



Informe de Labores Cenipalma 2021

Cenipalma

Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite

Personal 2021

Alexandre Patrick Cooman,
Ing. Agrónomo, *Ph.D.*
Director General

Hernán Mauricio Romero Angulo,
Biólogo, *Ph.D.*
Director de Investigación

Jorge Alonso Beltrán Giraldo,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*
Director de Extensión

Lina Fernanda Loaiza Gómez,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*
Gerente de Innovación y Desarrollo
de Productos

Elzbieta Bochno Hernández,
Oceanógrafa, *M.Sc.*
Secretaría General

Dirección de Investigación

Hernán Mauricio Romero Angulo,
Biólogo, *Ph.D.*
Director

Yurany Dayana Rivera Méndez,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*
Investigador Asociado

Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma

Hernán Mauricio Romero Angulo,
Biólogo, *Ph.D.*
Coordinador

Investigadores Titulares

Hernán Mauricio Romero Angulo,
Biólogo, *Ph.D.*
Iván Mauricio Ayala Díaz,
Ing. Agrónomo, *Ph.D.*
Carmenza Montoya Jaramillo,
Bióloga, *Ph.D.*

Rodrigo Ruiz Romero,
Ing. Agrónomo, *Ph.D.*

Investigadores Asociados

Cristhian Jarri Bayona Rodríguez,
Biólogo, *Ph.D.*
David Octavio Botero Rozo,
Biólogo, *Ph.D.*
Sandra Catalina Chaves Sierra,
Bacterióloga, *M.Sc.*
Fernán Santiago Mejía Alvarado,
Biólogo, *M.Sc.*
Dalí Aleixandra Rojas Díaz,
Bióloga, *M.Sc.*

Investigadores estancia postdoctoral

Fausto Prada Chaparro,
Químico, *Ph.D.*
Marlon de la Peña Cuao,
Ing. Agrónomo, *Ph.D.*

Asistentes de Investigación

Leonardo Araque Torres,
Ing. Electrónico
Rodrigo Ávila Diazgranados,
Ing. Agrónomo
Edison Steve Daza,
Ing. Agrónomo
Mariandrea García Gaona,
Microbióloga, *M.Sc.*
Jenny Liset Rodríguez Ardila,
Química, *M.Sc.*
María Camila Rodríguez Cruz,
Microbióloga, *M.Sc.*
Andrés Alejandro Tupaz Vera,
Ing. Agrónomo

Auxiliares de Investigación

Arley Fernando Caicedo Zambrano,
Ing. Agrónomo
Stephany Guataquirá García,
Bióloga
Juan Sebastián Malagón Torres,
Bioingeniero
Yenny Paola Martínez Echeverry,
Ing. Agrónoma

Programa de Plagas y Enfermedades

Investigador Titular

Anuar Morales Rodríguez,
Biólogo, *Ph.D.*

Investigadores Asociados

Greicy Andrea Sarria Villa,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*
Juan Manuel López Vásquez,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*

Asistentes de Investigación

Rosa Cecilia Aldana de la Torre,
Bióloga
Carlos Enrique Barrios Trilleras,
Ing. Agrónomo
Sandra Yulieth Castillo Corredor,
Ing. Agrónoma
Yuri Adriana Mestizo Garzón,
Ing. Agrónoma
Luis Guillermo Montes Bazurto,
Ing. Agrónomo (1)
Miriam Rosero Guerrero,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*
Diana Carolina Vélez Fernández,
Microbióloga
Edwin Arley Navia Rodríguez,
Ing. Agrónomo
Sara María Tamayo Carvajal,
Ing. Agrónoma

Auxiliares de Investigación

Ivette Johana Beltrán Aldana,
Ing. Agrónoma
Daniel José Benítez Lobo,
Ing. Agrónomo
Natalia Julieth Castillo Villarraga,
Ing. Agrónoma
Leidy Johanna Contreras Arias,
Ing. Producción Biotecnológica
Roberto José Díaz Castro,
Biólogo
Héctor Camilo Medina Cárdenas,
Ing. Agrónomo
José Luis Pastrana Sánchez,
Ing. Agrónomo
Germán Esteban Tejeda Rico,
Ing. Agrónomo
León Franky Zúñiga Pérez,
Ing. Agrónomo

(1) Se retiró en el 2021

Álex Enrique Bustillo Pardey,
Ing. Agrónomo, *Ph.D.*
Investigador Emérito

Programa de agronomía

Nolver Atanacio Arias Arias,
Ing. Agrónomo, *Ph.D.*
Coordinador

Investigador Titular

Nolver Atanacio Arias Arias,
Ing. Agrónomo, *Ph.D.*

Investigadores Asociados

Jorge Luis Torres León,
Ing. Sistemas, *M.Sc.*
Juan Camilo Rey Sandoval,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*
Víctor Orlando Rincón Romero, Ing. Catastral
y Geodesta, *M.Sc.*

Asistentes de Investigación

Tulia Esperanza Delgado Revelo,
Ing. Agrícola
Wilson Antonio Pérez Toro,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*
Álvaro Hernán Rincón Numpaque,
Ing. Agrónomo
Arley David Zapata Hernández,
Ing. Agrícola, *M.Sc.*

Auxiliares de Investigación

Osmar Ricardo Barrera Agudelo,
Ing. Sistemas
John Fredy Jiménez Vera,
Ing. Agrícola
Greydy Selene Ladino Tabarquino,
Ing. Agrícola
José Manuel Monsalve Téllez,
Ing. Topográfico (1)
Andrea Zabala Quimbayo,
Ing. Topográfica

Programa de procesamiento y usos

Jesús Alberto García Núñez,
Ing. Sanitario, *Ph.D.*
Coordinador

Investigador Titular

Jesús Alberto García Núñez,
Ing. Sanitario, *Ph.D.*

Investigadores Asociados

César Augusto Díaz Rangel,
Ing. Mecatrónico, *M.Sc.*
Alexandra Idalia Mondragón Serna,
Nutricionista Dietista, *M.Sc.*
Responsable del Proyecto Especial
de Salud y Nutrición
Nidia Elizabeth Ramírez Contreras,
Química de Alimentos, *M.Sc.* (2)

Investigadora estancia postdoctoral

Neila Milena Mantilla Barbosa,
Ing. Química, *Ph.D.*

Asistente de Investigación

Alexis González Díaz,
Químico Industrial, *M.Sc.*

Auxiliares de Investigación

Juan Camilo Barrera Hernández,
Ing. de Energía
Kennyher Caballero Blanco,
Ing. Químico.
Diana Catalina Chaparro Triana,
Ing. Ambiental, *M.Sc.*
Íngrid Liliana Cortés Barrero,
Ing. Agroindustrial
David Arturo Munar Flórez,
Ing. Químico
Darlís Adriana Varón Cárdenas,
Química, *M.Sc.* (1)

Analista

Melva María Andrea Baena Santa,
Nutricionista Dietista, *M.Sc.*

Unidad de Validación

Mauricio Mosquera Montoya,
Economista, *Ph.D.*
Coordinador

Investigador Titular

Mauricio Mosquera Montoya,
Economista, *Ph.D.*

Investigadoras Asociadas

Eloína Mesa Fuquen,
Estadística, *M.Sc.*
Elizabeth Ruiz Álvarez,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*

Asistentes de Investigación

Jhonatan Eduardo Camperos Reyes,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*
Diego Alejandro Hernández Rendón,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*

Auxiliares de Investigación

María Celina Estupiñán Villamil,
Ing. Agrónoma, *Esp.*
Alejandra Milena García Pinilla,
Ing. en Agroecología
Daniel Eduardo Munévar Martínez,
Ing. Agrónomo y Ambiental
Kelly Xiomara Sinisterra Ortiz,
Ing. Agroforestal
Liseth Estefanía Vargas Medina,
Estadística

Dirección de extensión

Jorge Alonso Beltrán Giraldo,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*
Director

Diana Martínez Arteaga,
Ing. Agrónoma
Analista de Extensión

Coordinador Nacional de Manejo Fitosanitario

Julián Fernando Becerra Encinales,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*

Coordinadores de Manejo Fitosanitario

Diana Yanneth Navarrete Girón,
Microbióloga Industrial, *M.Sc.*
Pedro Alexander Pérez Rojas,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*
Juan Pablo Tovar Molano,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*

(1) Se retiró en el 2021

(2) En comisión de estudios

Líder de promoción y desarrollo de Asistencia Técnica

Alcibiades Hinestroza Córdoba,
Ing. Agrónomo, *MBA*.

Líder de formación a través de terceros

Juan Carlos Vélez Zape,
Ing. Agrícola, *M.Sc.*

Responsables

Camilo Andrés Cortés Gómez,
Ing. Agrónomo, *M.Sc.*
Gabriel Esteban Enríquez Castillo,
Ing. Agroforestal, *Esp.*
Brilly Gleydis Gañán Galvis,
Trabajadora Social, *M.Sc.*
Carolina Obando Mera,
Bióloga e Ingeniera Ambiental, *Esp.*
José Luis Quintero Rangel,
Ing. Agrónomo, *Esp.*

Extensionistas

Silvia Liliana Cala Amaya,
Ing. Química
Anderson Guerrero Sánchez,
Ing. Agroindustrial
Mitchel Hernández Ardila,
Ing. Agrónomo, *Esp.*
Luis Alberto Lemus Urrego,
Ing. Agrónomo, *Esp.*
Gerardo Lizarazo Leguizamón,
Ing. Agrónomo
Cecilia Rosa Mancera Martínez,
Ing. Agrónoma, *Esp.*
Claudia Patricia Mendoza Páez,
Ing. Agrónoma
Leidy Constanza Montiel Ortiz,
Ing. Agrícola, *M.Sc.*
Diego Fernando Muñoz Vallejo,
Ing. Ambiental, *M.Sc.*
Adolfo José Núñez Polo,
Ing. Agrónomo
Anderson Parada Quiñones,
Ing. Agrónomo, *Esp.*
Blanca Yasmín Penagos Ulloa,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*

Carlos Andrés Rincón Molina,
Ing. Ambiental, *Esp.*
Hemerson Rodríguez Correa,
Ing. Agrónomo, *Esp.*
Ruth Eunice Salazar Ramírez,
Ing. Agrónoma, *Esp.*
Gloria Celeste Sánchez Hinojosa,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*
Sonia Mayerly Sierra González,
Ing. Química
José Ricardo Toca Garzón,
Ing. Agrónomo, *Esp.*
Paola Zárate Gómez,
Ing. Agrónoma, *Esp.*

Analistas

María Claudia Acosta Garzón,
Ing. Agrónoma
José Luis Baracaldo Castaño,
Administrador de Empresas, *Esp.*
Luz Janeth Cifuentes Alarcón,
Ing. Agrónoma *M.Sc.*
Anderson Steven Cotrino Tierradentro,
Ing. Agrónomo
Leidy Carolina Morales Ipuz,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*
Carlos Alberto Ospina Garay,
Ing. Agrónomo, *Esp.*
Vilma Quintana González,
Administradora de Empresas
Ana Karina Rodríguez Ochoa,
Contadora *Pública*, *Esp.*

Gerencia de Innovación y Desarrollo de Productos

Lina Fernanda Loaiza Gómez,
Ing. Agrónoma, *M.Sc.*
Gerente
Edsly Dayana Benito Herrera,
Ing. Agrónoma
Asistente de Innovación

Tecnopalma

Edna Alejandra Ariza Cubillos,
Química, *Esp.*
Responsable del LAFS

José Mauricio Delgadillo Mateus,
Químico
Rafael Ángel Girón Girón,
Ing. Topográfico
Jully Carolina Hernández García,
Ing. Industrial, *Esp.*
Edward Perdomo González,
Ing. Químico
Juliana Rodríguez Trejos,
Ing. Ambiental
José María Rosero Vallejo,
Ing. Ambiental
Gina Zulay Roza Sanabria,
Contadora *Pública*, *Esp.*
José Elkin Ruiz Martínez,
Ing. Agrónomo, *Esp.*
Diego Felipe Triviño Achury,
Ing. Sistemas

Campos Experimentales

Jefe de Campos Experimentales

Édgar Ignacio Barrera González,
Ing. Agrónomo
Superintendente del CEPV

Gustavo Adolfo Rosero Estupiñán,
Ing. Agrónomo, *Esp.*
Superintendente del CEPC

José Julián Monroy Rairán,
Ing. Agrícola
Superintendente del CEPS

Luz Karime Montoya Pantoja,
Ing. Agroindustrial
Superintendente Estación
Experimental La Providencia

Convenciones:

Ph.D. Doctor
M.Sc. Magíster
Esp. Especialista
MBA Máster en Administración
de Negocios

Junta Directiva de Cenipalma 2021-2023

Miguel Eduardo Sarmiento Gómez,
Presidente
Lilia Consuelo Velasco Zambrano,
Vicepresidente

Miembros por circunscripción regional

Jorge Hernando Riveros Moyano,
Zona Oriental
Lilia Consuelo Velasco Zambrano,
Zona Central
Ciro Orlando Salazar Castilla,
Zona Norte
Gloria Mireya Pulido Martínez,
Zona Suroccidental

Miembros por circunscripción nacional

Miguel Eduardo Sarmiento Gómez
Juan Carlos Lara González
José María Obregón Esguerra
Carlos Hernando Montenegro Escobar

Miembros de reconocida trayectoria en investigación

James Heywood Cock
Fernando José Correa Victoria

Miembros de reconocida trayectoria empresarial

John Jaime Jiménez Sepúlveda
Carlos Alberto Garay Salamanca

Presidente Ejecutivo de Fedepalma

Jens Mesa Dishington*
Nicolás Pérez Marulanda

Miembros Honorarios de Cenipalma

Argemiro Reyes Rincón
Arturo Infante Villarreal

Comités Asesores Regionales de Investigación y Extensión Elegidos para el Periodo 2019-2021

