unit (SSAU/USAP- in Spanish) in Favor of the Productive Improvement of the Strategic Allies and the Assurance of Raw Material for the Mill

CITACIÓN: Banderas-P., A. L. & Pabón-V, J. G. (2022). Experiencias de la Unidad de Servicio y Atención al Proveedor (USAP) del Núcleo Palmeras de Puerto Wilches S. A., en pro del mejoramiento productivo de los aliados estratégicos y del aseguramiento de materia prima para la planta extractora. *Palmas*, 43(1), 141-148.

PALABRAS CLAVE: Núcleo palmero, Productores fidelizados, Productividad, Adopción de tecnologías, Buenas prácticas agronómicas (BPA), Índice de Balance Tecnológico (IBT)

KEYWORDS: Oil palm guild, Loyalty producers, Productivity, Adoption of technologies, Good agronomic practices (GAP), Technological Balance Index (TBI).

BANDERAS PEREIRA ANNGEY LORENA
Profesional Agrónomo USAP

PABÓN VILLALBA JUAN GUILLERMO
Director USAP

Resumen

Palmeras de Puerto Wilches S. A. (PPW), a través de los años, ha fortalecido su unidad de asistencia técnica para el acompañamiento a sus productores fidelizados al promover la implementación de las mejores prácticas agronómicas sostenibles (MPAS) y al facilitar los servicios e insumos que se requieren para la adopción de tecnologías, con la finalidad de aumentar

productividades y consolidar el vínculo comercial Núcleo-productor. Además del aseguramiento de racimos de fruta fresca (RFF) constante, oportuno y de calidad a la planta de beneficio.

La metodología utilizada en esta experiencia se basa en identificación de productores fidelizados, su caracterización, identificación de limitantes, estrategias para superar las limitantes y un análisis económico que permite sustentar la continuidad de la Unidad de Servicio y Atención al Proveedor (USAP).

Para 2021 PPW contaba con 195 proveedores fidelizados, distribuidos en 8 municipios de los departamentos de Santander, Norte de Santander y Cesar, representando el 97 % del total de fruto anual procesado en la planta de beneficio. Para 2018, el índice de balance tecnológico (IBT) contaba con una brecha de 60 % disminuyéndola a 40 % para 2020, y logrando el aumento de la productividad promedio en un 28 % en 2020, respecto al 2018, pasando de 10,8 a 13,9 t/ha/año respectivamente. Resultados que han permitido seguir apostando al acercamiento de la mega meta propuesta por el gremio de 5 t/APC/ha/año.

Abstract

Palmeras de Puerto Wilches S. A. (PPW), over the years, has strengthened its technical assistance unit to support its loyal producers by promoting the implementation of the best sustainable agronomic practices (BSAP) and by facilitating the services and supplies that are required for the adoption of technologies, to increase productivity and consolidate the Company-Farmer commercial link. In addition to the constant, timely and quality assurance of fresh fruit bunches (FFB-RFF in Spanish) to the benefit plant.

The methodology used in this experience is based on the identification of loyal producers, their characterization, identification, and creation of strategies to overcome the limitations found and an economic analysis that allows sustaining the continuity of the Supplier Service and Attention Unit (SSAU).

In 2021, PPW had 195 loyal suppliers, distributed in 8 municipalities in the departments of Santander, Norte de Santander and Cesar, representing 97% of the total annual fruit processed in the processing plant. In 2018, the Technological Balance Index (TBI) had a gap of 60%, reducing it to 40% in 2020, and achieving an increase in average productivity of 28% in 2020, compared to 2018, going from 10.8 to 13.9 t FFB/ha* year respectively. These results have allowed to the SSAU to continue betting on the approach of the mega goal proposed by the guild of 5 t Crude Palm Oil (CPO)/ha* year.

Introducción

Palmeras de Puerto Wilches S. A. (PPW) hace parte de los 17 Núcleos Palmeros de la Zona Central en Colombia y cuenta con más de 35 años de trayectoria en el sector palmicultor. Está dedicada a la cosecha y compra del fruto de palma de aceite, a la producción y comercialización de aceite crudo de palma, aceite de palmiste y subproductos como torta de palmiste, chocolatina y cascarilla.

El Núcleo Palmero cuenta con la Unidad de Servicio y Atención al Proveedor (USAP), el cual brinda a sus aliados estratégicos un portafolio de servicios que facilitan la adopción de tecnologías para contribuir al

aumento de la productividad y el buen manejo fitosanitario de los cultivos. Así mismo, la USAP trabaja en pro de garantizar la sostenibilidad económica y socioambiental de los cultivos, lo que asegura el suministro de calidad y cantidad de materia prima para la planta de beneficio.

En la actualidad, la USAP cuenta con 195 proveedores fidelizados que representan 16.607 hectáreas de cultivo de palma de aceite y un equipo de profesionales que trabajan de la mano con Cenipalma, en especial con el área de Extensión, llevando a cabo estrategias para la implementación de las mejores prácticas sostenibles (MPA) y cerrando las brechas de productividad año tras año en los cultivos de sus aliados.

¿Cómo ha sido la experiencia?

Desde 2015 a 2018 PPW, mediante su USAP, logró participar en alianzas productivas como el Incentivo a la Asistencia Técnica Gremial (IATG) con el Ministerio de Agricultura y Fedepalma, dando paso, en 2019, a la identificación y caracterización de sus proveedores fidelizados y también, al diseño y ejecución del plan estratégico con alcance hasta 2023. Este plan estratégico está articulado con los planes operativos anuales, lo que ha permitido crear estrategias para suprimir las brechas productivas de los cultivos de los aliados, así como el fortalecimiento del equipo técnico (Figura 1) y la integración del área de sostenibilidad, pasando de enfoque económico a enfoque ambiental y social.

Metodología

La ruta de trabajo utilizada en esta experiencia estuvo dividida en cinco pasos: identificación de productores fidelizados, su caracterización, identificación de limitantes, estrategias para superar las limitantes y un análisis económico que permite sustentar la continuidad de la unidad.

- 1. Identificación de productores fidelizados.** Basado en el análisis de la continuidad de ingresos de los proveedores a la compañía, estos debían superar el 83,3 % anual, es decir que, de los 12 meses del año, participaron por lo menos en 10. Asimismo, que el ingreso representará más de 60 % de la productividad del cultivo.
- 2. Caracterización.** Correspondió al tamaño del productor, siendo pequeños con 0,1 a 50 ha, medianos de 50,1 a 100 ha y grandes >100 ha; así como a la zona o ubicación geográfica y si contaba o no con asistencia técnica externa, entre otros datos.

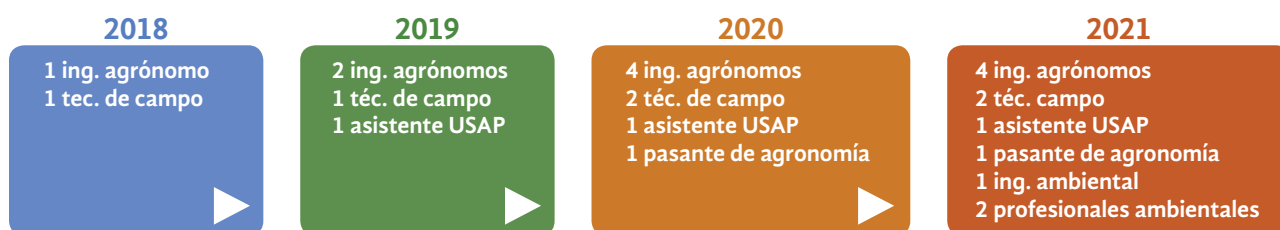
3. Identificación de limitantes. Estuvo de acuerdo con la calificación del manejo de nutrición, sanidad, cosecha, manejo cultural y receptividad agronómica. La calificación se realizó mediante una matriz binaria (1 y 0) que se manejó por productor, aplicando 1 a cada limitante o causal de brecha que le afectaba a determinado productor. Por ejemplo, a un productor que tuviera ganado en su cultivo, se le colocaría 1, porque tenía esa limitante, y si no la tenía se le ponía 0. Asimismo, se tuvo en cuenta la calificación del IBT.

4. Estrategias. Se tuvo en cuenta una serie de acciones direccionadas al cierre de brechas productivas, como:

- Demostración de mejores prácticas a través de parcelas demostrativas y áreas parciales.
- Apoyo para el suministro de subproductos de planta de beneficio.
- Financiación de fertilizantes.
- Suministro y disponibilidad temporal de coberturas leguminosas.
- Suministro y disponibilidad temporal de plantas nectaríferas.
- Capacitaciones grupales (por productores) o independiente (solo a un productor-personalizado).
- Acompañamiento mediante la asistencia técnica.
- Y otras, como el fortalecimiento de la red de trampeo de *R. palmarum*, etc.

Cabe resaltar que la mayoría de las estrategias implementadas estuvieron estipuladas en los planes operativos anuales en conjunto con el centro de investigación Cenipalma, y según las necesidades de los productores.

Figura 1. Fortalecimiento del equipo técnico



5. Análisis económico. Estuvo basado en los costos de inversión administrativos y operativos y los costos de la proyección retorno obtenida de los ingresos de racimos de fruta fresca procesados en planta de beneficio.

tro, lo que reflejó un aumento de 8 % en el número de proveedores y un 18 % en la participación de los ingresos (Figura 2).

Caracterización de productores fidelizados

Actualmente, PPW hace presencia en los municipios de Puerto Wilches, Sabana de Torres, Rionegro, Barrancabermeja, Puerto Parra, San Vicente de Chucurí, San Alberto y La Esperanza, siendo los seis primeros del departamento de Santander y los dos últimos del Cesar y Norte de Santander.