Diego Díaz,
Presidente
Comité Nacional Agronómico
Carlos Fernández,
Presidente
Comité Nacional Plantas
de Beneficio

Miembros del Comité Asesor Agronómico de la Zona Norte

Juan Carlos Lara,
Presidente

Rafael Martínez
Óscar Salamanca
Adalberto Méndez
Óscar Surmay
Juan Carlos Castillo
Carlos Alexander Daza

Miembros del Comité Asesor de Plantas de Beneficio de la Zona Norte

Héctor Muñoz,
Presidente

Gustavo Cuestas*
Wilson Garavito
Edwin Reina
Eyner David Cubides
Javier Muñoz Morales*
Moisés Jiménez
Naín Pérez Nieves
Walter Ritzel
Luis Santi
Mario Gutiérrez
Juan Carlos Gantiva*
Edwin Marsiglia

Miembros del Comité Asesor Agronómico de la Zona Central

Miguel Ángel Díaz,
Vicepresidente
con funciones de Presidente

Guillermo León Barón
Juan Carlos Peña
Hernando Navarro
Liney Bedoya
Édgar Cepeda
José Miguel Figueroa
Didier Ibagué
Juan Guillermo Pabón
Carlos Ruiz Rodríguez
Ángel Contreras
Robinson Mora
Eduardo Moreno
Alexandra Pacheco
Néstor Fernando Pulido
Jaime Andrés Salazar
Carlos Ovidio Patiño
Alfonso Díaz (ICA)
Ángela Ochoa (ICA)
Fredy Galvis
Holman De la Cruz

Miembros del Comité Asesor de Plantas de Beneficio de la Zona Central

Carlos Fernández,
Presidente
Helí Mauricio Meneses,
Vicepresidente

César Galvis
Juan Pablo Cañizales
William Ospina
Óscar Mauricio Díaz
Fernando González
Jorge Mendoza
Álvaro Peña
Juan Ernesto Ramírez
Manuel Sandoval
Miguel Montero
Víctor Solano
Fabián Andrés Barragán

* Se retiró en el 2021

Miembros del Comité Asesor Agronómico de la Zona Oriental

Diego Díaz,
Presidente
Gustavo Rosero,
Vicepresidente

Andrés Castro
Alejandro Argote
Andrés Ulloa
Axel Martínez
Blanca Lilia Romero
Borman Murcia (ICA)
Camilo Simons
Carlos Arias
Carlos Bohórquez
César Aguiar
Diego Paul Ramírez
Diego Riveros
Edwin Pirateque Guevara
Fernando Castro
Franco Portela
Héctor Henao Leiva
Iván Ochoa
Jesús Andrés Franco
Jesús Lozada
Jesús Salcedo
Jhon Jairo Díaz
Jonathan Tamayo
Jorge Luis Reyes Britto
Jorge Rodríguez
José Antonio Ramírez
José Antonio Verdugo
Juan Gabriel Barrios
Juan Manuel Barbosa
Julio César Bolívar
Julio Martínez
Julio Salazar
Leandro Lemus
Luis Fernando Cabrera
Marta Lya Hernández
Martín Amézquita
Miguel Rubiano
Mirllán Quintero
Nelson Argoti
Nilson Rufino Torres
Orlando Flores
Óscar Felipe Erazo
Óscar Salamanca
Rafael Sakamoto
Ricardo Arcila
Rubén Rodríguez
Samir Alberto Suárez
Sonia González
William Coral

Miembros del Comité Asesor de Plantas de Beneficio de la Zona Oriental

William Silva,
Presidente
Javier Dueñas,
Vicepresidente

Carlos Echeverry/Andrés Ardila
Diego Barrera
Jaime Yaguapaz
Daniel Morales
José Dairo Zúñiga
Álvaro Moreno
Jairo López
Javier Ballesteros
Fabián Sierra
Sergio Pineda
Querubín Durán
Javier Triana

Miembros del Comité Asesor Agronómico de la Zona Suroccidental

David Romo,
Presidente
Jhon Jairo Banguera,
Vicepresidente

Jairo Martínez,
Paulo César Cortés
Carlos Castilla
Neiser Josimar Quiñones Hurtado
Segundo Montaña
Julio César Avendaño
William Cárdenas

Miembros del Comité Asesor de Plantas de Beneficio de la Zona Suroccidental

Orlando Riaño,
Presidente

Juan Mauricio Angulo
David Romo
Javier Arévalo
Mauricio Rodríguez

Contenido

<i>Presentación</i>	8
<i>1. Desarrollo Institucional</i>	9
<i>2. Resultados por líneas de investigación y extensión</i>	17
2.1. Pudrición del cogollo (PC) del cultivo de palma de aceite	18
2.2. Marchitez letal (ML) del cultivo de palma de aceite	24
2.3. Otras enfermedades del cultivo de palma de aceite	28
2.4. Plagas del cultivo de palma de aceite	33
2.5. Agua en la agroindustria de la palma de aceite	37
2.6. Nutrición de la palma de aceite	41
2.7. Híbrido interespecífico (OxG) de palma de aceite	46
2.8. Procesamiento y valor agregado en la agroindustria de la palma de aceite	50
2.9. Optimización de procesos de la agroindustria de la palma de aceite	55
2.10. Adopción tecnológica participativa	60
2.11. Sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite	71
2.12. Publicaciones	74
3. Campos Experimentales	86
4. Tecnopalma	94
5. Unidad de Servicios Compartidos	98
6. Gestión financiera 2021	101



Presentación

El 2021, marcado por la pandemia de coronavirus, permitió ver que el sector palmero, la gremialidad y el Centro de Investigación, son resilientes y supieron ajustar sus procesos en esta difícil coyuntura.

Para Cenipalma fue un año de grandes logros institucionales y de impacto sectorial: el Centro obtuvo su primera patente por la tecnología potencial industrial de aceite en línea; se inició la entrega de cultivares preseleccionados por el programa de Mejoramiento genético, para pruebas de evaluación agronómica en predios de palmicultores; se realizó el registro de las colecciones de artrópodos y microorganismos para el control biológico de plagas y enfermedades; se incursionó en nuevos métodos y medios de divulgación y transferencia de tecnologías; obtuvimos la recertificación en calidad bajo la norma ISO 9001:2015, con ampliación de su alcance a los servicios y productos de Tecnopalma y al proceso de Extensión; también la recertificación como *Great Place to Work*; y entraron en funcionamiento las nuevas instalaciones del Campo Experimental Palmar de las Corocoras, entre otras.

Un hito mayor fue la identificación del agente causal de una de las enfermedades más limitantes de la palma de aceite como es la Marchitez letal, reconociendo a *Candidatus Liberibacter* con alto grado de certeza. Con este importante hecho, se podrán desarrollar métodos de detección molecular para localizar palmas enfermas, antes

de la visualización de los síntomas, establecer la presencia del vector transmisor (o vectores) y así poder controlarlo. Cabe aclarar, que el hallazgo no cambia el manejo que se ha venido dando para el control de la Marchitez letal, que se basa en los principios básicos concertados para la Zona Oriental, y que han mostrado su efectividad con una clara disminución en la aparición de nuevos casos.

De otro lado, en este año se fue consolidando el proyecto Fortalecimiento de asistencia técnica, con una ampliación en su cobertura. Estamos vinculando ya un 90 % de palmicultores de pequeña y mediana escala, a partir de un trabajo mancomunado con empresas ancla de núcleos palmeros, así como asociaciones de productores y otros modelos de asociatividad.

En 2021, Cenipalma cumplió 30 años de vida institucional, periodo en que se han dado resultados positivos, con impacto y pertinencia para el sector. Las efemérides no pasaron inadvertidas, por lo que la Corporación recibió varios reconocimientos nacionales, regionales y locales, entre los que se destaca la Orden Simón Bolívar en grado Cruz Comendador, otorgada por el Congreso de la República mediante Resolución No. 073 del 9 de junio de 2021, y entregada en un acto especial el 30 de junio en el Campo Experimental Palmar de la Sierra. Estas distinciones son un gran aliciente para seguir mejorando cada día, trabajando con esfuerzo, entrega y eficiencia para el sector palmero colombiano.

Los logros de Cenipalma se deben en gran medida al constante apoyo de la Junta Directiva, del Fondo de Fomento Palmero, de Fedepalma y de los palmicultores, a quienes agradecemos por su acompañamiento, soporte y compromiso. Compromiso que retribuimos con nuestro accionar y entrega de tecnologías útiles para la sostenibilidad de la actividad palmera.

El detalle de nuestra labor en 2021 se expone a lo largo de este informe, resumen de las actividades y resultados de Cenipalma, que se presenta por primera vez por líneas de investigación y extensión, modelo de gestión por temáticas específicas y de manera interdisciplinaria. Los detalles de la ejecución técnica y financiera por proyecto pueden ser consultados en el Informe de Labores de los Fondos Parafiscales Palmeros.

ALEXANDRE PATRICK COOMAN, Ph.D.
Director General de Cenipalma



1 Desarrollo Institucional





Desarrollo institucional de Cenipalma en el año 2021

1.1. Órganos de dirección

Las instancias directivas del Centro ejercieron sus funciones durante 2021 conforme a lo establecido en los Estatutos.

La XXXI Sala General de Cenipalma tuvo lugar de manera virtual, el primero de julio de 2021 y contó con un cuórum registrado del 98,3 %. El informe de labores de 2020 fue presentado durante las sesiones previas, y publicado en:

<https://fedepalma.info/>



La Junta Directiva de Cenipalma se reunió durante 2021 en doce (12) oportunidades, llevando a cabo las sesiones 250 a 262. En razón a la declaratoria de emergencia sanitaria en Colombia, 11 reuniones de Junta Directiva y de la Sala General se desarrollaron de manera virtual, conforme con lo dispuesto en el Artículo 3º del Decreto 398 del 13 de marzo de 2020, que las autorizó así con el fin de proteger a los miembros de los órganos colegiados, participantes y sus familias, del riesgo epidemiológico.

1.2. Gestión organizacional

Cenipalma avanzó en la estructuración e implementación de los 20 proyectos organizacionales de Direccionamiento Estratégico 2019-2023. De estos, el de Diseño e implementación del sistema integral de gestión de proyectos finalizó, 16 están en ejecución y tres aún por iniciar.

Se estructuró el Balance Score Card organizacional (BSC) y se parametrizó en el sistema de gestión SoftExpert, lo que permitirá un efectivo seguimiento a la gestión y toma de decisiones.

Se realizó el diagnóstico del índice de sostenibilidad en los campos experimentales, identificando las brechas que servirán para la elaboración de un plan de acción que fortalezca las acciones ambientales y sociales en esta área. En 2021, avanzó el proyecto de transformación de procesos. Se revisaron y optimizaron 235 procedimientos correspondientes a ocho macroprocesos, entre los que se destacan los de Prestación del servicio de Extensión, Investigación y Desarrollo y Gestión de Campos Experimentales. Adicionalmente se renovó la certificación de calidad ISO 9001:2015, ampliando su alcance a la comercialización de ANA y a la prestación del servicio de extensión a los palmicultores afiliados.

1.3. Gestión de riesgo corporativo

Gobierno, ética y transparencia

La Junta Directiva de Cenipalma y la Alta Dirección de la Corporación, conscientes de que las prácticas de gobierno corporativo se circunscriben a procesos dinámicos y cambiantes, dotando día a día a las organizaciones de mejores herramientas de dirección y supervisión, iniciaron en 2020 un proyecto para desarrollar su Código de Ética y Buen Gobierno, revisar la estructura del gobierno corporativo y adoptar en su marco regulatorio las mejores prácticas nacionales e internacionales en transparencia, gobernabilidad, riesgo, control y cumplimiento. Lo anterior, con el propósito de continuar fortaleciendo la confianza con sus grupos de interés en el marco del respeto y las actuaciones íntegras que siempre han caracterizado a Cenipalma, y que han permitido el crecimiento y desarrollo sostenible no solo del Centro de Investigación sino del sector palmero como un todo.

El nuevo Código de Ética y Buen Gobierno y el Reglamento de la Sala General de Cenipalma, fueron aprobados, en el marco de sus facultades, el primero por la Junta Directiva y el segundo por la Sala General.

Sistema de gestión integral de riesgo y de control interno

En 2021, Cenipalma continuó fortaleciendo su sistema de gestión integral de riesgos y de control interno, bajo los estándares internacionales COSO ERM 2017 e ISO 31000:2018 y COSO 2013, respectivamente. Con el propósito de monitorear anualmente el avance en la implementación de ambos sistemas, la Oficina de Gestión de Riesgo Corporativo revisa cada uno de los componentes y principios de los modelos, utilizando la metodología de medición de niveles de madurez. En esta vigencia alcanzó una calificación de *estandarizado*, lo que significa que la Corporación ha venido identificando y valorando continuamente sus riesgos, avanza de forma decidida en el diseño, formalización e implementación de sus controles.

Dicha calificación fue corroborada a través de los procesos de auditoría independiente que se llevaron a cabo durante 2021:



1. La Revisoría Fiscal auditó los objetivos del reporte financiero y el sistema de control interno de la Corporación, conceptuando que son efectivos, y que los estados financieros reflejan razonablemente su situación, de acuerdo con las normas de contabilidad aplicable a su naturaleza.



2. La Contraloría General de la República en su auditoría de cumplimiento por la vigencia 2020 a la Corporación, en su calidad de ejecutor de los recursos del Fondo de Fomento Palmero, conceptuó que el sistema de control institucional por componentes alcanzó una calificación final de *eficiente*. Lo anterior, con fundamento en la identificación de tan solo tres hallazgos administrativos.

1.4. Planta de personal

Cenipalma ejecutó sus actividades con una planta de personal de:



Las labores han sido apoyadas por 43 estudiantes pasantes y aprendices del SENA, con periodos de práctica desde seis meses hasta por tiempos más largos.