Para 2018, el impacto estuvo en 16.059 hectáreas, con incremento en 2019 y 2020. Sin embargo, para 2021, las hectáreas disminuyeron en 8 % respecto al año anterior (Figura 3), pero sin afectar el número

Resultados

Identificación de productores fidelizados

En los cuatro años de experiencia, el porcentaje de participación en los ingresos de RFF a la planta de beneficio fueron en aumento, aun teniendo una disminución en el número de proveedores para 2019, respecto a 2018.

Para 2021, PPW contó con 195 productores fidelizados representando el 97 % de la base de suminis-

Figura 2. Número de proveedores fidelizados y su porcentaje de participación

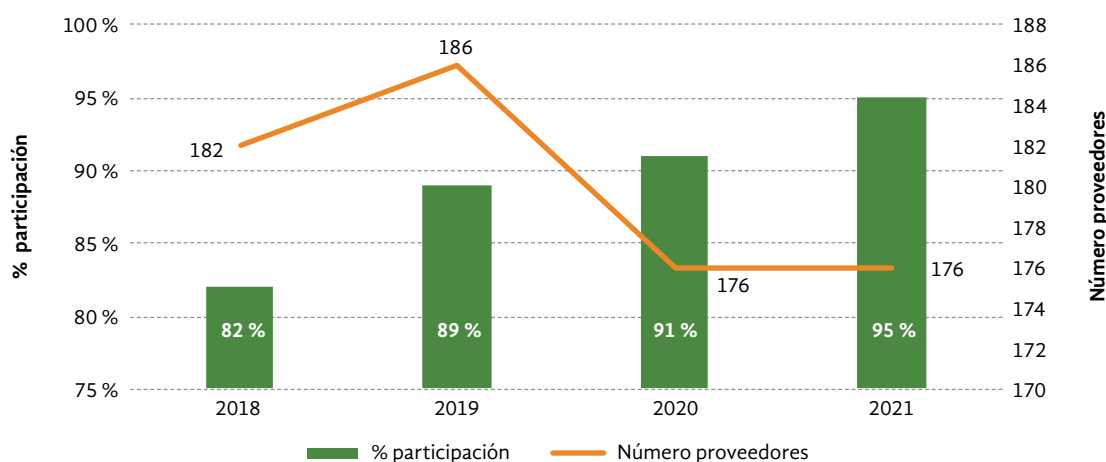
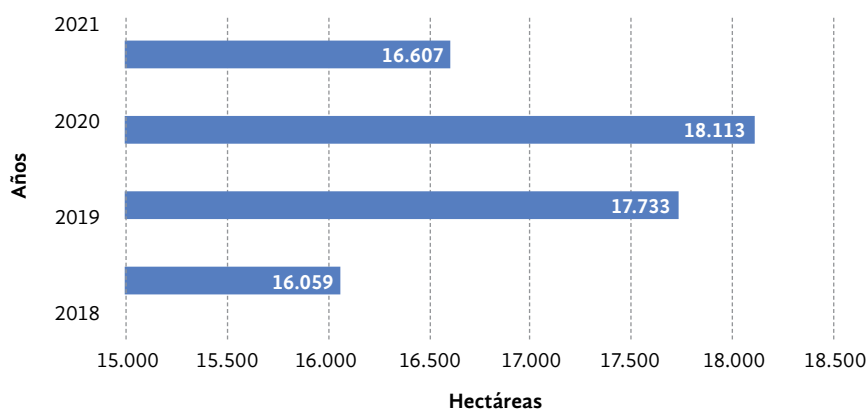


Figura 3. Hectáreas impactadas desde el 2018 a 2021



de proveedores. De este mismo modo, más de 60 % de los productores han estado representados por los pequeños (Tabla 1) y más de 70 % no cuentan con asistencia técnica para sus cultivos (Tabla 2).

Identificación de limitantes

Al iniciar con la ejecución del plan estratégico, PPW contaba con una brecha del 60,2 % en el IBT, pasando al 57,7 % en 2019 y al 42,2 % en 2020 (Figura 4), porcentaje que se estrechó en 17 % en el último año, de acuerdo con los impactos generados en cada uno de los componentes agronómicos evaluados, siendo el más representativo el manejo sanitario que aumentó en 48 % respecto a 2019, seguido de cosecha

y producción, así como de las labores culturales que ascendieron en 39 % (Figura 5).

Las limitantes predominantes fueron: falta de coberturas leguminosas, no uso de biomasa al plato, inadecuado manejo de la Pudrición del cogollo (PC), altas poblaciones de plagas defoliadoras, sin red de trapeo para la captura de *R. palmarum*, inapropiado manejo de híbrido OxG, entre otros.

Los rendimientos promedios en toneladas por hectáreas año de los proveedores fidelizados de PPW presentaron incrementos en comparación con la Zona Central que permanecieron constantes, y a nivel nacional que mostraron un descenso. El aumento del Núcleo estuvo en un 28 % desde 2018 a 2020 (Figura 6).

Tabla 1. Clasificación de los productores fidelizados por tamaño.

Tamaño productor	2018	2019	2020	2021
Pequeños	116	108	114	124
Medianos	33	30	35	34
Grandes	33	36	38	37
Total	182	174	187	195

Tabla 2. Relación de proveedores con/sin asistencia técnica.

Asistencia técnica	2018	2019	2020	2021
Con AT	43	47	56	54
Sin AT	139	127	132	141
Total	182	174	188	195

Figura 4. Brecha del IBT

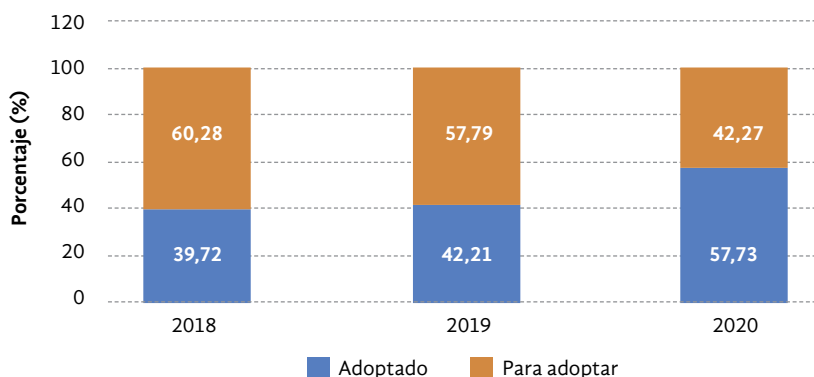


Figura 5. Mejoras en el manejo de los cultivos a través del índice de balance tecnológico (IBT)

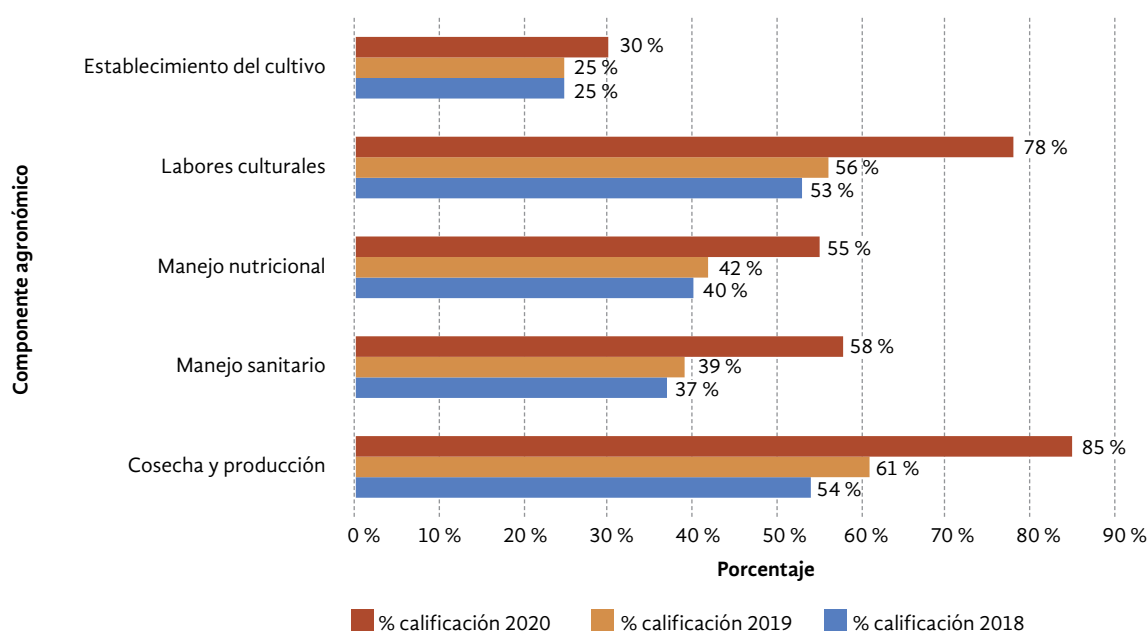
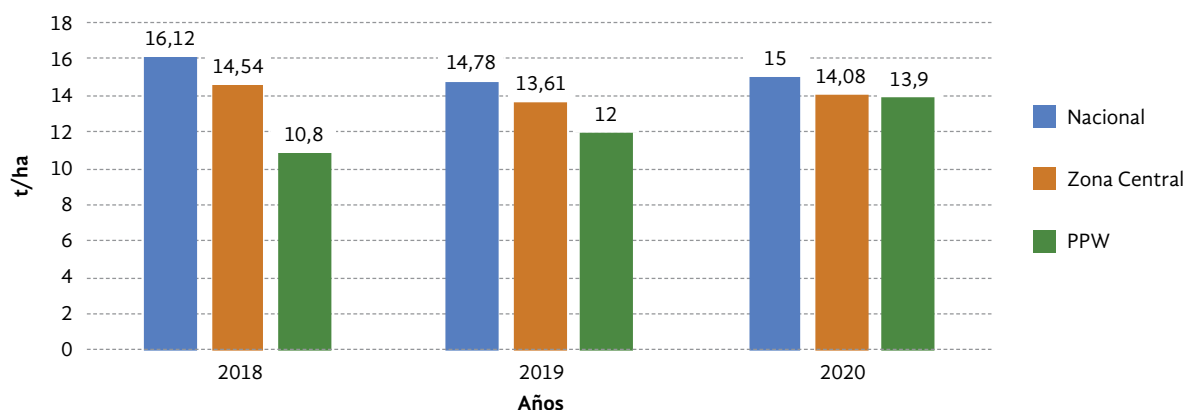


Figura 6. Rendimientos en t/ha/año, comparados con Zona Central y a nivel nacional



El comportamiento de los rendimientos ha permitido que PPW, desde el 2019, incremente las toneladas, acercándose a las 5 t/APC/ha/año propuestas por el gremio palmero (Figura 7).

Estrategias

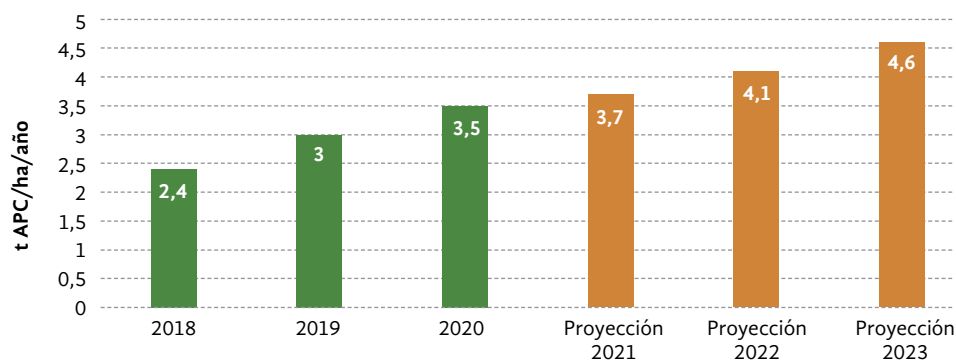
Se implementaron tres tipos:

- 1. Estrategias para la implementación en campo:** con enfoque en el acompañamiento técnico donde se llevaron a cabo montajes de parcelas

demostrativas y áreas parciales con productores líderes, campañas de insectos defoliadores en zonas con alta incidencia de plagas, campañas de manejo adecuado de la PC, capacitaciones grupales y personalizadas en temas agronómicos específicos.

- 2. Estrategias de servicios e insumos para facilitar la adopción:** basadas en gestionar anticipos, financiación para la consecución de fertilizantes, venta de ANA, polen y talco, suministro de plantas nectaríferas, gestión en el registro ICA,

Figura 7. Aportes de APC a la Mega Meta Nacional



financiamiento en material vegetal, suministros de fibra, tusa y lodo, pagos oportunos del RFF suministrado, entre otros.

- Estrategias de puntos de atención al cliente:** que consistió en la apertura de oficinas para mejorar el acercamiento y la atención a los productores.

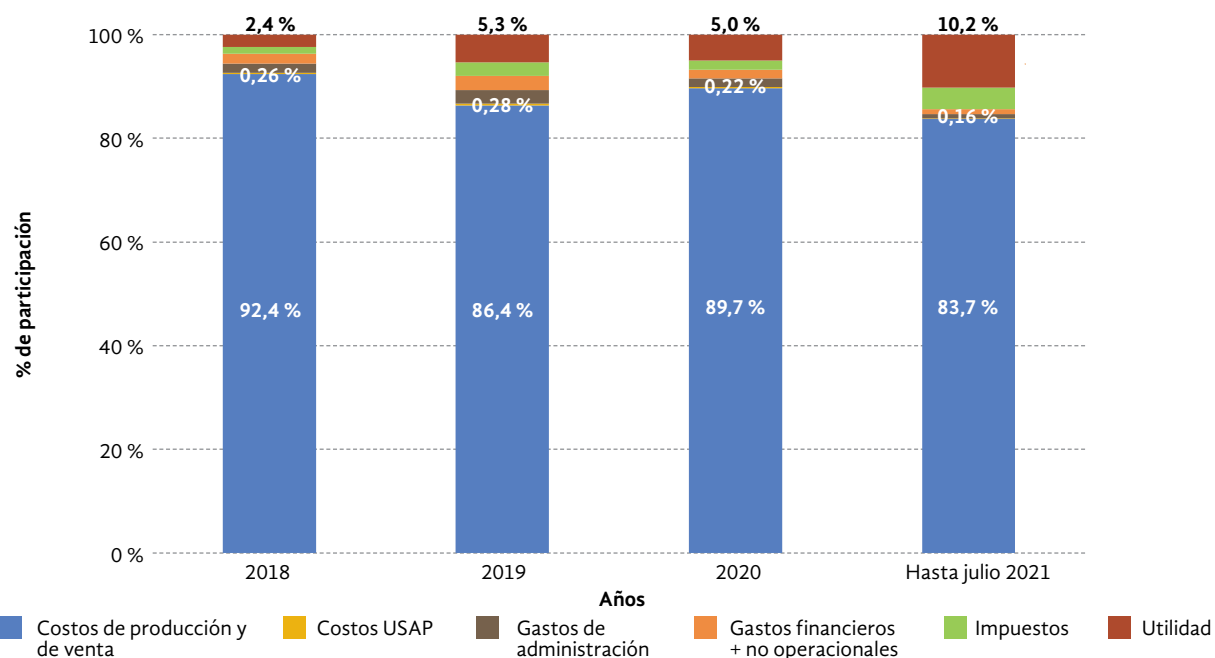
Cabe resaltar que también se reformaron los canales de comunicación por medio de aplicaciones como WhatsApp y concursos que permitiesen a los productores fortalecer el vínculo comercial con el Núcleo.

Análisis económico

El 2018 presentó los costos más altos de producción y venta, pero con utilidades más bajas en comparación con los demás años. El primer semestre de 2021 duplicó la utilidad respecto a todo el 2020.

En todos los años, los porcentajes de costos de la USAP se han mantenido a través del tiempo (Figura 8). Lo que indica que el fortalecimiento del equipo técnico y de las estrategias implantadas no generaron desbalances económicos en la compañía.

Figura 8. PPW desde el 2019 ha mostrado incremento en las toneladas de aceite de palma crudo de palma (APC) permitiéndose acercar a las 5 t/APC/ha/año propuesto por el gremio palmero.



Conclusiones

El fortalecimiento del equipo técnico contribuyó a la mejora de la productividad y efectividad de las estrategias planteadas para el aumento del suministro de RFF a planta de beneficio.

La asistencia técnica con acompañamiento y seguimiento en los cultivos de los aliados estratégicos permitió aumentar en 21 % de ingreso de RFF, lo que aseguró el suministro suficiente, constante, oportuno y de calidad a la planta de beneficio.

La implementación de las acciones en campo y el fortalecimiento del vínculo comercial con los aliados estratégicos generó un aumento de 18 % del

IBT, desde 2018 hasta 2020, demostrando la implementación de las mejores prácticas agronómicas en sus cultivos.

Se logró mantener la fidelización de los aliados estratégicos desde 2018 en un 97 % de la base de suministro de RFF.

Aunque se fortaleció el equipo técnico de la USAP el porcentaje de costos se ha mantenido desde 2018.

Agradecimientos

A los productores, Equipo de la USAP, Junta Directiva de PPW y Cenipalma, en especial a la Unidad de Extensión.

Bibliografía

Fedepalma. (2020). *Lineamientos para asistencia técnica del gremio palmero*.

Base de datos de la Unidad de Servicio y Atención al Proveedor (USAP), Palmeras de Puerto Wilches S. A.

Relación de las demás presentaciones de los Módulos 4, 5 y 6

Other Presentations of Module 4, 5 y 6

Módulo 4: Núcleo Palmero: estrategia clave para promover confianza y trabajo frente al productor

□ Ponencia

Métodos y técnicas para una palmicultura sostenible

Ponente

Denny Alexander Quiñones Gómez, Gerente de Alopal Company S. A. S.

□ Ponencia

GeoPalnorte: innovación al servicio de los productores del Catatumbo

Ponente

Luis Enrique Hernández Silva, Ingeniero de Soporte de Palnorte S. A. S.

Módulo 5: Eficiencia económica en el manejo del negocio (híbrido OxG y *E. guineensis*)

□ Ponencia

Polinización artificial con ácido naftalenacético (ANA) en cultivares *Elaeis guineensis* Jacq.: el caso de Palmeras de Yarima S. A.

Ponente

Miguel Ángel Díaz Durán, Director Agronómico Palmeras de Yarima S. A.

□ Ponencia

Punto óptimo de cosecha: criterios llevados a la práctica

Ponente

Paulo César Cortés López, Administrador de Palmas Santa Fe S. A.

□ Ponencia

Reingeniería de equipos de aplicación de ANA basados en la evaluación de la eficiencia mediante el uso de trazadores fluorescentes

Ponente

Jorge Avelino Rodríguez Lozada, Director Agronómico de Oleaginosas San Marcos S. A.