1.5. Eventos científicos y fortalecimiento de relaciones internacionales

En razón a la pandemia, durante 2021 siguieron restringidos los viajes para asistir a actividades de carácter científico y capacitaciones en el exterior. Sin embargo, Cenipalma participó en algunos eventos internacionales, la mayoría de manera virtual:

2 de abril

Sergio David Mosquera y Alexandra Mondragón, del Programa de Procesamiento y Usos, asistieron al Malaysia's Palm Oil Industry Regulation and Quality Standard, organizado por el Consejo de Aceite de Palma de Malasia, para conocer los aspectos regulatorios relacionadas con grasas y aceites a nivel mundial.

7 de abril

Sergio David Mosquera, participó de manera virtual en el evento Workshop on Glycidyl Ester (GE) Development: Holding GE in check, de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de Aceite de Malasia (MOSTA, por sus siglas en inglés), con el fin de aprender sobre las estrategias de mitigación de los contaminantes MOSH, MOAH y GE, utilizadas durante el proceso de extracción y refinación de aceite de palma en el Sudeste Asiático.

13-14 de abril

Visita técnica del Programa de Procesamiento a las plantas de beneficio Palesema y Palmeras de los Andes (provincia de Esmeraldas, Ecuador) con el objetivo de conocer sus experiencias en el procesamiento de RFF de cultivares híbridos OxG polinizados artificialmente, para definir las mejores prácticas.

20 de mayo

Reunión virtual con la Universidad de Nebraska, para explorar la posibilidad de llevar a cabo trabajos conjuntos, relacionados con la intensificación climáticamente inteligente del cultivo de palma de aceite, y socialización del trabajo realizado por esta universidad en Indonesia.

16 de junio

Alexandra Mondragón participó en el evento virtual "Bioactive lipids, an overview of their structure and functions", realizado por European Palm Oil Alliance e International Scientific Society for the study of fatty acids and lipids (ISSFAL), para conocer la estructura y función de los lípidos bioactivos.

8 de julio

Hernán Mauricio Romero Angulo, Director de Investigación, intervino en el webinar internacional "Recent advances in sustainable integrated disease management in plantation crops" del Instituto Indio de Investigación en Palma de Aceite, ICAR, con la conferencia "Breeding for bud rot resistance in oil palm: Conventional to Molecular approaches", que contó con más de 150 participantes.

11 de agosto

El Investigador del Programa de Procesamiento y Usos, César Díaz, asistió al evento virtual "Data-centric AI: Real World Approaches", organizado por las compañías DeepLearning.AI, FourthBrain, Landing AI and AI Fund, especializadas en agrupar y conectar profesionales en inteligencia artificial a nivel mundial. El encuentro permitió intercambiar experiencias en cuanto a soluciones en *Deep Learning* y *Machine Learning*, aplicadas a problemas de empresas y entornos cotidianos.

1 de noviembre

Mauricio Mosquera Montoya, Coordinador de la Unidad de Validación, presentó la conferencia virtual "Bioeconomic Model for Decision-Making on Staying in Business for Colombian Oil Palm Crops Attacked by Lethal Wilt", en el International Palm Oil Economic Colloquium, OPEJ.

3 de noviembre

Alexandre Patrick Cooman, Director General de Cenipalma, participó en la Reunión del Consejo de Países Productores de Palma de Aceite, que se llevó a cabo por continente, enfocada al trabajo con productores de pequeña escala.

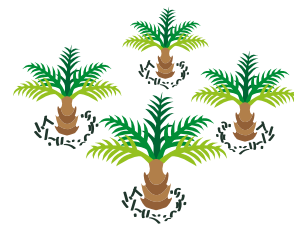
2-3 de septiembre

Hernán Mauricio Romero Angulo, Director de Investigación, presentó la ponencia "Increased Production of High Oleic Palm Oil from Interspecific OxG Hybrids" en el IX High Oleic Oils Congress (HOC)

<http://higholeicmarket.com/past-edition/program-hoc-2017/>

1.6. Gestión de investigación y extensión

Se presentaron y gestionaron diferentes propuestas de proyectos, para un total de recursos externos en 2021 por más de \$ 9.500 millones, como apoyo a las acciones de investigación y extensión para el beneficio del sector palmicultor.



Convocatoria
891/2020 de MinCiencias

Aprobadas **3 estancias**
postdoctorales a la Corporación

- ▣ Área de Mejoramiento para el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína
- ▣ Fisiología para el Campo Experimental Palmar de la Sierra
- ▣ Procesamiento para el Campo Experimental Palmar de las Corocoras

Los tres *Ph.D.* se vincularon a las actividades de investigación por **12 meses**

Con apoyo económico del ministerio por **\$ 288 millones**

Convenio Especial
de Cooperación No. 2551903 SENA-Fedepalma,
en el marco de la convocatoria DG-1-0001-2021

Se desarrollaron **siete acciones** de formación específicas y cuatro de transferencia de conocimiento al SENA

1.673
personas beneficiadas

El valor total del convenio fue de **\$ 586 millones**,
de los cuales el SENA aportó **\$ 433 millones**

Convenio de Asociación 20210509
celebrado entre el Ministerio
de Agricultura y Desarrollo Rural
y Cenipalma

Zonas Norte y Central

Objetivo

Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros, para la puesta en marcha de procesos de contención y mitigación de la afectación social, económica y fitosanitaria por cuenta de la propagación de la Pudrición del cogollo (PC), mejorando la producción en estas zonas palmeras

Aporte del MADR por **\$ 4.200 millones**

Convenio de Asociación
ICA- Cenipalma GC-CA-142-2021, como apoyo al
cumplimiento de la Resolución ICA No. 4170 de 2014
o la que la sustituya

Zona Oriental

Objetivo

Direccionar esfuerzos hacia la segunda fase de eliminación de áreas brote de Marchitez letal (ML) en palma de aceite

Por valor de **\$ 874 millones** y aportes del ICA por **\$ 612 millones**

Convocatoria 905 de MinCiencias

Fortalecimiento de centros de investigación autónomos e institutos públicos de I+D - *Bioeconomía para una Colombia potencia viva y diversa, hacia una sociedad impulsada por el conocimiento*

Proyecto

Obtención de concentrados ricos en fitoquímicos, con alto valor biológico para la fortificación de matrices alimentarias, a partir de aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico y de sus ácidos grasos destilados, por medio de la evaluación de dos técnicas de extracción

Se logró una cofinanciación por **\$ 499 millones**

Convenio de cooperación interinstitucional Cenipalma – Ecopetrol

Acuerdo para incrementar la productividad, y mejorar la eficiencia en la nutrición de plantaciones de palma

Reúso de aguas industriales tratadas y enriquecidas, mediante compuestos derivados de la nanotecnología y la biotecnología

El valor total es de
\$ 3.105 millones

De los que Ecopetrol aportará
\$ 2.154

Se gestionó la financiación, por **138.000 euros**, de la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional-GIZ en colaboración con la Fundación Solidaridad Latinoamérica

Proyecto Sustainable Origin Accelerator for Palm Oil Supply Chains, SOAPS

Busca el fortalecimiento de la estrategia de sostenibilidad del Programa Nacional de Aceite de Palma Sostenible.

Convenio
Agrosavia-Cenipalma

En 2021, empezó a ejecutarse la tercera fase.

Objetivo

El codesarrollo de bioplaguicida contra el raspador de los frutos de la palma de aceite, y otros posibles desarrollos para el control de insectos plaga de importancia para la palma de aceite en Colombia.

Su valor es
\$ 509 millones

Cenipalma aportó
\$ 267 millones

Agrosavia aportó
\$ 242 millones

Convenio de Cooperación
Cenipalma-C.I. Cargill de Colombia Ltda.

Objetivo

Apoyar la continuidad del proyecto de Índice de Sostenibilidad en 2022

con un aporte del cofinanciador de
40.000 USD

En reunión virtual entre el Programa de Biología y Mejoramiento y miembros del Proyecto Gene Express (Consortio OPGP)

Se socializaron los ajustes en cuanto a participantes, presupuesto y actividades del proyecto, y se generó un plan de trabajo para la firma de los representantes legales de las empresas participantes.

Se acordó la siguiente etapa del proyecto de Genoma de la palma de aceite, GeneExpress, una alianza internacional con **11 Socios**:

Francia: CIRAD, PalmElit

España: NEIKER

Colombia: Cenipalma

Suiza: Socfin

Malasia: IOI, GENP

Indonesia: Pt. Smart, Sampoerna Agro, AALI, AAI

Objetivo

Buscar herramientas biotecnológicas, que permitan optimizar los rendimientos de la industria de la palma de aceite, a través de la implementación de protocolos que aceleren la generación de cultivares élitos en respuesta a necesidades específicas del sector.

Duración

Cuatro años

Su valor total es de
2.1 millones de euros

Cenipalma ejecutará
293.580 euros

De estos **200.000**
los aportará en especie

Seguimos avanzando en la utilización de las herramientas virtuales para la capacitación, divulgación e intercambio del conocimiento.



webinar
**Colombia
Palmera
en Línea**

Participaron
1.185
personas de las
cuatro
zonas palmeras

Se renovó
el programa



Escuche aquí
el episodio
más reciente

Pódcast que se transmite a
través de los canales:



Se puso a disposición de los palmicultores,
la **versión digital** de **El Palmicultor**,
de Fedepalma

<https://elpalmicultor.fedepalma.org/>



En 2021, se institucionalizó
el **Seminario Científico de Cenipalma**,
un espacio promovido por la Dirección de Investigación
para fortalecer el intercambio, discusión y análisis de información,
para la fundamentación conceptual y práctica de los proyectos de la Federación.

Se contó con un total
de **3.225** participantes

83 personas en
promedio por sesión

39
sesiones

1.7. Logros y reconocimientos



Los 30 años de vida institucional de Cenipalma, la hicieron merecedora de reconocimientos a nivel nacional, regional y local, otorgados por el Gobierno Nacional (Congreso de la República, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural), las gobernaciones (Meta, Santander, Norte de Santander y Nariño), alcaldías, universidades y gremios.

En 2021, Cenipalma logró su primera patente nacional de invención NC2019/0001270, otorgada por la Superintendencia de Industria y Comercio, (SIC, mediante Resolución 40172, para el “Método y sistema automatizado para determinar el potencial industrial de aceite de palma, mediante un dispositivo de canal abierto tipo vertedero rectangular - Proyecto PIA en línea”, invención del equipo conformado por los investigadores de Cenipalma y los colaboradores de Agroince. Además, en el evento organizado por la SIC “Sácale jugo a tu patente”, se logró clasificar entre las 30 patentes en Colombia, sobre las cuales se espera obtener financiación de actividades relacionadas con alistamiento y gestión comercial, a partir del 2022.

Cuatro pósteres de investigadores y extensionistas de Cenipalma, fueron galardonados en la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite.

El trabajo de Carlos Barrios, Asistente de Investigación del Programa de Plagas y Enfermedades, “Aspectos bioecológicos de *Opsiphanes invirae* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Nymphalidae) defoliador de la palma de aceite”, ocupó el tercer lugar de la Categoría Premio Nacional de Entomología “Hernán Alcaraz Viecco”, del 47 Congreso (virtual) de la Sociedad Colombiana de Entomología. Este se realizó el 8 y 9 de octubre de 2020.

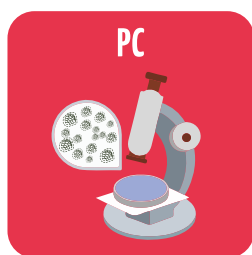
Cenipalma obtuvo en 2021, por segunda vez consecutiva, la certificación de la firma Great Place to Work®, cuya evaluación demostró que el ambiente laboral se encuentra en estado muy satisfactorio.





2 Resultados por líneas de investigación y extensión





2.1. Línea de investigación y extensión: Pudrición del cogollo (PC) del cultivo de palma de aceite

El principal objetivo de la línea de PC, se centra en “Superar la problemática fitosanitaria asociada a la Pudrición del cogollo en Colombia”. Para cumplirlo, en el 2021 se trabajó en la gestión de soluciones tecnológicas y políticas, que garantizaron la adopción de un manejo integrado, y la prevención y mitigación de los principales riesgos fitosanitarios derivados de esta importante enfermedad.

1. Sistema integrativo de gestión fitosanitaria

Planes especiales y convenios de manejo local y regional en zonas de afectación fitosanitaria

Durante el 2021, el Programa Sectorial de Manejo Fitosanitario (PSMF) continuó con la planificación y ejecución de los convenios regionales en la Zona Norte y Central. Estos tienen como objetivo fortalecer el sistema fitosanitario unificado, mitigando sus problemáticas y evitando afectaciones negativas en la productividad, calidad y rentabilidad del cultivo de palma de aceite en Colombia. Todo gracias a la articulación efectiva entre las instancias empresariales, la Federación y las entidades públicas y privadas.

1.1. Zona Norte

El principal problema fitosanitario en la Zona Norte fue la Pudrición del cogollo (PC). Se reportaron 1.668.750 casos, distribuidos por departamentos así: Magdalena: 1.465.247, Bolívar: 188.831, Cesar: 10.961, Córdoba: 3.572 y La Guajira: 139. A pesar de haber liquidado el convenio empresarial de años anteriores, este año se suscribió el 013 de 2021 entre Cenipalma y los palmicultores con planta de beneficio de fruto de palma Zona Norte, en el que participan de manera activa las empresas Extractora Sicarare S.A.S., Palmas Oleaginosas de Casacará Ltda. y Palmeras de la Costa S.A. Su objetivo es desarrollar una estrategia subregional para dinamizar la generación y adopción de soluciones y recomendaciones tecnológicas, que permitan manejar la pro-

blemática fitosanitaria en el cultivo de palma de aceite, especialmente en el Departamento del Cesar.