□ Ponencia

Polinización artificial: ¿pagar por hectárea? o ¿pagar por inflorescencia?

Ponente

Jhonatan Camperos Reyes, Asistente de Investigación Zona Central de Cenipalma

□ Ponencia

Mejora e Innovación de la polinización artificial en el cultivo de palma, en Inparme S. A. S.

Ponente

Mirllán Quintero Campo, Coordinador Agronómico de Inparme S. A. S.

□ Ponencia

Calculadora para la asignación de la mano de obra en la labor de polinización artificial

Ponente

Néstor Fernando Pulido, Director Agronómico de Palmas Monterrey S. A.

□ Ponencia

Modelo de levante y transporte de fruta fresca con sistema tipo Ampiroll Palmeras de Yarima S. A.

Ponente

Leandro Sergio Rojas Reyes, Director de Logística y Calidad de Palmeras de Yarima S. A.

□ Ponencia

Índice de vegetación NDVI como apoyo a las labores agronómicas en plantaciones de palma de aceite

Ponente

Kelly Carolina Torres Sinisterra, Jefe del Sistema de Información Geográfica del Grupo Daabon

□ Ponencia

Evaluación de servicios ecosistémicos; siembra intercalada de un cultivar híbrido OxG con un cultivar *Elaeis guineensis*

Ponente

Carlos Arturo Ochoa Rodríguez, Agrónomo Plantación de Palmeras de Yarima S. A.

Módulo 6. Manejo fitosanitario eficaz en la palma de aceite, un propósito sectorial

□ Ponencia

Reconocimiento y manejo de *Norape* sp. (Lepidoptera: Megalopigidae) como plaga de impacto en la zona sur de Santander

Ponente

Jhon Wilmar Álvarez Peña, Líder de Sanidad Vegetal de Palmeras de Yarima S. A.

- □ **Ponencia**
Experiencia de la campaña manejo de defoliadores de Llano grande, Sabana de Torres Santander
Ponente
Óscar Duván Barón, Profesional USAP de Palmeras de Puerto Wilches S. A.

- □ **Ponencia**
Cuantificación de las pérdidas causadas por el raspador del fruto *Demotispa neivai* en cultivares híbridos
Ponente
Hermán Andrés Niño Estupiñán, Auditor Interno y Control de Calidad de Materia Prima de Extractora Monterrey S. A.

- □ **Ponencia**
Fluctuación poblacional de polinizadores y su relación con la formación de frutos normales
Ponente
Carlos Arturo Ochoa Rodríguez, Profesional de Apoyo Agronómico de Palmeras de Yarima S. A.

- □ **Ponencia**
Estrategias para un manejo eficaz de *Rhynchophorus palmarum*
Ponente
Fredy Jair Rua Alvear, Director Agronómico de Palmas Oleaginosas Bucarelia S. A. S.

Premiación a los mejores pósteres de investigación

Award for the Best Research Posters

FEDEPALMA

En el marco de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite 2021 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 48 piezas gráficas divididas en 4 módulos: mejoramiento y problemáticas fitosanitarias, manejo del cultivo y agricultura de precisión, extensión de tecnologías agroindustriales sostenibles y escalamiento de tecnologías agroindustriales.

El objetivo de este ejercicio era 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 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 Gañan, Responsable de Estrategias Didácticas; Lina Fernanda Loaiza, Gerente de Innovación y Desarrollo de Servicios; y Alcibiades Hines-troza, Líder de Promoción y Desarrollo de Asistencia Técnica, estos últimos de Cenipalma, se dio a la tarea de escoger los mejores trabajos:

Escalamiento de tecnologías agroindustriales

Costos de producción 2020 para la palmiticultura colombiana: estudio de *benchmarking* a empresas adoptantes de buenas prácticas.

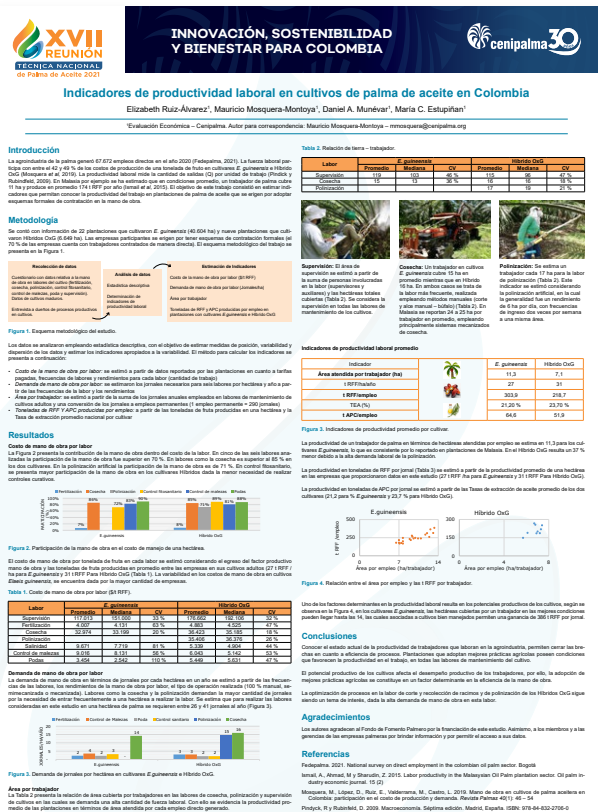
Presentado por: Mauricio Mosquera Montoya, Elizabeth Ruíz Álvarez, Daniel A. Munévar, María C. Estupiñán, Lizeth Díaz, Anderson Guerrero, Silvia L. Cala y Sonia M. Sierra.



Extensión de tecnologías agroindustriales sostenibles

Indicadores de productividad laboral en cultivos de palma de aceite en Colombia.

Presentado por: Elizabeth Ruíz Álvarez, Mauricio Mosquera Montoya, Daniel A. Munévar y María C. Estupiñán.



Premio al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad 2021

Small and Medium Scale Producer Award with Best Country Productivity 2021

ENRÍQUEZ CASTILLO GABRIEL ESTEBAN
Responsable de Extensión de Fedepalma

BELTRÁN GIRALDO JORGE ALONSO
Director de Extensión

Los productores postulados a la versión del Premio al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad 2021 (Premio al productor con mejor productividad 2021) reportaron resultados que alcanzaron entre 22 y 40 t ha año⁻¹, representando aproximadamente entre 4,5 a 9,5 t APC ha⁻¹. Con este rendimiento generalizado en el país se asegura la sostenibilidad económica, ambiental y social de la palmicultura.

Cuando se entrevistaron a los ganadores del premio, la mayoría coincidió en que la razón para tener altas productividades es que aplican las mejores prácticas agrícolas. Fue así como, Juan Camilo Rivero, productor de mediana escala describió: “Una de las prácticas para lograr mayor producción ha sido poner las hojas de la poda y de la cosecha alrededor del plato. Al tener como base la conservación de plantas nectaríferas y de controladores biológicos, así como los monitoreos periódicos, tanto de insectos plaga como de sus controladores, se han dismi-

nuido las aplicaciones de insecticidas químicos en esta plantación. Es así como, desde 2018 no hemos tenido necesidad de aplicar insecticidas a su follaje”. Un mensaje que, al venir por parte de un productor ganador, puede generar un efecto multiplicador entre sus pares. Y es que en cada zona palmera del país se encuentran palmicultores que, como Juan Camilo y los ganadores del premio, actúan como voceros para la toma de decisiones de grupos de productores. En pocas palabras, hay un sistema de transferencia de tecnología horizontal que funciona de productor a productor e impacta a un mayor número de personas.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el país palmero colombiano existen aproximadamente 6.000 productores de pequeña escala que representan 85 % de los palmicultores nacionales y 700 productores de mediana escala que representan el 12 % de estos. De los 2 grupos, 26 productores de pequeña escala (con plantaciones menores a 50 ha) y 15 de mediana escala

(con plantaciones entre 51 y 500 ha) fueron destacados en el marco de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, el encuentro técnico más importante de la palmicultura y que reúne a todos los actores de este renglón de la economía.

En total fueron 7 los palmicultores homenajeados en esta tercera versión, que organiza la Dirección de Extensión de Cenipalma desde 2019, y que en esta ocasión incluyó, además de los pequeños, a los medianos productores.

El propósito de este premio es empoderar a quienes con sus mejores prácticas agrícolas (MPA) y de

sostenibilidad alcanzan altos niveles de productividad y, por ende, se convierten en productores referentes de sus regiones, tanto para la multiplicación del conocimiento como para la generación de empleo y desarrollo local.

Se premió al mejor productor de cada zona palmera de Colombia, Norte, Central, Oriental y Suroccidental en las dos categorías Pequeña (Tabla 1) y Mediana Escala (Tabla 2).

El jurado aceptó postulaciones debidamente fundamentadas, para lo cual se recibieron certificados por parte del postulante y de los Núcleos Palmeros

Tabla 1. Los ganadores del Premio al Productor de Pequeña Escala con Mejor Productividad 2021 fueron:

Zona	Productor y Núcleo Palmero	Hectáreas	Ubicación	Producción
Norte	Adolfo Sepúlveda Durango de Bioplanta Palmera para el Desarrollo S. A.	6,7 hectáreas sembradas	Finca La Pastrana, ubicada en la vereda La Fortuna, Chigorodó (Antioquia)	9,6 toneladas de aceite por hectárea en 2020
Suroccidental	Luis Artemio Olivero Boya del Núcleo Palmas de Tumaco S. A. S.	5 hectáreas sembradas	Finca La Cabaña, vereda Imbilí La Loma, Tumaco-(Nariño)	6,9 toneladas de aceite por hectárea en 2020
Oriental	Carlos Arturo Camargo Rojas de la Extractora del Sur de Casanare	8 hectáreas sembradas	Finca Los Madroños, vereda el Guaimaro, Aguazul (Casanare)	5,3 toneladas de aceite por hectárea en 2020

Tabla 2. Los ganadores del premio al Productor de Mediana Escala con Mejor Productividad 2021 fueron:

Zona	Productor y Núcleo Palmero	Hectáreas	Ubicación	Producción
Central	Jameths Rodríguez Gutiérrez de Palnorte S. A. S.	65 hectáreas sembradas	Plantaciones: El Silencio, en la vereda Refinería; Santa Marta, en la vereda El Treinta; y Villa Lorena, en la vereda El Líbano; en Tibú (Norte de Santander)	5,6 toneladas de aceite por hectárea en 2020
Oriental	Juan Camilo Riveros de Oleaginosas San Marcos S. A.	233 hectáreas sembradas	Sorevir Ltda., vereda Aguadas San Martín (Meta)	5,1 toneladas de aceite por hectárea en 2020
Norte	Antonio Francisco Guerra Araujo de Palmagro S. A.	56,8 hectáreas sembradas	Hacienda Barcelona, corregimiento de Santa Isabel Curumaní (Cesar)	4,7 toneladas de aceite por hectárea en 2020
Suroccidental	Danny Alexander Quiñones Gómez del Núcleo Palmas de Tumaco S. A. S.	76 hectáreas sembradas	Palmacol, vereda El Descanso, Tumaco (Nariño)	4,7 toneladas de aceite por hectárea en 2020

que acreditaron la producción en toneladas por hectárea, y se revisaron videos realizados por el productor en el que se demostraba la implementación de las mejores prácticas.

En esta categoría, los jurados decidieron hacer una mención especial a Mardoqueo Ortiz Angulo, de la Extractora Santafé S. A. S, quién con 25 hectáreas sembradas en la finca El Carmen, corregimiento de Candelillas, Tumaco (Nariño), obtuvo una producción de 6,6 toneladas de aceite por hectárea en 2020.

En la Zona Central el premio al productor de pequeña escala fue declarado desierto, pero los jurados decidieron otorgar mención a Nury Constanza Piñeres Hernández, de Palmas del Cesar S. A.

El reto del sector es crecer cada día en productividad y, en consonancia, se deben implementar diferentes estrategias que impacten a los demás productores para alcanzar resultados superiores a 40 t ha año⁻¹ y más de 9,5 t APC ha año⁻¹ en el menor tiempo posible. El modelo está establecido: las mejores prácticas agrícolas son el camino y el sistema de transferencia horizontal es una de las soluciones.

Se felicita a los ganadores de la versión del 2021, a los Núcleos Palmeros de quienes son proveedores y a todos los postulados de esta versión (Tabla 3).

“La agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre”. Marco Tulio Cicerón.

Tabla 3: Los ganadores del Premio al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad fueron merecedores de los siguientes premios:

Premio	Productor de pequeña escala	Productor de mediana escala
Fertilizante (patrocinado por Monómeros)	1,5 toneladas métricas de fertilizante complejo granulado	2,5 toneladas métricas de fertilizante complejo granulado
Feromonona o ANA (patrocinado por Tecnopalma)	Elegir entre 10 difusores de feromona Rhynchophorol C o 1 kilogramo de Polinizador Artificial al 98 %, además de 1 análisis completo que puede ser de tejido foliar o de suelos	Elegir entre 20 difusores de feromona Rhynchophorol C o 1 kilogramo de Polinizador Artificial ANA al 98 %, además de 1 análisis completo de tejido foliar y de suelos
Afiliación a Fedepalma y participación al Congreso Palmero (patrocinado por la Dirección de Asuntos Institucionales)	Afiliación y sostenimiento por un año a Fedepalma	Inscripción a dos Congresos Palmeros virtuales o a uno si es presencial
Participación en la Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite	Inscripción gratuita a la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite 2021 y a dos nuevas versiones que se realicen de manera consecutiva.	Inscripción gratuita a la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite 2021 y a dos nuevas versiones que se realicen de manera consecutiva.
Tienda palmera	1 kit de asados que incluye estuche y 5 piezas	
Día de campo (estaciones experimentales en cada zona palmera)	Un pasadía con un acompañante en el campo experimental de su zona de influencia (CEPS, CEPV, CEPC y La Providencia) que incluye transporte ida y regreso desde su lugar de residencia, hospedaje (si aplica), recorrido por las instalaciones y reseña para el salón de la fama de los mejores productores del país.	

Resumen y conclusiones de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Overview and Concluding on the XVI National Technical Meeting in Oil Palm

BELTRÁN GIRALDO JORGE ALONSO
Director Extensión

ENRÍQUEZ CASTILLO GABRIEL ESTEBAN
Responsable de Extensión Zona Norte

Bajo el lema “Innovación, sostenibilidad y bienestar para Colombia”, la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), con el apoyo de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (Fedepalma), llevo a cabo entre el 27 de septiembre y 1 de octubre de 2021 la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite 2021 (RTN).

Este evento les permitió a los participantes aproximarse por medio de la tecnología y conocer las experiencias valiosas que realizan los técnicos al interior de las plantaciones y plantas de beneficio. Con respecto a la RTN número XVI, que también fue virtual, la organización mejoró y se pudieron optimizar algunas debilidades con una nueva plataforma más dinámica, interactiva y enfocada en el detalle. En esta versión participaron 676 usuarios, de los cuales más de 100 eran productores de pequeña escala que pudieron acceder desde zonas alejadas del país y recibir la información que se compartió en cada una de las

presentaciones. Por otra parte, basados en una muestra de 69 encuestas, el promedio general de conexión fue de 4 personas por dispositivo. Si se calcula la audiencia total, podrían ser más de 1.000 personas las que estuvieron presentes en el evento virtual.

En general se recibieron grandes elogios por parte de los palmicultores, por consiguiente, la encuesta de satisfacción tuvo un promedio general de 4,7 sobre 5. Se espera que la próxima RTN se pueda hacer un evento presencial para continuar fortaleciendo estos espacios tan importantes para el sector.

Selección de trabajos en las zonas palmeras

Desde el mes de marzo, los técnicos de los Comités Regionales Agronómicos y de Plantas de Beneficio de las cuatro zonas palmeras iniciaron, en conjunto

con los extensionistas e investigadores de Cenipalma, la selección de los trabajos para la elaboración de la agenda académica. Es así como en total se presentaron 32 ponencias con 18 trabajos de Zona Central, seguidos de 8 de la Oriental, 4 expositores de la Norte y 2 de la Suroccidental (Figura 1). A estas se sumaron 5 trabajos de Cenipalma y una ponencia de la Universidad Nacional de Colombia, para completar la programación (Figura 1).

Convocatoria

Inicialmente se actualizó el sitio web de la RTN <https://www.cenipalma.org/reunion-tecnica/> para que los usuarios conocieran con varias semanas de anticipación la programación del evento y pudieran acceder directamente a las inscripciones; además, se usaron las redes sociales de la Federación (Twitter, Facebook, Instagram, LinkedIn, Semanario palmero), grupos de WhatsApp de las zonas e invitación directa para compartir piezas con información relevante, los últimos acontecimientos y el cubrimiento

de las charlas y ponencias del evento con la etiqueta #ReuniónTécnica2021.

Informe de medios

Gracias al trabajo del equipo de Comunicaciones de la Federación se logró difundir información sobre las novedades de lo ocurrido antes, durante y después de la RTN. En este sentido, el análisis de medios se efectuó con la clasificación y monitoreo de noticias de los medios de comunicación radiales, televisivos, escritos y portales web de las regiones del país relacionados con el evento entre agosto y septiembre (Figura 2).

En total se registraron 74 noticias sobre la RTN con una audiencia nacional y regional de 1.045.647 y 662.346 personas, respectivamente, en 8 departamentos del país. Los medios de comunicación de la ciudad de Barranquilla fueron quienes hicieron el mayor despliegue de información con 13 noticias, seguido de Villavicencio con 12.

Figura 1. Participación en ponencias por zona palmera

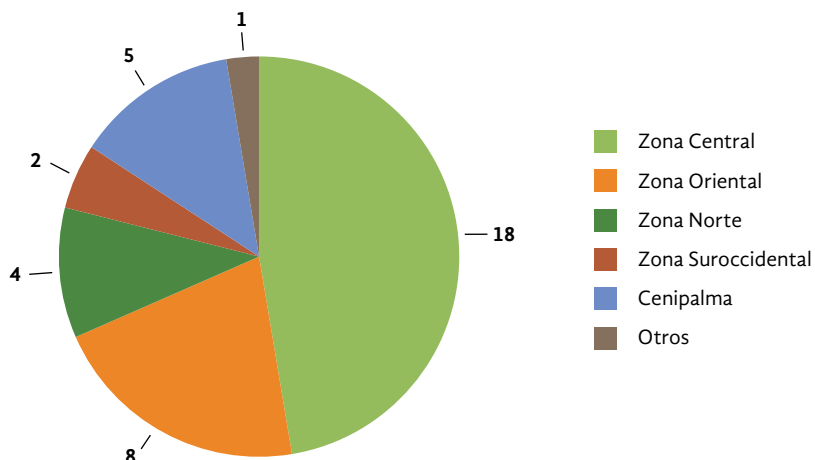
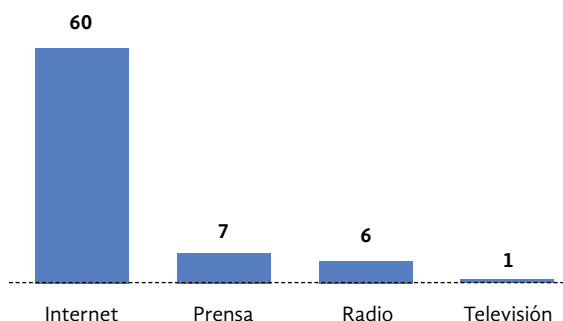


Figura 2. Informe de medios de la XVII RTN



Plataforma

La empresa colombiana Eventmovil construyó una plataforma personalizada para Cenipalma con visual espacial inmersiva de 360 grados. El usuario con su ingreso desde la fachada hasta el *lobby* podía consultar información, descargar el certificado de participación, observar las *biodata* de los expositores, acceder a la programación y a los videos de las sesiones anteriores; entrar al salón de las plenarias, visitar la muestra comercial de los patrocinadores, observar y calificar cada póster en la galería y sumar palmipuntos con cada interacción.