1.2. Zona Central

Desde el 2017, la Zona Central cuenta con el Convenio No. 031 de 2017 de colaboración empresarial entre Cenipalma y palmicultores de la zona. En el marco de este, durante el 2021 participaron de manera activa 15 núcleos para fortalecer la estrategia de mitigación de la Pudrición del cogollo en Santander, sur del Cesar y sur de Bolívar, logrando con-

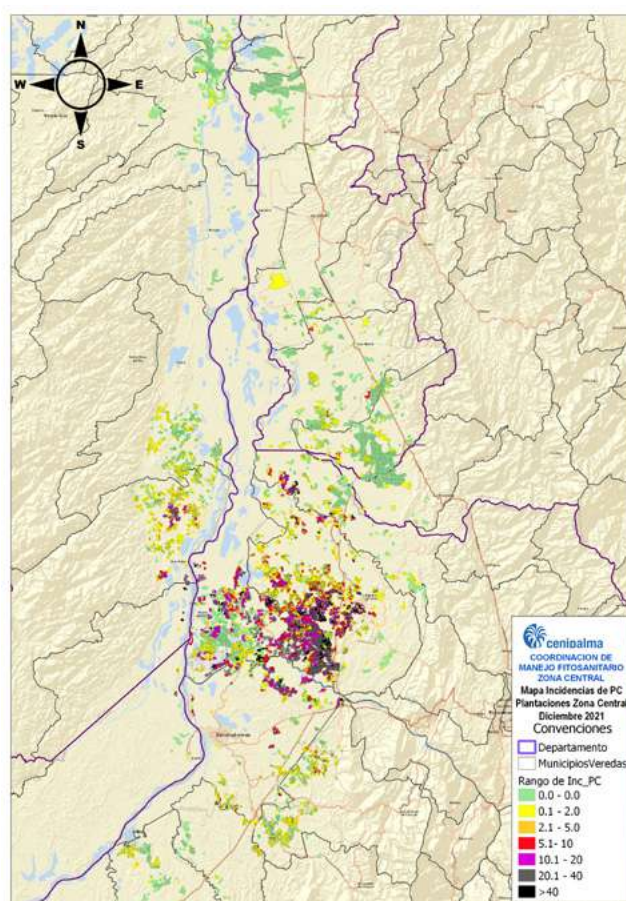


Figura 1. Mapa de incidencia actual de la PC en la Zona Central, con áreas brote detectadas y priorizadas para el manejo regional.

tener la enfermedad en las subzonas priorizadas, donde la incidencia actual alcanzó 0,9 % en el sur de Santander, 0,04 % en el sur del Cesar y 2 % en el sur del Bolívar (Figura 1).

Las áreas brote de PC se manejaron regionalmente mediante acciones conjuntas entre productores, equipos técnicos de núcleos y asociaciones. Como parte de esta estrategia, se con-

solidó la red regional de monitoreo y control de *Rhynchophorus palmarum*, que cerró con 6.909 trampas instaladas en 969 plantaciones, impactando directamente 103.000 ha (Figura 2).

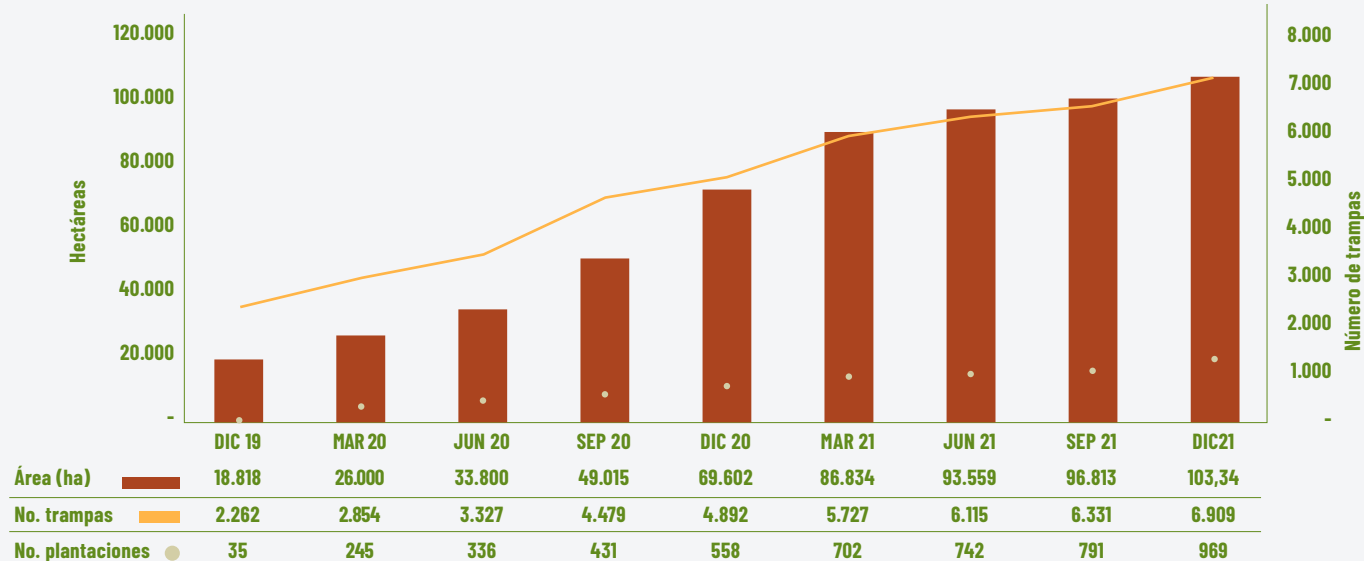


Figura 2. Avance del establecimiento de la red regional de trampas para el monitoreo y control de *R. palmarum* en Zona Central.

1.3. Zona Suroccidental

A través de la articulación con el comité de gerentes de la zona, se generó el plan de trabajo regional para el 2021. En este se priorizó el fortalecimiento de la Mesa de sanidad vegetal, y la consolidación de la información de PC de los cultivares híbridos interespecíficos OxG en 15.633 ha (equivalentes al 70 % del área sembrada), la cual fue socializada en los comités agronómicos locales. Con dicha información se desarrolló una estrategia regional para el fortalecimiento técnico de censadores y productores de pequeña escala, en el diagnóstico y manejo de la PC. Adicionalmente, se implementó una campaña de sensibilización del riesgo fitosanitario en articulación con el ICA y los núcleos

palmeros, y otra enfocada en los riesgos de la siembra de palmas espontáneas. Así, se reportó una incidencia de PC del 0,25 % al cierre del 2021 en 15.633 ha.

1.4. Plan de eliminación de focos y reactivación económica en zonas de emergencia fitosanitaria

En el marco del Convenio de asociación No. 20210509 celebrado entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR, y Cenipalma, se obtuvieron recursos públicos por \$ 4.200 millones con el objeto de “Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para la puesta en marcha de procesos de contención y mitigación de la afectación social, econó-

mica y fitosanitaria por cuenta de la propagación de la Pudrición del cogollo (PC), mejorando la producción en las zonas palmeras Central y Norte del país”.

Gracias a este convenio se logró:

- ♦ La disminución de la presión del inóculo a través de la eliminación de 220.177 palmas de aceite en áreas brote de la enfermedad, en los departamentos de Magdalena, Santander, Bolívar y Cesar.
- ♦ Un impacto directo en 70.457 palmas y 40 beneficiarios en Zona Central (Santander, sur de Bolívar y Cesar), y 149.720 palmas y 102 productores en Magdalena, Zona Norte.

2. Tecnologías para el manejo integral de la PC

2.1. Modelo de clasificación del riesgo asociado al proceso infeccioso de *Phytophthora palmivora*

Con base en el proceso de germinación e infección de *P. palmivora*, se desarrolló un modelo que permitió identificar el nivel de riesgo climático en escenarios de alta presión de inóculo. La metodología se basó en la adaptación de un modelo genérico que estimara la infección foliar a partir de la temperatura y la humedad, para el inicio y desarrollo del proce-

so infeccioso del microorganismo. Los registros meteorológicos y de seguimiento de la enfermedad, se obtuvieron durante cuatro años (2018-2021) en el Campo Experimental Palmar de la Sierra. Los patrones de emisión de alertas bajo una condición climática favorable a la PC presentaron una alta correlación con los patrones de nuevos casos, de manera que los meses que registraron un aumento de estos también mostraron el mayor número de alertas y días bajo alerta por mes (Figura 3). Este tipo de comportamiento fue más evidente en los últimos dos años (2020 y 2021), cuando se elevó la presión de inóculo en palmas circundantes y, por ende, la cifra de casos nuevos reportados por año. Así, el modelo permitió identi-

car los eventos de favorabilidad climática asociados a los patrones de estacionalidad de los casos nuevos de la PC.

2.2. Evaluación *in vitro* de ingredientes activos para el control de *P. palmivora*

En la evaluación *in vitro* de ingredientes activos con diferentes mecanismos de acción para el manejo de *P. palmivora*, se seleccionaron 14 productos específicos para el control de oomycetes bajo cuatro concentraciones (100, 10, 1 y 0,1 ppm). Las variables de respuesta estuvieron relacionadas con el crecimiento micelial, producción de biomasa, tamaño de lesión generada, número de estructuras y germinación de zoosporas de *P. palmivora*. En la prueba de tamaño de lesiones, número de estructuras y germinación de zoosporas, se emplearon folíolos tiernos de *E. guineensis*. El tamaño de la lesión se evaluó a las 48 y 72 horas después de la inoculación, y la cuantificación del número de estructuras a las 72 horas. Se encontró que los ingredientes activos correspondientes a cuatro tratamientos: T2 (que inhibe la síntesis de ácidos nucleicos), T3 (que impide la respiración), T4 (que afecta la integridad de la membrana celular) y T5 (que inhibe el metabolismo de ácidos nucleicos), presentaron porcentajes de inhibición del desarrollo de *P. palmivora* superiores al 80 %, siendo el T4 el más eficiente en cada una de las pruebas con un 100 %.

Se logró la secuenciación a nivel de especie de nueve aislamientos de *Trichoderma* de la Zona Norte, promisorios con potencial antagonístico frente a *P. palmivora*, encontrando dos eficaces para el control del agente causal.

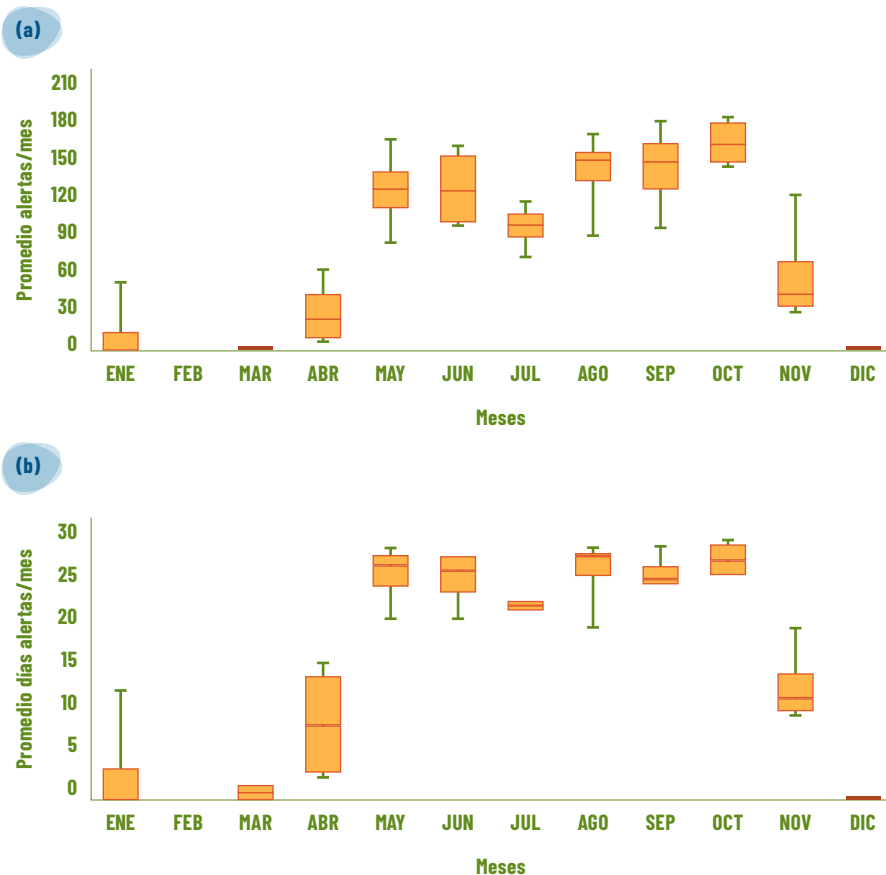


Figura 3. Alertas generadas por el modelo de clasificación del riesgo asociado al proceso infeccioso de *P. palmivora*: (a) número de alertas emitidas por mes y (b) número de días en alerta.

2.3. Aplicación de rondas sanitarias usando aspersión aérea no tripulada

Se desarrolló un protocolo de operación de dron para aspersión dirigida al paquete de flechas en palma adulta. Este cuenta con una lista de chequeo en condiciones de prevuelo, vuelo y postvuelo, un procedimiento de evaluación funcional del equipo y una definición de parámetros de operación que deben ser evaluados. De manera preliminar, la valoración del equipo comercial XAG-P30 plantea un potencial de uso para dicha aspersión, ya que alcanza unos buenos indicadores con ajustes principalmente en su modo de descarga (Figura 4).