Para el desarrollo del evento en la plataforma se organizaron 6 módulos para las charlas durante la semana; 4 para la galería de pósteres, y 9 *stands* para patrocinadores.

Indicadores de participación virtual

En general, hubo una tasa de participación de 96 % en la transmisión de todos los módulos, es decir, durante el desarrollo de las charlas y ponencias solo 4 % de los asistentes que ingresó a la plataforma no participó de las exposiciones durante su conexión. Del mismo modo, en la sala de pósteres hubo 18.282 interacciones y 1.733 calificaciones a los trabajos y finalmente, la tasa de ingreso en la muestra comercial fue de 96 %. Esto último demuestra que la inversión que

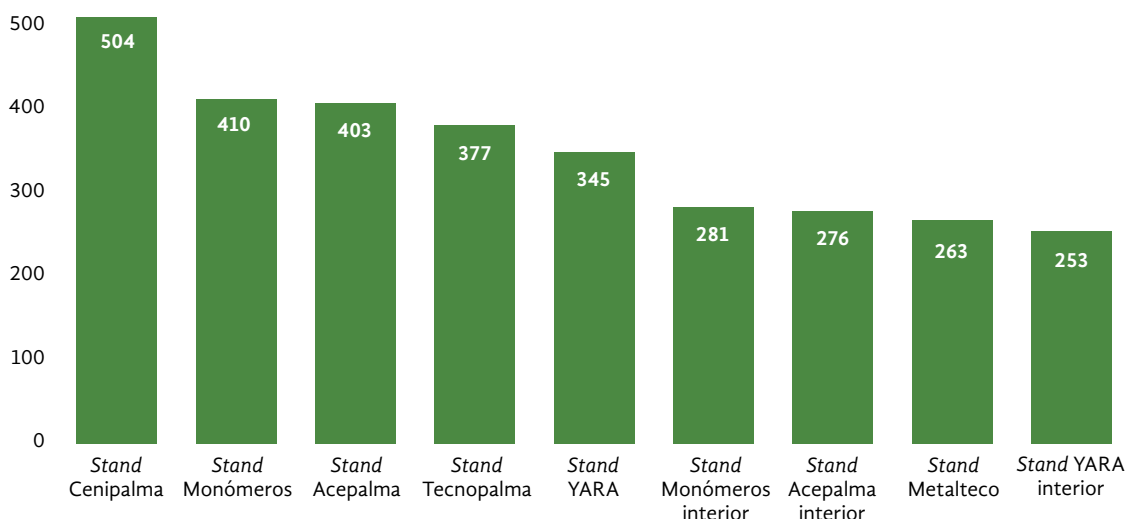
realizan los patrocinadores se traduce en visitas a sus *stands* para forjar actividades comerciales (Figura 3).

Desarrollo del evento

Los días 23 y 24 de septiembre se realizaron por primera vez talleres pre-Reunión Técnica. El primero dirigido a los palmicultores inscritos, llamado: *Los drones al servicio de la palmicultura, usos actuales, perspectivas y avances en investigación*, presentado por el Líder del Área Geomática del Programa de Agronomía, Jorge Luis Torres León; evento que tuvo la participación de 108 personas en simultáneo.

En este taller se presentaron diversos temas referentes al uso de aeronaves remotamente pilotadas, específicamente en el contexto de la agroindustria de la palma de aceite. Luego se abordó el uso de esta tecnología para monitoreo de plantaciones desde el aire, donde se mostraba como sería una solución encaminada a visualizar en tiempo real diferentes sectores de la plantación desde una oficina o una pantalla conectada a la red de la empresa o internet. Se revelaron los usos de estos equipos para inventarios, detección de anomalías a nivel de palma e incluso lo relacionado con infraestructuras, vigilancia, levantamiento de plantaciones, identificación de coberturas, entre otros. Asimismo, los proyectos de Cenipalma encaminados a la teledetección de enfermedades y de estimación de nutrimentos a nivel foliar usando estas

Figura 3. *Stands* comerciales más visitados



aeronaves, pero montando sensores especiales como cámaras multiespectrales y cámaras térmicas de alta resolución. Por último, se mostraron diferentes pruebas que se están realizando con drones de aspersión aérea de precisión, con el objetivo de desarrollar una alternativa para las rondas fitosanitarias en palmas altas, labor que hoy día tiene muchos desafíos con la tecnología que se usa en tierra. Al final hubo una sección en la cual una empresa invitada llamada Galileo Instruments, expuso otros sensores que hacen que estos equipos sean útiles para levantamiento 3D y de alta precisión de territorios y coberturas.

Otro ejemplo de cómo se desarrollaron los talleres pre-RTN fue el de *GeoPalma Pro by PSA*. Este evento abierto para todo público tuvo la participación de 141 interesados en esta plataforma. La exposición estuvo a cargo de Jose Elkin Ruiz Martínez, Especialista en Servicios Edafológicos de Tecnopalma, quien destacó el avance de Geopalma en su migración de ser una aplicación de temas únicamente técnicos a convertirse en una herramienta con un enfoque técnico-administrativo y gerencial, en donde se pueden obtener una serie de indicadores para el manejo de las plantaciones.

Con las experiencias de estas empresas palmeras se exaltó la importancia del componente humano y la logística que se requiere para subir y bajar datos. Por esta razón se comentó que las empresas que adquieren esta tecnología simplemente no deben instalar un programa para que funcione, sino que se debe hacer un esfuerzo desde lo administrativo y práctico para que la gente pueda manejar el sistema.

Finalmente, se destacó que Geopalma PRO se encuentra en búsqueda de un sistema compacto para que agrónomos, personal administrativo y gerentes tengan una herramienta única para el manejo técnico, de personal e indicadores del cultivo para mejorar la integralidad y funcionalidad en todos los niveles de las empresas.

Agenda académica XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

El lunes 27 de septiembre de 2021 la transmisión inició con el saludo del Presidente Ejecutivo de Fedepalma, Nicolás Perez Marulanda, quien aseguró que el trabajo conjunto entre Cenipalma, las gerencias y los equipos técnicos de las plantaciones y plantas de beneficio, conlleva a encontrar soluciones y a hacer

comprobación de las innovaciones propuestas por el Centro de Investigación.

A continuación, Alexandre Cooman, Director General de Cenipalma, compartió sus reflexiones e ilustró los impactos positivos resultantes de los trabajos de investigación y extensión a lo largo de 30 años como parte de un gremio sólido como Fedepalma, proporcionando soluciones tecnológicas y gestión para mejorar la competitividad del sector.

Finalizando los actos protocolarios, Elzbieta Bochno, Secretaria General, presentó los reconocimientos recibidos por Cenipalma por los 30 años de historia entre los palmicultores colombianos.

Con la apertura de la agenda académica realizada por Silvia Cala, Extensionista de Plantas de Beneficio en Zona Oriental se inició con el *Módulo 1. Nutrición y manejo del agua, factores determinantes en el cultivo de palma de aceite* con una presentación magistral del Nolver Arias, Coordinador del Programa de Agronomía, seguido de cinco ponencias de las zonas.

En los diferentes trabajos presentados en este módulo, se corroboró que el manejo adecuado del suelo y el agua es fundamental para la sostenibilidad de la palma de aceite en Colombia. Para ello, se cuenta con diferentes tecnologías eficientes y de bajo costo que pueden implementarse en las plantaciones, tales como el uso de la biomasa generada en el mismo cultivo, el establecimiento de coberturas vegetales, uso de enmiendas para la corrección de suelos con acidez o desbalance de bases, sistemas de riego y drenaje eficientes, aunado al apoyo de la agricultura de precisión para ser más eficientes en las labores.

La mejor ponencia de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite se ubicó en el Módulo 1, presentada por Miguel Ángel Díaz Durán, Director Agronómico de Palmeras de Yarima S. A., con el trabajo *Manejo de la toxicidad por aluminio (Al³⁺) como limitante del crecimiento y la productividad: el caso de Palmeras de Yarima S. A.* Del mismo modo, el primer lugar de este módulo lo obtuvo el trabajo presentado por Oscar Alejandro Castillo Reyes, Director Agronómico de Bioplanta S. A. con la ponencia: *Incremento en el contenido de materia orgánica del suelo con el uso de biomasa del cultivo como estrategia para mantener altas productividades.*

El martes 28 de septiembre hubo dos módulos simultáneos (2 y 3). El Módulo 2, *Plantas de beneficio eficientes para incrementar calidad de aceite y sosteni-*

bilidad, organizado con nueve ponencias, inició con la charla magistral: *Productividad y calidad de aceite, retos para el sector palmero colombiano*, realizada por Jesús Alberto García Núñez, Coordinador del Programa de Procesamiento de Cenipalma.