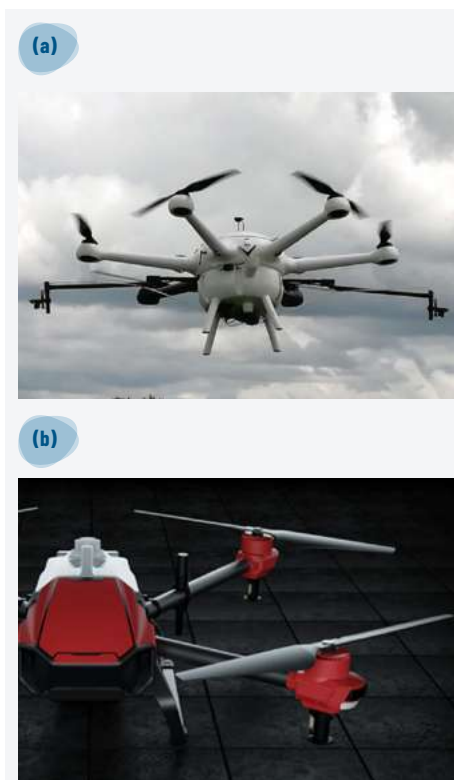


Figura 4. Drones para aspersión en palma de aceite: (a) de investigación (prototipo) para aspersión dirigida y (b) comercial XAG-P30 evaluado.

3. Cultivares resistentes a la PC

3.1. Pruebas de Evaluación Agronómica (PEA)

Teniendo en cuenta que la estrategia genética puede dar mayor sostenibilidad al manejo de la PC en el tiempo, se aprobó el proyecto de pruebas de evaluación agronómica (PEA) de Cenipalma, cuyo plan de fitomejoramiento para esa enfermedad se realiza mediante el desarrollo de cultivares *Elaeis guineensis* DxP (semilla sexual) con posible resistencia a la PC (PEA 4), material clonal de *E. guineensis* sobreviviente por su posible resistencia a la PC (PEA 2) y progenies OxG, que además de la resistencia a la PC presentan características de alto interés por el valor agregado de su aceite (PEA 3). Así, se entregó material vegetal (semilla o clones) a tres plantaciones para la fase de vivero, al tiempo que se desarrolló el que será distribuido en el 2022 para el establecimiento de las pruebas en diferentes localidades de Colombia.

3.2. Metodologías confiables y rápidas de selección de cultivares por su resistencia a la PC

Se consolidó el estudio de proteínas de virulencia (efectores) de *P. palmivora* mediante biobalística. Con el fin de caracterizar la patogenicidad de este microorganismo, y a su vez, la capacidad de resistencia de la palma, se logró infectar el tejido de *E. guineensis* con 12 proteínas de virulencia de una cepa de la Zona Central. Se encontró que todas las proteínas se insertaron en los tejidos de palma de aceite con mayor o menor grado de efectividad, sugiriendo que no

existe inmunidad frente a *P. palmivora*, pero sí un gradiente de respuesta en el tejido vegetal que será útil en la caracterización temprana de cultivares resistentes.

Adicionalmente se trabajó en la identificación de genes de *P. palmivora*, relevantes en las primeras etapas del proceso de infección, para lo cual se analizó la expresión de cinco de estos mediante PCR en tiempo real. Cuatro pertenecen a proteínas de virulencia del patógeno y al ciclo de vida / esporulación, y uno es un gen de la palma de aceite que parece ser clave en los procesos de resistencia, ya que está asociado a un receptor de membrana plasmática y se sobre expresa en el clon resistente cuando interactúa con *P. palmivora*.

Por otro lado, se caracterizó la respuesta del proceso de infección de 15 aislamientos de *P. palmivora* en dos clones de *E. guineensis* previamente catalogados como resistente y susceptible. Según análisis preliminares, todos los aislamientos mostraron baja incidencia y severidad en el clon resistente, mientras que fue alta en el clon susceptible para la mayoría de los aislamientos, destacándose uno de la Zona Norte y uno de la Oriental.

4. Campaña de comunicación efectiva del riesgo fitosanitario

La gestión de la comunicación del riesgo fitosanitario durante el 2021 apuntó a fortalecer las acciones de diferentes *stakeholders* de la cadena de producción, vinculados al manejo de la enfermedad de mayor impacto en el cultivo. Así, el enfoque se mantuvo en la campaña “De

la mano contra la PC”, que se fortaleció e intensificó con los recursos logrados a través del acuerdo suscrito con el MADR (Figura 5). También se realizó el seminario de actualización técnica en el cultivo de palma de aceite, organizado de forma conjunta con el ICA, bajo el lema “Determinantes para el manejo exitoso de la Pudrición del cogollo”, que contó con la participación de 450 asistentes técnicos.

En el marco del Convenio No. 5092021, se llevaron a cabo en las zonas Norte y Central, 22 talleres presenciales de sensibilización y fortalecimiento técnico, dirigidos a productores y tomadores de decisión. Con la participación de más de 400 asistentes, se abordó el manejo preventivo de la Pudrición del cogollo, resaltando los principios básicos y las plagas asociadas a la enfermedad.

Durante la vigencia se reimprimieron ocho títulos sobre PC, costos de producción de fruto de palma de aceite y líneas de crédito para el sector palmero. Igualmente se produjeron 14 audiovisuales, que además de evidenciar las experiencias de los palmicultores frente al trabajo que desarrolla Cenipalma, divulgaron información técnica relevante para el manejo de las principales plagas y



Figura 5. Actividades en el marco del fortalecimiento de la campaña de comunicación del riesgo “De la mano contra la PC”, Convenio No. 2021509 entre el MADR y Cenipalma.

enfermedades de importancia económica para el cultivo.

El trabajo para consolidar la comunicación digital, se reflejó en el compromiso por mantener una fuerte participación en redes sociales. En 2021 se publicaron más de 50 post en Twitter, LinkedIn y YouTube, que cumplieron con los respectivos formatos nativos en imagen, video y/o texto, en los que se utilizó la estrategia de alcance vía *hashtag*.

Como apoyo a las acciones planteadas en el convenio con el MADR, se produjeron tres cuñas radiales sobre PC, que estuvieron al aire con un total de 2.357 emisiones, 74 % en emisoras comunitarias y 26 % en comerciales. También se publicaron dos ediciones especiales del periódico PalmaSana para las zonas Central y Norte, en los que se desatacaron los logros en la gestión y ejecución del convenio.

En 2021, el Área de Extensión reportó 10 actividades en la línea de investigación de la Pudrición del cogollo, con tres capacitaciones, tres días de campo, una mesa de trabajo y tres talleres.

ca de los costos de su manejo según el cultivar sembrado: *E. guineensis* o híbrido OxG. Se realizó el seguimiento a los valores en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína entre 2018-2021, que incluye censos fitosanitarios, control químico mediante rondas fitosanitarias, eliminación de tejido infectado por medio de cirugías y erradicación de palmas que no se recuperan con el tratamiento. Durante cuatro años, el costo real (año base 2021) de manejar la PC en

cultivares híbridos OxG fue consistentemente inferior con respecto al de *E. guineensis* (equivalente a una quinta parte por hectárea). Específicamente para 2021 y en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína, el costo promedio en *E. guineensis* fue de \$ 843.792/ha y en híbrido OxG de \$ 167.328/ha (Figura 6). Lo anterior indica que, aunque los cultivares híbridos OxG requieren invertir en el manejo de la PC, los montos son más razonables que en *E. guineensis*.

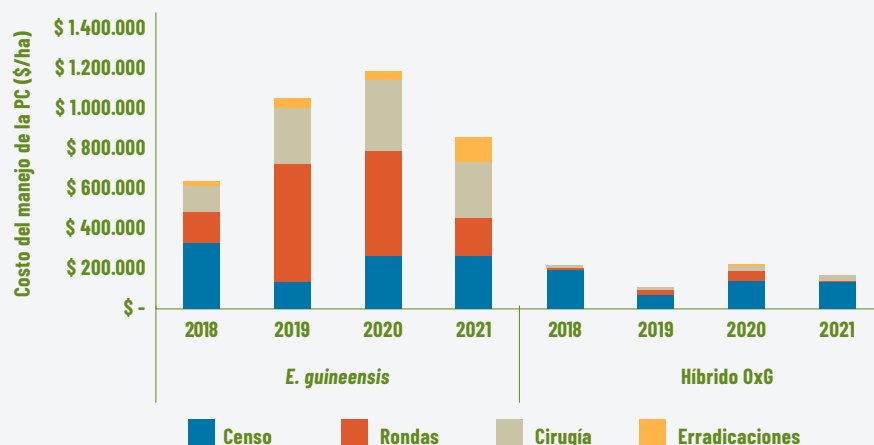


Figura 6. Costo de manejo de la PC para el periodo 2018-2021 en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína.

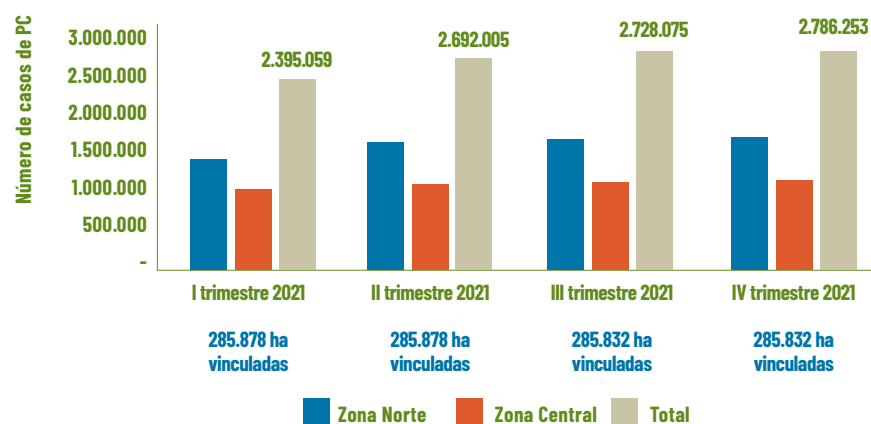
5. Sistema de información para seguimiento y toma de decisiones en el cultivo y planta de beneficio

5.1. Costos de manejo de la PC: *E. guineensis* vs. híbrido OxG

Dado que la PC sigue siendo la enfermedad más limitante del cultivo de palma de aceite en Colombia, resulta relevante generar información acer-

5.2. Indicadores fitosanitarios para superar la problemática fitosanitaria- PC

Indicador de gestión sectorial (casos de PC)



Indicadores de impacto sectorial

Cobertura de manejo de información y verificación fitosanitaria asociada a los convenios empresariales

Indicadores fitosanitarios	Zona Norte	Zona Central
Cobertura en el manejo de información fitosanitaria (ha)	69.910	156.000
Plantaciones con información fitosanitaria (No.)	39	1.813



2.2. Línea de investigación y extensión: Marchitez letal (ML) del cultivo de palma de aceite

La línea de investigación y extensión en Marchitez Letal (ML,) busca desarrollar herramientas integrales y complementarias, que le permitan a los palmicultores colombianos superar la problemática fitosanitaria asociada a esta enfermedad. En 2021 se reportaron varios avances.

1. Tecnología para el diagnóstico temprano

Agente causal de la ML identificado y confirmado

Se confirmó que la bacteria *Candidatus Liberibacter* es el patógeno involucrado en la enfermedad. Inicialmente se estandarizó su detección en laboratorio mediante técnica de PCR, utilizando controles positivos de cítricos. Luego, se analizaron palmas afectadas por ML y se compararon con palmas sanas de 11 colectas de tejido vegetal (foliolo, raquis, inflorescencia, pedúnculo, meristemo, estípites, raíz y fruto), en cuatro plantaciones de la Zona Oriental. Los análisis corroboraron la presencia del patógeno solo en las palmas afectadas, siendo los tejidos de inflorescencias, meristemo y estípites los más favorables para determinarlo.

Adicionalmente, y para mejorar la capacidad de detección de esta bacteria, se realizó la secuenciación de las bandas extraídas de las muestras, confirmando su identidad con 99 % de confiabilidad. También se inició la estandarización de la técnica de PCR digital, que permitirá cuantificar con mayor

precisión la existencia del patógeno en las muestras vegetales.

Identificación del vector de la ML

Se avanzó en la identificación de posibles insectos capaces de transmitir el patógeno.

Se mantuvo la cría del principal insecto sospechoso de ser vector de ML, *Haplaxius crudus*, en las instalaciones del Campo Experimental Palmar de las Corocoras (Figura 7). Se produjeron 184.044 adultos, que se utilizaron en tres diferentes proyectos: Pruebas de expresión de antibiosis y antixenosis en variedades comerciales de palma de aceite; Eficacia de hongos entomopatógenos para el control de adultos y Pruebas de transmisión del agente causal de la Marchitez letal por adultos.



Figura 7. Cría masiva de *Haploxius crudus* en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras.

En el proyecto Pruebas de transmisión del agente causal de la ML por adultos de *H. crudus*, se iniciaron nuevos ensayos de adquisición y transmisión del patógeno en condiciones de campo, a fin de ampliar el conocimiento sobre la interacción tritrófica (vector-patógeno-hospedero) en el proceso de la enfermedad.

Para caracterizar la respuesta de cinco cultivares de palma de aceite al ataque de adultos de *H. crudus*, y evaluar el potencial reproductivo del insecto, se realizaron pruebas que buscaban determinar la preferencia de oviposición de las hembras alimentadas en diferentes cultivares, sobre las gramíneas *Panicum maximum* y *Digitaria sanguinalis*. Las vainas foliares de *P. maximum* fueron muy angostas (2-3 mm) y no resultaron atractivas para la oviposición, además de la dificultad para observar los huevos. En cambio, las macollas de *D. sanguinalis*, al tener las vainas foliares más anchas (6-7 mm), facilitaron la observación de los huevos encontrando una mayor cantidad de estos (Figura 8). Luego de 16 días de liberadas las parejas de *H. crudus*

en diez unidades de oviposición, se cuantificaron 159 huevos en las macollas de *D. sanguinalis* y solo 14 en las de *P. maximum*.

Se seleccionó *D. sanguinalis* como sustrato de oviposición para la siguiente etapa del estudio, donde los adultos de *H. crudus* se alimentarán en los diferentes cultivares de palma de aceite y se pondrán a ovipositar. Esto con el fin de determinar si los cultivares estudiados tienen una influencia en el potencial reproductivo de las hembras.