El Módulo 2 resaltó los avances en plantas de beneficio de las zonas palmeras, los retos a los que se enfrenta y la evolución e incremento de la producción de aceite de palma en Colombia. Se resaltó el aumento de cultivares híbrido OxG, y cómo los técnicos han adaptado el proceso de extracción. Además, se mencionó que el aceite de palma y el de palmiste han aumentado su participación en el mercado de aceites y grasas en 140 % en comparación a los aceites de soya, canola, girasol y otros, lo que conlleva a exigencias del mercado con nuevos parámetros de calidad, razón por la cual las plantas de beneficio se deberían alinear con tecnologías que permitan analizar factores que anteriormente no se contemplaban.

De esta manera, el primer lugar del Módulo 2 fue Manuel Rodrigo Aguirre, Director de Planta, Extractora del Sur del Casanare S. A. S. con la ponencia: *Uso de enzimas en el procesamiento de RFF en planta de beneficio*. El objetivo de este trabajo se basó en la evaluación de dos tratamientos enzimáticos con y sin agua de dilución sobre el proceso de extracción de aceite de palma. Se describió que en la industria alimentaria las enzimas se utilizan para recuperar subproductos, estabilizar la calidad de los alimentos y mejorar la eficiencia de los procesos. La aplicación enzimática se realizó sobre frutos esterilizados de racimos de *E. guineensis* a la salida del tambor desfrutador bajo las condiciones normales de procesamiento (temperatura del digestor 90 °C). Como resultado, encontraron que la mayor eficiencia de separación del aceite se logra con el tratamiento enzimático sin agua de dilución (13 % más que el proceso convencional de extracción), reduciendo la viscosidad y aumento la velocidad de separación. Lo anterior, permite reducir en 0,17 % la pérdida de aceite en efluentes.

El Módulo 3, *Sostenibilidad en la producción de aceite de palma*, presentó una charla magistral a dos voces. Inició Andrés Felipe García Azuero, Director de Planeación Sectorial y Desarrollo Sostenible de Fedepalma con la charla magistral *Diferenciación competitiva en sostenibilidad: una oportunidad para la palmicultura colombiana*, y la complementó Felipe Fonseca Fino, Director General de la UPRA con la ponencia *Actualización del mapa de aptitud para el*

cultivo comercial de palma de aceite: una herramienta para la planificación de los paisajes palmeros. El módulo tuvo seis ponencias más.

En resumen, este módulo logró resaltar que no solo se necesita ser sostenible para cumplir una serie de requisitos de mercado, sino que se debe avanzar en el relacionamiento social, trabajar de manera armónica con los paisajes biodiversos y diseñar proyectos sostenibles en el largo plazo. Es así como la articulación del gremio, los productores y otros actores públicos y privados, permitirá afrontar los distintos retos que se presentan en el futuro. En este camino, la Estrategia de Sostenibilidad Sectorial, o Línea de Sostenibilidad, es la apuesta fundamental para lograr este objetivo. De acuerdo con lo anterior, el primer lugar del Módulo 3 lo obtuvo la ponencia *Banco de biodiversidad Poligrow Colombia*, presentada por Emilio Fandiño Laverde, Líder Ambiental en esta organización ubicada en Mapiripán, Meta.

En la mitad de la semana académica hubo un hito muy importante. Se logró reunir a cuatro directores de los centros de investigación más reconocidos del país: Jorge Mario Díaz Granados Luengas, Director Ejecutivo de Agrosavia; Freddy Fernando Garcés Obando, Director General de Cenicaña; Álvaro León Gaitán Bustamante, Director de Cenicafé; y Alexandre Patrick Cooman, Director General de Cenipalma. Como punto esencial del conversatorio, consideraron que la investigación necesita estabilidad en materia de recursos para garantizar la permanencia de los programas. Asimismo, que la inversión en ciencia y tecnología debe regresar al productor. Por esto, se deben medir los resultados de investigación, garantizando una relación entre el costo que se da con adopción tecnológica y el beneficio que se obtiene en el corto, mediano y largo plazo.

Coincidieron en la importancia de definir la agenda de investigación fundamentada en las necesidades de los productores, para así responder a los desafíos de productividad, menores costos, calidad y sostenibilidad; entre tanto, los desafíos globales como el cambio climático, las exigencias del consumidor y la seguridad alimentaria no se deben perder de vista.

Al finalizar el conversatorio de ciencia, tecnología e innovación continuó el Módulo 4, *Núcleo palmero: estrategia clave para promover confianza y trabajo frente al productor*, con la charla magistral *Conociendo el perfil socioeconómico de los productores para promover la adopción de tecnología*, a cargo de Alci-

biades Hinestroza Córdoba, Líder de Asistencia Técnica; cuatro ponencias más continuaron con la agenda. En este módulo, se exploraron diferentes experiencias de éxito sobre el impacto de la asistencia técnica y el papel de los Núcleos Palmeros para motivar decisiones acertadas en los palmicultores. Se resaltó la visión de relacionamiento con los aliados estratégicos, promoviendo una relación gana-gana, en la cual el productor mejora sus ingresos y su calidad de vida y de la misma forma la planta de beneficio recibe una mejor calidad de fruto. Del mismo modo, se describió la importancia de conocer el perfil socioeconómico de los productores, lo que se puede convertir en el norte del sector para ajustar los servicios que presta la asistencia técnica al perfeccionar las metodologías de extensión que se generan, y permitir entender las diferentes externalidades e influencias que motivan o atrasan a los palmicultores para adoptarlas.

El primer lugar del Módulo 4 lo ocupó Laura Lise-th Bello Caicedo, Estudiante en Pasantía de Agronomía en Palmeras de Puerto Wilches, con la ponencia *Implementación de las mejores prácticas de manejo de los cultivares híbrido OxG en la palmicultura a pequeña escala*.

Como en la versión anterior, esta vez también hubo un reconocimiento en la categoría trabajos presentados por participantes que asisten a la RTN por primera vez. La ganadora fue Anngey Lorena Banderas Pereira, Profesional Asistencia Técnica de Palmeras de Puerto Wilches S. A. con la ponencia: *Experiencias de la Unidad de Servicio y Atención al Proveedor (USAP) del Núcleo Palmeras de Puerto Wilches S. A., en pro del aseguramiento de fruta de palma de aceite a planta extractora*.

El penúltimo día de la programación se presentó el Módulo 5, *Eficiencia económica en el manejo del negocio (híbrido OxG y E. guineensis)*, iniciando con dos charlas magistrales que respondían a dos incógnitas: *¿Puede ser el negocio de la palma más competitivo? (híbrido OxG y E. guineensis)* y *¿ANA en cultivares Elaeis guineensis?*, la cual se realizó entre Mauricio Mosquera Montoya, Coordinador Unidad de Validación, e Iván Mauricio Ayala Díaz, Líder en Fitomejoramiento de Cenipalma, respectivamente.

El módulo resumió una realidad actual: los costos y el uso de la tecnología ANA en cultivares *E. guineensis* e híbrido OxG compartido por las plantaciones, pues se trató de un repaso por diferentes tecnologías de vanguardia desarrolladas en las zonas, en algunos

casos con el apoyo de investigadores de Cenipalma. Cada expositor tuvo la oportunidad de mostrar avances en transporte de fruto, uso de imágenes satelitales, punto óptimo de cosecha y tecnologías de polinización. Por consiguiente, el primer lugar del Módulo 5 fue para el Coordinador Agronómico de Inparme S. A. S., Mirllán Quintero Campo con su ponencia *Mejora e innovación de la polinización artificial en el cultivo de palma, en Inparme S. A. S.*

El quinto y último día de la programación se presentó la charla magistral *Innovación en el diagnóstico y manejo de enfermedades de palma de aceite*, realizada por Hernán Mauricio Romero Angulo, Director de Investigación de Cenipalma, finalizando junto a cinco ponencias.

La programación del Módulo 6, *Manejo fitosanitario eficaz en la palma de aceite, un propósito sectorial*, trajo entre sus temas las experiencias en el manejo de los insectos plaga e insectos benéficos como punta de lanza de las innovaciones que se realizan en las plantaciones. El ganador del primer lugar de este módulo fue Fredy Jair Rua Alvear, Director Agronómico de Palmas Oleaginosas Bucarelia S. A. S., con la ponencia *Estrategias para un manejo eficaz de Rhynchophorus palmarum*.

Al finalizar la programación, se realizó la premiación al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad.

Conclusiones

La XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, un encuentro que por segunda vez consecutiva se realizó de manera virtual, respondió a cómo la palmicultura se ha adaptado a esta realidad y ha permitido optimizar el uso de las tecnologías y la conectividad, demostrando que cuando existe el interés, el deseo y la convicción de lo que se hace, es posible encontrar la manera de estar vinculados activa y colectivamente. Cenipalma ha hecho el mayor esfuerzo para garantizar la realización de este evento que tradicionalmente permite compartir no solo los resultados de las experiencias vividas en las plantaciones y en las plantas de beneficio del país, sino también las investigaciones lideradas por el Centro en materia de innovación y de transferencia de tecnología, todas ellas tendientes a lograr una agroindustria competitiva y sostenible.

Se está llegando cada vez más a los productores a través de una agenda de investigación establecida a partir de sus demandas; con presencia regional con los campos experimentales; con productos y servicios especializados; y con transferencia de tecnología y fortalecimiento de la asistencia técnica a través de Núcleos Palmeros u otras organizaciones prestadoras de servicios.