Adicionalmente se avanzó en la búsqueda de otros posibles vectores, mediante un muestreo en un área de 5 m² alrededor del estípite de palmas de 18 a 20 años, inyectadas con un insecticida sistémico, se colectaron y preservaron los insectos chupadores dos horas después de la aplicación.

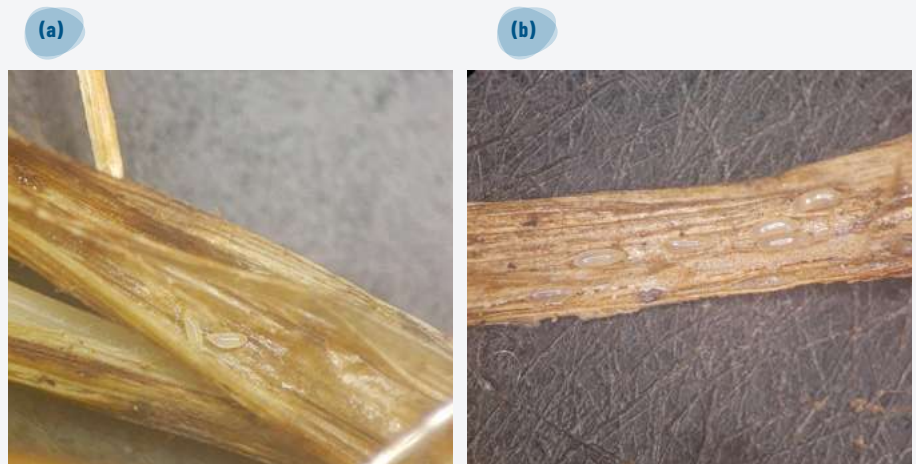


Figura 8. Huevos encontrados en vainas foliares de las gramíneas (a) *Panicum maximum* y (b) *Digitaria sanguinalis*.

Los insectos colectados, según los resultados iniciales, pertenecen a las familias Derbidae, Dictyophariidae y Cicadellidae. Sin embargo, los análisis por PCR convencional no evidenciaron la presencia de *Candidatus Liberibacter*.

Metodologías de detección temprana

Para el diagnóstico temprano de la ML en el cultivo *E. guineensis*, se desarrolló una metodología que evalúa las respuestas espectrales adquiridas de aeronaves remotamente pilotadas (ARP) y sensores proximales en campo. Se encontró que los sensores térmicos aerotransportados en ARP o drones constituyen una tecnología promisoría para detección de palmas con ML sin síntomas visibles, las cuales, bajo ciertas condiciones ambientales, muestran mayor temperatura que sus vecinas.

Desde el punto de vista fisiológico, se evidenció una reducción significativa de cerca del 78 % en la tasa fotosintética, conductancia estomática y transpiración entre palmas sanas y enfermas, y un aumento en la temperatura foliar entre ambos grupos de alrededor de 3 °C. Con relación a la reflectancia, medida con el espectrorradiómetro y calculada con base en las imágenes tomadas a partir de ARP, se lograron separar las palmas sanas de las enfermas, ya que estas últimas presentaron mayor reflectancia en las bandas del verde e infrarrojo cercano (NIR) en comparación con las sanas. Dentro del espectro electromagnético medido, el mayor aporte para establecer diferencias entre palmas sanas y enfermas correspondió al RE (Red Edge), entre 680 y 780 nm, principal-

mente a través del cálculo del índice de vegetación denominado REP. Asimismo, se encontró que otros índices podrían ser nuevos indicadores en la detección de ML en el cultivo de palma de aceite con síntomas.

De esta manera, las técnicas de observación por medio de sensores remotos de ultra alta resolución, se convierten en posibles herramientas importantes en la detección y seguimiento de la enfermedad, ya que ofrecen ser más oportunos y la nubosidad no los afecta. Si bien el ámbito multiespectral no permite detectar con anticipación, sí posibilita hacer inventarios de las palmas afectadas, y establecer sectores dentro del lote que requieren de una intervención inmediata para evitar la propagación de la enfermedad.

Los pasos siguientes consistirán en determinar si los sensores térmicos aerotransportados son aplicables como una herramienta de detección costo-eficiente a incluir en el paquete de manejo de la enfermedad.

2. Sistema de información para seguimiento y toma de decisiones

Módulo de manejo sanitario integral del sistema de información

Se desarrolló un modelo bioeconómico para determinar el momento en el cual el negocio de producción de fruta de la palma de aceite deja de ser rentable, como consecuencia de la eliminación progresiva de palmas afectadas por ML.

El modelo consideró la dinámica de la incidencia de la ML y el flujo neto de ingresos, maximizó el beneficio del productor, y seleccionó el momento óptimo de dejar el negocio ante el incremento de la incidencia de la enfermedad. Es decir, permitió evaluar el impacto económico de decisiones orientadas al control de la ML, específicamente de la estrategia de controlar la enfermedad empleando cultivares con algún grado de resistencia, pues los reportes de plantación identifican cultivares con diferentes velocidades en las tasas de contagio.

Se consideraron tres escenarios bajo la unidad espacial de una hectárea y la unidad temporal de un año: lotes sin afectación de ML que corresponden al plan original del productor (escenario 1), lotes afectados por ML y con mayor velocidad de contagio de la enfermedad debido a cultivares susceptibles (escenario 2) y lotes afectados por ML y con menor velocidad de contagio debido a cultivares con alguna resistencia (escenario 3). El modelo definió el valor presente neto (VPN) desde el año de ataque de la ML (año 3), hasta el momento en el que el negocio dejó de dar ganancias (ingreso neto negativo).

Los resultados indicaron que cultivares con mayor velocidad de contagio derivan en un negocio inviable, si son infestados en las primeras etapas del desarrollo del cultivo (3 a 9 años después de la siembra). Por otro lado, los cultivares con menor velocidad de contagio, aunque sean infestados en las primeras etapas del desarrollo del cultivo y presenten una disminución en el VPN, siguen siendo viables pese al embate de la enfermedad (Figura 9).



Figura 9. Valor presente neto según el escenario evaluado de afectación por ML
Escenario 1: lotes sin afectación de ML que corresponden al plan original del productor;
Escenario 2: lotes afectados por ML y con mayor velocidad de contagio de la enfermedad debido a cultivares susceptibles; **Escenario 3:** lotes afectados por ML y con menor velocidad de contagio debido a cultivares con alguna resistencia.

A través del Convenio de asociación GGC-110-2021 entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y Cenipalma, por segundo año consecutivo se gestionaron recursos que fueron invertidos principalmente en la eliminación de áreas brote de la enfermedad. En total se intervinieron 48 predios y se eliminaron 153 brotes de ML en los municipios de Maní, Tauramena y Villanueva (Casanare), y Cabuyaro, Cumaral, Villavicencio, Puerto López, Acacías, San Carlos de Guaroa y San Martín (Meta).

SIG fitosanitario ampliado y actualizado

Durante la vigencia 2021, se mantuvo el seguimiento preciso y constante al desarrollo de la enfermedad en un área significativamente representativa para la Zona Oriental.

3. Sistema integrativo de gestión fitosanitaria

Planes especiales y convenios de manejo local, regional y/o internacional en zonas de afectación

Se avanzó significativamente en la mitigación de la afectación por ML, reduciendo la presión de la enfermedad en la Zona Oriental sobre más de 40.200 ha en 185 plantaciones, mediante la eliminación de áreas foco completas.

Los registros de casos de ML en 207 plantaciones afectadas (vinculadas al convenio empresarial de manejo fitosanitario de la zona y con trazabilidad de datos) mostraron una reducción del 22 % con respecto al 2020 (Figura 10).

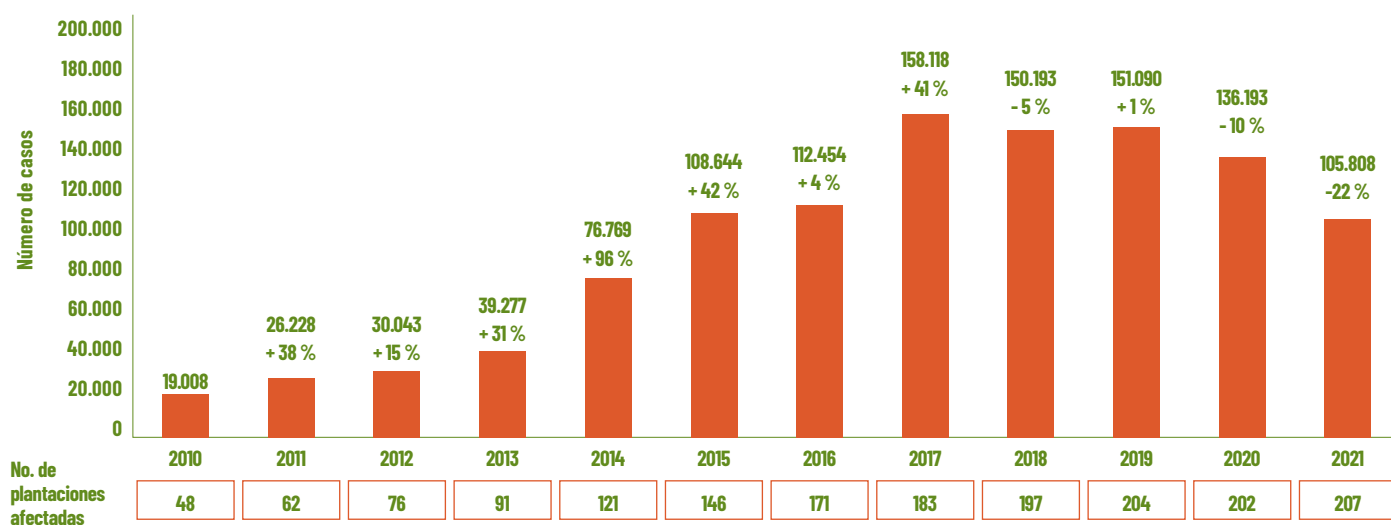


Figura 10. Casos de ML por año en plantaciones con trazabilidad de datos (23 núcleos vinculados al Convenio empresarial de manejo sanitario).

Es decir, durante dos años consecutivos se ha logrado reducir la incidencia de la enfermedad, gracias al trabajo constante y aplicado de las empresas, con el acompañamiento y apoyo de Cenipalma, mediante el establecimiento de los “Principios básicos de manejo” concertados en la región.

Marco normativo fitosanitario vigente

Gracias a las gestiones adelantadas por Cenipalma, y como resultado del trabajo coordinado con el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, durante la vigencia 2021 se consiguió la actualización de la normatividad.

Así, se expidió la Resolución ICA 092771 del 17/03/2021 “Por medio de la cual se actualizan las plagas declaradas de control oficial y las medidas fitosanitarias en los cultivos de palma de aceite en el territorio nacional”. La ML aparece incluida en el anexo técnico de esta, con medidas de obligatorio cumplimiento acordes a lo establecido en los “Principios básicos de manejo de ML” desarrollados por los palmicultores de la Zona Oriental con Cenipalma.

4. Campaña de comunicación efectiva del riesgo fitosanitario

Difusión de la importancia del manejo preventivo y riesgo de la ML

En el 2021 se fortalecieron las acciones de diferentes *stakeholders* de la cadena de producción, vinculados al manejo de las plagas y enfermedades de mayor impacto en el cultivo. El enfoque se mantuvo en la campaña “De la mano contra la ML”, que se fortaleció e intensificó con los recursos logrados a través del convenio suscrito con el ICA. Bajo este marco se realizó de manera virtual el seminario de actualización técnica en el cultivo de palma de aceite: “Identificación del agente causal de la ML: un impulso a las nuevas herramientas de diagnóstico y manejo de la enfermedad”, organizado de forma conjunta con el ICA, y al que asistieron en total 325 personas.

De forma presencial se llevaron a cabo cuatro giras técnicas, para que los productores y técnicos conocedores de la ML, compartieran sus experiencias con aquellos cuyas plantaciones aún no han sido muy afectadas por la enfermedad en los municipios de Maní y Tauramena en Casanare, y San Martín, Puerto Lleras, Fuente de Oro, Granada y Puerto Rico en el Meta. El Área de Extensión desarrolló en 2021 una capacitación en la temática de Marchitez letal.

Incursionando en los nuevos métodos y medios de divulgación de la información, se realizó la radionovela “Marchitez letal: una historia de la vida real”, que tuvo más de 350 visitas en los primeros cuatro capítulos emitidos a través de YouTube.

El periódico PalmaSana llegó a su edición número 35, como una publicación técnica que destaca el diario vivir de los palmicultores y sus experiencias frente al manejo de las principales problemáticas fitosanitarias. Para el tema de ML se produjo una edición especial dirigida a la Zona Oriental, la cual resaltó los logros en la gestión y ejecución del Convenio de asociación GGC-110-2021 suscrito con el ICA.



2.3. Línea de investigación y extensión: otras enfermedades de la palma de aceite

Aportando al objetivo principal de esta línea que es “Superar la problemática fitosanitaria asociada a enfermedades o disturbios de la palma de aceite”, durante el 2021 la atención y los resultados se enfocaron en los siguientes productos principales:

1. Tecnología para el diagnóstico temprano

Diagnóstico de la Pudrición blanca del fruto

Se reportaron avances en cuanto a la identificación del agente causal de la pudrición de racimos en el cultivar híbrido OXG, que se presentó principalmente en la región de Urabá. En visitas a 30 plantaciones, se observó pudrición en los frutos con la formación de un micelio blanco creciendo generalmente desde el ápice hacia la base, mientras en estados avanzados fue posible identificar pequeños puntos de color café, principalmente en frutos sobremaduros (Figura 11).

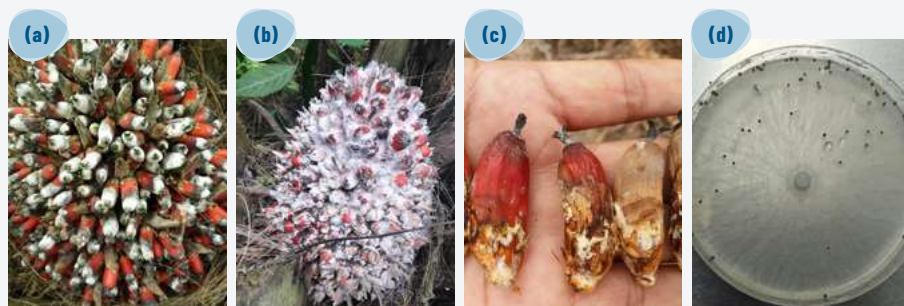


Figura 11. Pudrición blanca del fruto en híbrido. (a) Síntomas iniciales de pudrición blanca en el ápice. (b) Desarrollo de micelio blanco cubriendo el racimo. (c) Pudrición del fruto. (d) *Sclerotium* sp. en medio de cultivo.

De las muestras procesadas en el laboratorio, se obtuvieron ocho aislamientos puros del hongo *Sclerotium* sp. que fueron inoculados en condiciones controladas y en campo. De estos, cuatro presentaron patogenicidad superior al 30 %. Los frutos inoculados evidenciaron síntomas similares a los observados en campo, comprobando así la patogenicidad de *Sclerotium* spp., asociada a la Pudrición blanca del fruto en híbrido.

Diagnóstico del secamiento del *Desmodium* utilizado como cobertura vegetal

En la Zona Central se presentó el secamiento progresivo y muerte de la cobertura vegetal *Desmodium ovalifolium*. Para verificar y diagnosticar

el problema se visitaron 30 plantaciones de palma de aceite, donde fue posible observar parches secos o calvas a la distancia, amarillamiento generalizado, secamiento foliar y del tallo, y agallas o protuberancias de color café en los nudos del tallo al examinar la cobertura más de cerca. Se tomaron muestras de tejidos foliares, florales y del tallo, que fueron procesadas en el laboratorio.

Como resultado, en 24 muestras se determinó la presencia de nematodos con características morfológicas similares a las descritas para *Pterotylenchus cecidogenus*, agente causal de las agallas del *Desmodium* (Figura 12), registrado desde 1983 y considerado restringido únicamente a la Zona Oriental.

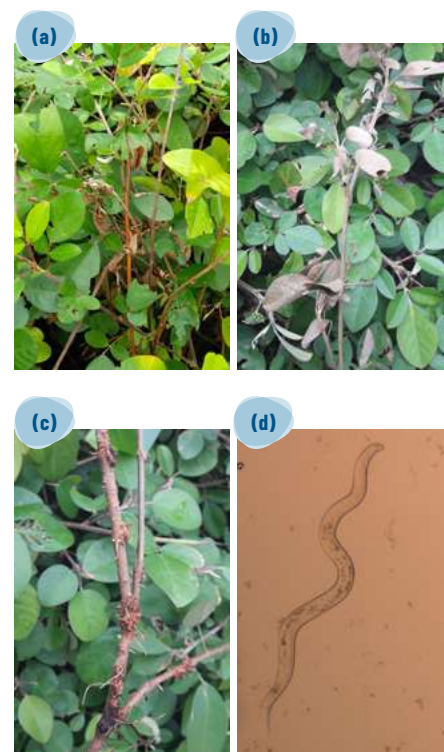


Figura 12. Nematodo de las agallas en *Desmodium*. (a) Síntomas iniciales de clorosis foliar. (b) Necrosis y secamiento foliar. (c) Secamiento del tallo. (d) *Pterotylenchus cecidogenus*.

La identidad del nematodo fue determinada a nivel molecular, mediante la secuenciación parcial de las regiones ITS y D2-D3, lo que permitió depositar, por primera vez, las secuencias parciales de este patógeno en el GenBank.

Diagnóstico de la Pudrición basal del estípite en Colombia

Se terminó el diagnóstico de la Pudrición basal del estípite (PBE), comprobando la patogenicidad de siete aislamientos de *Ganoderma* en palma de aceite, con incidencia mayor al 90 %, una severidad máxima de 34 % y un mayor índice de severidad en tres aislados. El patógeno se recuperó de las plantas inoculadas, y fue identificado

como *Ganoderma zonatum* mediante un análisis multirregional (ITS, rpb2 y tef1-a), verificando de esta manera su asociación como agente causal de la PBE en Colombia.

Diagnóstico del Secamiento del tercio medio

En la Zona Oriental se reportó la problemática sanitaria denominada Secamiento del tercio medio (STM), disturbio que ha afectado a cerca de 27.000 palmas desde el 2007. Por esta razón, con el apoyo de la Plantación Manuelita, se está adelantando el diagnóstico de las condiciones bióticas y abióticas que pueden estar causando o influenciando su aparición.

El trabajo se lleva a cabo en dos fases: 1) En campo, se hace seguimiento quincenal al desarrollo de los síntomas externos e internos asociados a esta problemática. Adicionalmente, se verifican las variables climáticas y condiciones físicas del suelo. 2) En laboratorio, en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras, a partir de las muestras de tejidos de las palmas afectadas, se realizan siembras en

medios de cultivo para el aislamiento de microorganismos asociados.

En el seguimiento de síntomas, se ha observado que el amarillamiento y el secamiento, que generalmente inician desde el ápice hacia la base de las hojas del nivel 17, son los más frecuentes. También se presenta enruanamiento (doblamiento de hojas secas), clorosis y acortamiento de hojas nuevas (Figura 13).

En general, las palmas presentan entre cuatro y ocho hojas con síntomas. El tiempo necesario para que estas se sequen totalmente, en el 85 % de los casos, ha sido inferior a tres meses. Internamente, se han observado lesiones en bases peciolares, cambios de coloración en el raquis de hojas con síntomas externos y pudrición de inflorescencias inmaduras, pero esto solo en el 18 % de las palmas.

A partir de las muestras de tejidos de 32 palmas afectadas por STM, se han aislado 10 morfotipos de hongos (en inoculaciones controladas, ninguno de estos microorganismos ha sido patógeno ni ha presentado sínto-

mas similares a los observados en palmas con STM), y 11 de bacterias (donde todos los morfotipos corresponden a bacilos Gram negativos, y se han aislado en al menos el 50 % de las palmas muestreadas).

Diagnóstico del desprendimiento prematuro y pudrición de bases peciolares

En algunas plantaciones de las zonas Suroccidental, Oriental y Central con cultivares híbrido, se ha observado un desprendimiento prematuro de las bases peciolares, que en condiciones de alta humedad muestran pudrición. La expresión de síntomas se hace visible en su descomposición, presentando una coloración oscura y una acumulación excesiva de humedad.

A medida que se desintegran las bases peciolares, en algunos casos la afectación compromete al estípite y es posible observar lesiones de color café y de aspecto fibroso que progresan hacia el centro, impactando toda su periferia. En estados avanzados, el estípite se va secando sin evidenciar daños. En la mayoría de los casos, las lesiones más severas ocurren a una altura entre 60 y 80 cm de la base del suelo, sitio por donde el estípite se debilita hasta que el peso del dosel de las plantas provoca su quebramiento y colapso. En todo el desarrollo de la enfermedad, las plantas no presentan anomalías foliares, ni afectaciones en los frutos y raíces.

Los tejidos colectados de las zonas de avance de la lesión, desinfestados y sembrados en medios de cultivo, permitieron obtener nueve aisla-

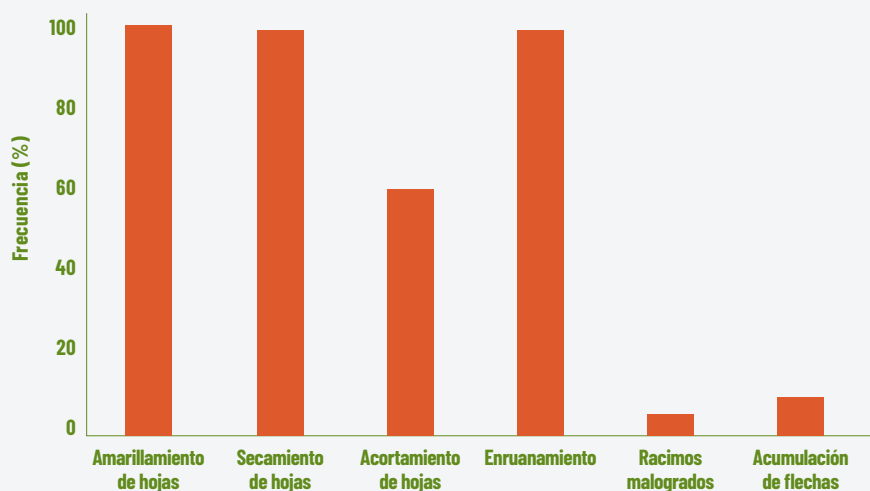


Figura 13. Frecuencia de los síntomas observados en campo, en las palmas en seguimiento.

mientos fúngicos y siete bacterianos de las muestras procesadas de la Zona Suroccidental: dos fúngicos y dos bacterianos de la Zona Oriental y cuatro fúngicos de la Zona Central. Con estos se realizarán pruebas de patogenicidad en plántulas, que permitan verificar la asociación de microorganismos a la problemática.

Diagnóstico de la marchitez en la Zona Central

En la Zona Central, municipios de San Pablo (Bolívar), Río Viejo (Bolívar) y Puerto Parra (Santander), se presentaron palmas en etapa productiva con síntomas de marchitez. Las palmas afectadas evidenciaron amarillamiento en hojas jóvenes, y folíolos con secamientos de color rojizo precedidos de una franja clorótica. En algunos casos fue posible observar un secamiento completo, mientras otros folíolos permanecen verdes o con lesiones que progresan más lento sobre la superficie. En la planta, el secamiento se dio de manera ascendente, las hojas se deshidratan completamente y pierden rigidez. Los racimos e inflorescencias se pudren y desprenden con facilidad,

aún en estados inmaduros. El estípite se conserva en buen estado, y es posible encontrar pudrición de algunas raíces con apariencia seca y coloraciones rojizas.

Fueron colectadas muestras de diferentes tipos de tejido como raíz, estípite, meristemo e inflorescencias inmaduras y procesadas, para la identificación de flagelados mediante técnicas moleculares con cebadores específicos para la detección del género *Phytophthora*. Sin embargo, no fue posible observar amplificación visible, por lo que se les realizarán análisis por metagenómica.

2. Cultivares resistentes a la PBE

Información relación hospedante – patógeno

En el seguimiento al desarrollo de la Pudrición basal del estípite (PBE) causada por *Ganoderma zonatum*, se realizó la colecta de 160 carpóforos provenientes de palmas afectadas por esta enfermedad en plantaciones de la Zona Norte. En condiciones de labora-

torio se llevó a cabo la caracterización morfológica y la obtención de aislamientos, y se adelantaron pruebas de compatibilidad somática para verificar la similitud genética (Figura 14).

Como resultado, se observó que todos los emparejamientos evaluados presentaron interacciones incompatibles, formando una barrera de inhibición, excepto los autocruzamientos y la interacción entre dos aislamientos en la que se dio la fusión de las colonias. Esto último debido a que se encontraban creciendo en la misma palma, lo que permitía la reproducción asexual que genera individuos genéticamente idénticos.

Las interacciones incompatibles, indicaron que los aislamientos son genéticamente diferentes y se originaron de una fuente de inóculo distinta, posiblemente a través de basidiosporas. A partir de estos hallazgos, y para hacer un mejor análisis de la dispersión de *Ganoderma* sp. en plantaciones de la Zona Norte, se realizarán estudios más amplios, con un mayor número de aislamientos, tanto de diferentes palmas como de los que se encuentren en la misma planta.

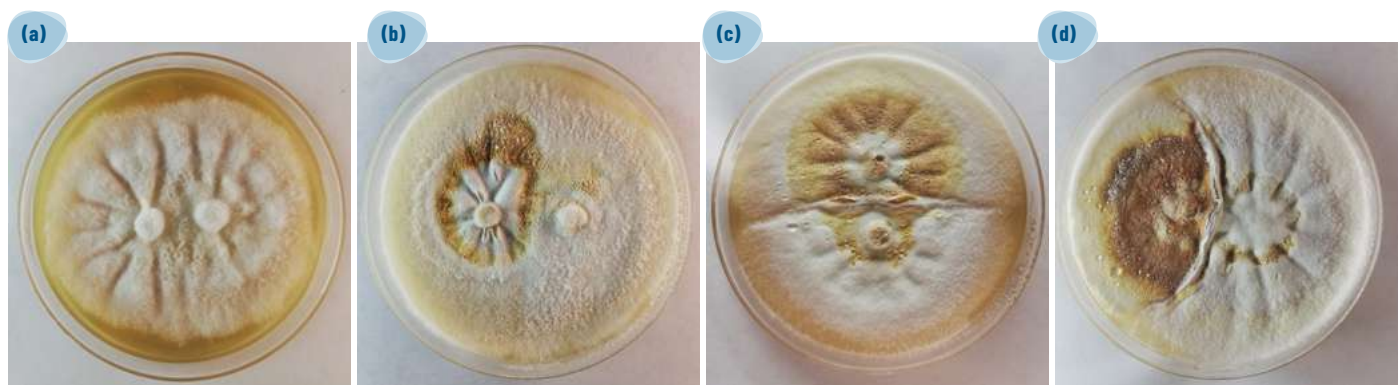


Figura 14. Escala de evaluación para interacciones de compatibilidad somática de *Ganoderma* spp. (a) Interacción compatible, (b) Interacción débil, (c) Interacción moderada (d) Interacción fuerte.

3. Tecnologías para el manejo integrado de las enfermedades

La identificación de *Pterotylenchus cecidogenus* como agente causal de las agallas del *Desmodium*, permitió establecer estrategias de manejo, principalmente con el transporte de material vegetativo, ya que no deben ser colectadas semillas ni material propagativo en los sitios que presenten esta enfermedad.