Las empresas del sector; las cuales son las protagonistas de esta RTN por compartir sus experiencias vividas y socializadas por los técnicos de plantación y plantas de beneficio en lenguaje claro y contundente, junto con los resultados de las investigaciones de Cenipalma; aportan a la competitividad, prosperidad y sostenibilidad de esta agroindustria.

El 87 % de las 38 ponencias fueron seleccionadas por los Comités Asesores Regionales Agronómicos y de Plantas de Beneficio en donde predomina la alta calidad con aplicabilidad. Además, es grato in-

dicar que 66 % de las ponencias fueron presentadas por técnicos que intervinieron por primera vez en la RTN, evidenciando así un sano balance entre experiencia, juventud y relevo de conferencistas.

El Premio al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad es una fuente de orgullo para el sector, ya que exalta el esfuerzo de aquellos productores que adoptan las tecnologías para seguir siendo productivos, rentables, sostenibles y siempre en la búsqueda de mejor calidad de vida.

Los retos para mejorar productividad, estatus fitosanitario y manejo sostenible de la palmicultura continúan de la mano entre plantaciones y plantas de beneficio para seguir afinando el conocimiento y mejorar la calidad de vida de los productores.

Finalmente, en 2022 está programada la XX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite, en Cartagena, una nueva versión en la que se espera volver a los eventos presenciales.



CATÁLOGO DE EXPOSITORES

Patrocinador Diamante y Premio al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad 2021

Monómeros

Dirección: vía 40, Las Flores. Barranquilla, Colombia
Teléfono: 605 361 8650
Contacto comercial: María Alexandra Montoya
Celular: 311 422 8133
Página web: www.monmeros.com
Correo electrónico: mamontoya@monmeros.com.co

Patrocinador Esmeralda

C.I. Acepalma S. A.

Dirección: calle 90 # 19-41. Bogotá, Colombia
Teléfono: 601 317 1387
Contacto comercial: Paola Andrea Toledo Concha
Celular: 315 360 1073

Página web: [https:// www.acepalma.com](https://www.acepalma.com)
Correo electrónico: servicio.cliente@acepalma.com

Patrocinadores Oro

Tecnopalma

Dirección: calle 21 # 42-55. Bogotá, Colombia
Teléfono: 601 208 8660, ext. 3000-3001
Contacto comercial: Ricardo Alexander Muñoz Serrano
WhatsApp contacto comercial: 315 588 3850
Página web: <https://www.cenipalma.org/tecnopalma/>
Correo electrónico: rmunoz@cenipalma.org

Yara Colombia S. A.

Dirección: carrera 11 # 94 A-34, piso 3, edificio LG. Bogotá, Colombia
Teléfono: 601 744 1470
Contacto comercial: Karen Díaz
Celular: 317 510 9519

Página web: www.yara.com.co
Correo electrónico: mercadeo@yara.com

Patrocinadores Plata

Metalteco

Dirección: kilómetro 6, vía Bucaramanga-Girón.
Bucaramanga, Colombia
Teléfono: 318 680 1717
Contacto comercial: Édgar Augusto Marín/Alonso
García/Edwin Cruz
Celular: 318 680 1717
Página web: www.metalteco.com
Correo electrónico: contacto@metalteco.com

Phina Biosoluciones S. A. S

Dirección: calle 28 # 20-80. Bucaramanga, Colombia
Teléfono: 607 652 1980
Contacto comercial: Omar Cadena Gómez
Celular: 322 219 5234
Página web: <http://phinabiosoluciones.com/>
Correo electrónico: ocadena@phinabiosoluciones.com

Disan Colombia S. A.

Dirección: Autopista Medellín km 1,6 costado norte
vía Cota, Colombia
Teléfono: 607 587 7788
Contacto comercial: Diego Borrero
Celular: 607 318 359 8826
Página web: www.disanagro.com
Correo electrónico: diego.borrero@disan.com.co

Navitrans

Dirección: v. Américas # 39-73. Bogotá, Colombia
Teléfono: 607 485 6565
Contacto comercial: Julián Pescador
Celular: 320 343 8243
Página web: <https://www.navitrans.com.co/>
Contáctenos/NuestrasSedes.aspx
Correo electrónico: jpescador@navitrans.com.co

Patrocinadores Bronce

Distribuidor Malayo S. A. S.

Dirección: calle 23 BN # 3N-87 Barrio Versalles.
Cali, Colombia

Teléfono: 602 668 0388
Contacto comercial: Luis Felipe Ocampo
Celular: 317 515 6796
Página web: www.distrimalayo.com
Correo electrónico: felipe.ocampo@distrimalayo.com

Ingeniería, Maquinaria y Equipos de Colombia (IMECOL S. A. S.)

Dirección: km 8 recta Cali-Palmira. Valle del Cauca,
Colombia.
Teléfono: 602 666 6605
Contacto comercial: Oscar Bianchi
Celular: 318 271 8817
Página web: www.imecol.com
Correo electrónico: obianchi@imecol.com

Fedepalma-Sello de Aceite de Palma 100% Colombiano

Dirección: calle 98 # 70-91, Bogotá, Colombia
Teléfono: 601 313 8600
Contacto comercial: Diana Marcela Alvao
Celular: 320 962 7331
Página web: <http://www.lapalmaesvida.com>
Correo electrónico: dalvao@fedepalma.org

Expositores

Danco Internacional S. A. S.

Dirección: km 3 carretera La Cordialidad vía Galapa.
Atlántico, Colombia.
Teléfono: 318 678 9475
Contacto comercial: Amarilis Narváez
Celular: 318 678 9475
Página web: <https://www.danco.co/>
Correo electrónico: ventas@danco.co
coordinacion@danco.co

Semillas Elite de Palma para Las Américas S. A. S. (Sepalm S. A. S.)

Dirección: carrera 9 # 74-08, of. 208, edificio
Profinanzas. Bogotá, Colombia.
Teléfono: 601 744 9089-601 744 9097
Contacto comercial: Carolina Rojas Ramírez
Celular: 312 304 3951
Página web: www.semillasdepalma.com
Correo electrónico: crojas@sepalm.com.co

CID Palmero

Dirección: calle 98 # 70 - 91 piso 14. Bogotá,
Cundinamarca.

Teléfono: 601 313 8600, ext.: 1500

Contacto comercial: Daniel Puentes

Celular: 310 799 1627

Página web: <https://cidpalmero.fedepalma.org/>

Correo electrónico: cidpalmero@fedepalma.org

Banco Agrario de Colombia S. A.

Dirección: carrera 8 # 15-43. Bogotá, Colombia.

Teléfono: 01 8000 91 5000

Contacto comercial: María Paula Majé Cubides

Celular: 318 309 4609

Página web: www.bancoagrario.gov.co

Correo electrónico:

servicio.cliente@bancoagrario.gov.co

CCV de Colombia S. A. S.

Dirección: calle 77 # 13-47, oficina 505. Bogotá,
Colombia.

Teléfono: 601 745 7757

Contacto comercial: Lizeth Santamaría

Celular: 314 587 9500

Página web: <https://www.ccvgrupo.com.co>

Correo electrónico: lizethsantamaria@ccvgrupo.com

CI Tequendama S. A. S.

Dirección: carrera 1 # 22-58, piso 11, edificio Bahía
Centro. Santa Marta, Colombia.

Teléfono: 605 432 8120

Contacto comercial: Reneta Uribe

Celular: 310 767 4486

Página web: www.daabon.com

Correo electrónico: ruribe@daabon.com.co

EIMPSA, Eléctricos Importados S. A.

Dirección: carrera 63 # 17-70, Bogotá/ carrera 46 No.
39-42. Barranquilla, Colombia.

Teléfono: 601 327 5222

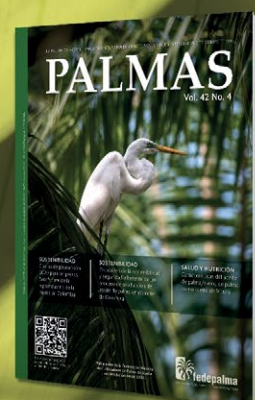
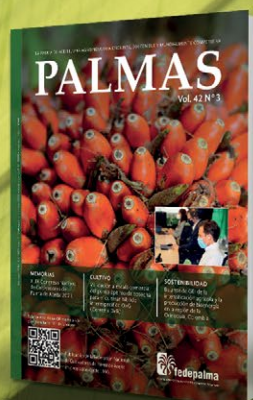
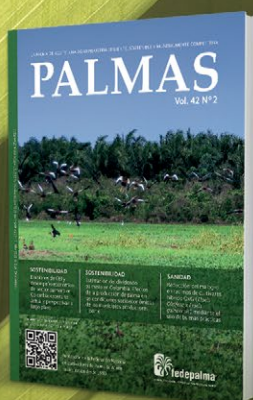
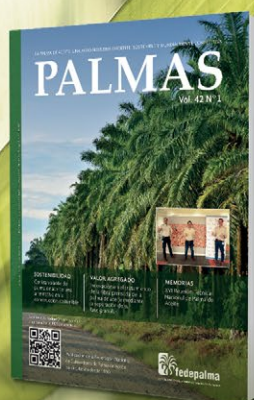
Contacto comercial: Camilo Morán

Celular: 310 208 9871

Página web: www.eimpsa.com

Correo electrónico: ventas@eimpsa.com.co

Paute con nosotros



Comercialización

Jairo Almonacid Guerrero

jalmonacid@fedepalma.org

Celular: 317 573 1521

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 43, 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 1.660 ejemplares sobre papel Bond blanco de 90 g.