Para el desprendimiento prematuro y pudrición de bases peciolares, se ha recomendado remover los tejidos afectados (bases peciolares, tejido del estípite afectado) con ayuda de una herramienta de corte (palín). Luego, aplicar una pasta cicatrizante, compuesta por un insecticida, un fungicida y un bactericida en una relación 1:1:0,5 con la ayuda de una brocha, con el fin de proteger el tejido expuesto y disminuir el efecto de los microorganismos presentes (Figura 15).

De manera preventiva, se sugirió evitar el exceso de humedad a través de podas (en lo posible dejando las bases peciolares más cortas), mantenimiento y adecuación de drenajes dentro del lote.

Como estrategia de manejo de la Pudrición basal del estípite, se analizó *in vitro* el biocontrolador *Streptomyces* sp. sobre el aislamiento *Ganoderma zonatum*. Este biocontrolador, actinomiceto, está ampliamente distribuido en los suelos, y tiene la capacidad de inhibir el crecimiento micelial y la germinación de esporas de patógenos, a través de la producción de metabolitos secundarios y primarios como antibióticos y enzimas extracelulares. En la evaluación de tres metodolo-

gías de cultivo dual: disco de patógeno en un extremo de la caja y al otro el rayado del antagonista, disco del patógeno en el centro de la caja y el rayado del antagonista a 2 cm a cada lado, y disco del antagonista en el centro de la caja y a 2 cm a cada lado uno del patógeno, se obtuvo un porcentaje de inhibición del crecimiento (PIC) del 68, 97 y 100 %, respectivamente para cada prueba. Igualmente, se evaluaron las propiedades antibióticas a través de metabolitos volátiles con la metodología de caja sobrepuesta, obteniendo un PIC del 89 %, y metabolitos no volátiles con extracto crudo del patógeno en el medio de cultivo, donde la concentración del 50 % presentó un PIC del 83 %.

Los avances evidencian, a nivel *in vitro*, el efecto antagónico de *Streptomyces* sp. sobre el desarrollo de *Ganoderma zonatum*. Así, se espera continuar con los estudios para poder considerarlo como una alternativa de control biológico de dicho patógeno.

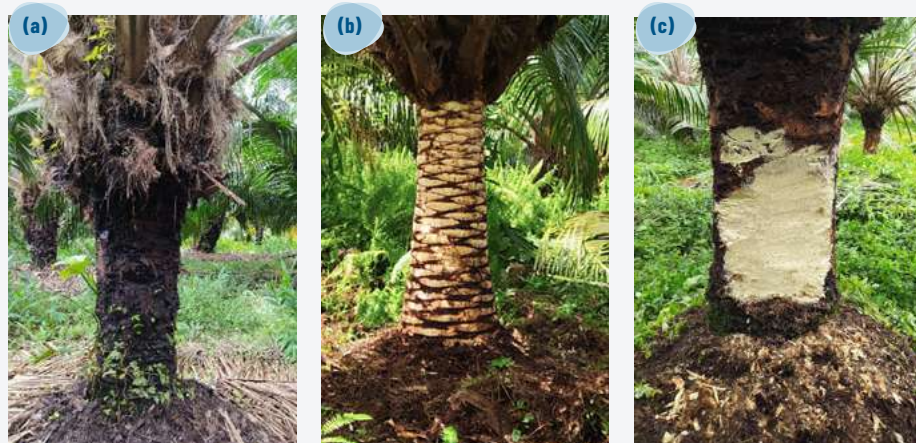


Figura 15. Tratamiento a palmas afectadas por desprendimiento prematuro y pudrición de bases peciolares. (a) Limpieza de bases peciolares. (b) Remoción de tejido necrosado. (c) Aplicación de pasta en el tejido expuesto.

4. Campaña de comunicación efectiva del riesgo fitosanitario

La identificación y estrategias de manejo de las diferentes enfermedades en palma de aceite se divulgaron a través de distintas actividades de capacitación y transferencia, una de ellas es el Seminario nacional de actualización técnica en palma de aceite ICA-Cenipalma, “Más allá de la PC y la ML. Otras enfermedades que afectan la productividad», participaron en total 580 personas.

Plagas



2.4. Línea de investigación y extensión: Manejo integrado de plagas (MIP) de la palma de aceite

El principal objetivo de la línea de MIP, se centra en “Superar la problemática fitosanitaria asociada a las plagas del cultivo de palma de aceite en Colombia”. Para cumplirlo, durante el 2021, se trabajó en aportar a los productos principales definidos en la línea.

1. Tecnologías para el Manejo Integrado de Plagas

Colecciones de artrópodos plaga y benéficos, y microorganismos entomopatógenos

Cenipalma logró el registro de las colecciones de artrópodos plaga y benéficos - Colección de Artrópodos Asociados al Cultivo de Palma de Aceite (CAAPCA) y de Microorganismos Entomopatógenos Asociados a la Palma de Aceite (MEAPA) - ante el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt:

◆ **CAAPCA, registro de la colección 275, del 30-11-2021.**

◆ **MEAPA, registro de la colección 273, del 25-11-2021.**

Durante el año, ingresaron a la colección de microorganismos 22 cepas de hongos entomopatógenos: nueve de *Cordyceps* spp., cuatro de *Metarhizium* sp., ocho de *Beauveria bassiana* y uno de *Lecanicillium lecanii*. A la fecha la colección cuenta con un total de 274 aislamientos conservados.

Se continua con la cría de *Galleria mellonella* para el mantenimiento de la colección de nematodos *in vivo*. En el 2021, se aislaron 23 cepas de nematodos entomopatógenos pertenecientes a la familia Heterorhabditidae, de muestras de suelo provenientes de plantaciones de las zonas Norte y Oriental.

Desarrollo de un sistema de muestreo de *Leptopharsa gibbicarina* para la estimación de sus poblaciones

Se avanzó en el modelamiento de la distribución de *L. gibbicarina* en los diferentes niveles foliares de la palma de aceite, pasando de un modelo relativo (*Leptopharsa*/hoja) a uno absoluto (*Leptopharsa*/palma). Se crearon patrones matemáticos para cada fecha de muestreo, a través del uso de modelos lineales generalizados, con distribución binomial negativa y función de enlace logaritmo.

Con los datos de 15 muestreos de *L. gibbicarina* y un análisis geoestadístico exploratorio, se estimó la densidad y se probó que la distribución era homogénea ($p > 0,05$) para todas las fechas, a excepción de dos muestreos.

Con la prueba del vecino más cercano, en la que se mide la distancia de cada punto (palma) a su vecino infestado más próximo (palma infestada), se observaron grandes grupos de plantas con presencia de *L. gibbicarina*. Para determinar si una palma con *L. gibbicarina* guarda relación con sus vecinas infestadas, se hizo la correlación de K de Ripley. Esta mostró que la distribución de las palmas infestadas en el lote seguía una distribución aleatoria.

Biología, dinámica y distribución poblacional de insectos plaga de la palma de aceite

Caphys bilineata. Los resultados parciales indican que la duración total de su ciclo de vida (incluyendo la longevidad de los adultos), es de $41,6 \pm 11$ días en promedio; la longevidad de machos y hembras es similar ($3,5 \pm 1,3$ y $3,4 \pm 1,2$ días, respectivamente) (Figura 16). Una hembra oviposita 175 ± 56 huevos en promedio. Las pruebas preliminares para determinar el estadio fenológico de desarrollo del racimo de preferencia para oviposición muestran una mayor cantidad de huevos en el 809.



Figura 16. Adultos de *Caphys bilineata*. (a) En el lado izquierdo la hembra y en el derecho el macho. (b) Hembra con alas extendidas.

***Brassolis granadensis*.** Los primeros cuatro instares larvales tienen una duración de 36,8 días en promedio. No se observan diferencias significativas en el tiempo de desarrollo cuando las larvas son alimentadas en *E. guineensis* o en el híbrido interespecífico OxG. Las de segundo instar pliegan un foliolo con seda producida por sus glándulas salivares, elaborando un refugio. El consumo foliar (un foliolo a la vez), lo realizan entre las 7:00-10:00 y las 16:00-18:00. Su hábito de alimentación es gregario.

***Leptopharsa gibbicarina*.** Con las pruebas de preferencia de *L. gibbicarina* hacia cultivares híbridos bajo condiciones controladas, se observó que los adultos prefieren el cultivar Amazon; el menos apetecido es el híbrido interespecífico OxG código Cenipalma

235. Igualmente, se obtuvo mejor respuesta con la densidad de 10 adultos por foliolo que 5 o 20 adultos/foliolo, y el tiempo de respuesta de 24 horas después de infestación no es diferente al de 48 o 72 horas.

Para determinar la influencia de factores ambientales sobre la dinámica poblacional de *L. gibbicarina*, durante el 2021 se realizaron 14 muestreos en lotes de palma de aceite *E. guineensis* en El Copey y Agustín Codazzi. La población de la chinche de encaje ha presentado variaciones a través de los diferentes muestreos, y por el momento no se evidencia una relación entre su fluctuación poblacional y los factores ambientales estudiados. Estos parecen estar más relacionados con el ciclo de vida del insecto, que es de 72 días, ya que los picos poblacionales parecen repetirse cada dos meses.

Polinizadores

Se están desarrollando dos estudios sobre la dinámica poblacional de insectos polinizadores en lotes plantados con *E. guineensis* e híbrido OxG, y su relación con el *fruit set* en las zonas Norte y Suroccidental.

En los muestreos de insectos polinizadores registrados en las trampas de intersección de vuelo en El Copey, se colectaron 129.311 individuos: 92.802 de la especie *Elaeidobius kamerunicus*, 35.037 de *Mystrops costaricensis* y 1.472 de *Elaeidobius subvittatus*. Del total de adultos de *E. kamerunicus* capturados, 47,5 % y 23,2 % se registraron en cultivar *E. guineensis* en inflorescencias masculinas y femeninas, respectivamente. En el híbrido interespecífico OxG la relación fue de 21,9 % y 7,4 %.

En el municipio Agustín Codazzi se colectaron 82.523 insectos polinizadores, de los cuales 61.744 corresponden a *E. kamerunicus*, seguido por *M. costaricensis* con 19.265 individuos y 1.514 individuos de *E. subvittatus*. Del total de *E. kamerunicus* capturados, 47,9 % y 27,4 % se registraron en cultivar *E. guineensis* en inflorescencias masculinas y femeninas, respectivamente. En el híbrido interespecífico OxG, fueron 16,3 % y 8,4 %.

En la Zona Suroccidental, se determinó la presencia de *Elaeidobius kamerunicus* como el único insecto polinizador presente en los tres lotes de estudio, con un promedio de capturas de entre 7,2 y 12,3 individuos/trampa, en dos lotes de las líneas embrionarias o genotipos de material clonal. En contraste, en genotipos no clonales de progenies Angola x Tester, se registró un promedio de 103,7 individuos/trampa. Es de destacar que los genotipos clonales son altamente femeninos y producen muy pocas inflorescencias masculinas.

La cantidad de insectos polinizadores que visitan las inflorescencias femeninas en antesis (estadio 607) influye tanto en la conformación, como en el peso de los racimos de las líneas embrionarias estudiadas. La densidad de *E. kamerunicus* incide en la calidad de los racimos: una baja (1-7 insectos/trampa) produce racimos con un peso entre 6 y 8 kg, y una conformación que oscila entre clase 2 y 3; una población moderada (8-65 insectos/trampa) genera racimos de entre 10 y 16 kg, y una conformación de clase 1; y una población alta (175-605 insectos/trampa) produce racimos de entre 12 y 15 kg y una conformación de clase 1. Así, no hay diferencias entre los componentes productivos de

los racimos que fueron visitados por una cantidad moderada y alta de *E. kamerunicus*.

Dinámica poblacional de *Loxotoma elegans* en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras

Loxotoma elegans es una de las plagas defoliadoras más recurrentes e importantes de la Zona Oriental, ya que infesta cientos de hectáreas cada año. Con el fin de entender su comportamiento y los factores bióticos y abióticos que inciden en su dinámica poblacional, se hizo el seguimiento a sus poblaciones, controladores biológicos y factores ambientales, mediante muestreos semanales entre abril de 2017 y diciembre de 2021. En este periodo, se aseguró mantener plantas nectaríferas alrededor del lote experimental, así como evitar aplicar algún tipo de control con insecticidas de síntesis química o biológica.

Las poblaciones se incrementaron durante el periodo seco, en los dos primeros años. Posteriormente, se regularon con un alto porcentaje de parasitismo sobre los diferentes estados de desarrollo. Se observó que el control biológico por conservación influye directamente en la regulación de este defoliador, registrando 20 especies de parasitoides y 22 de depredadores. A partir de 2019, se evidenció cómo sus poblaciones fueron drásticamente diezmaradas por estos controladores, con menos de tres larvas en promedio por hoja, sin causar defoliaciones (Figura 17). Las condiciones ambientales parecen no tener una relación en la reducción o abundancia de sus individuos.

Trichogramma sp., parasitoide de huevos de *L. elegans*, cuatro especies de Braconidae y al menos 10 de depredadores entre avispas, chinches, arañas, carábidos y hormigas, fueron los visitantes más frecuentes de las

plantas nectaríferas, ejerciendo control sobre el defoliador.

Los enemigos naturales coincidieron espacialmente con los lugares donde se concentraban las mayores poblaciones de *L. elegans*. La recuperación del entorno natural con el establecimiento de plantas nectaríferas proporcionó condiciones propicias para que estos permanecieran en los cultivos favoreciendo su diversidad, como una alternativa de control preventivo que cumple su papel en los procesos de regulación y contribuyen al equilibrio ecológico del agroecosistema.

Identificación de la feromona sexual de *Opsiphanes cassina*

En las observaciones de adultos de *O. cassina* bajo condiciones de laboratorio, no se observaron cópulas. Sin embargo, el macho en el

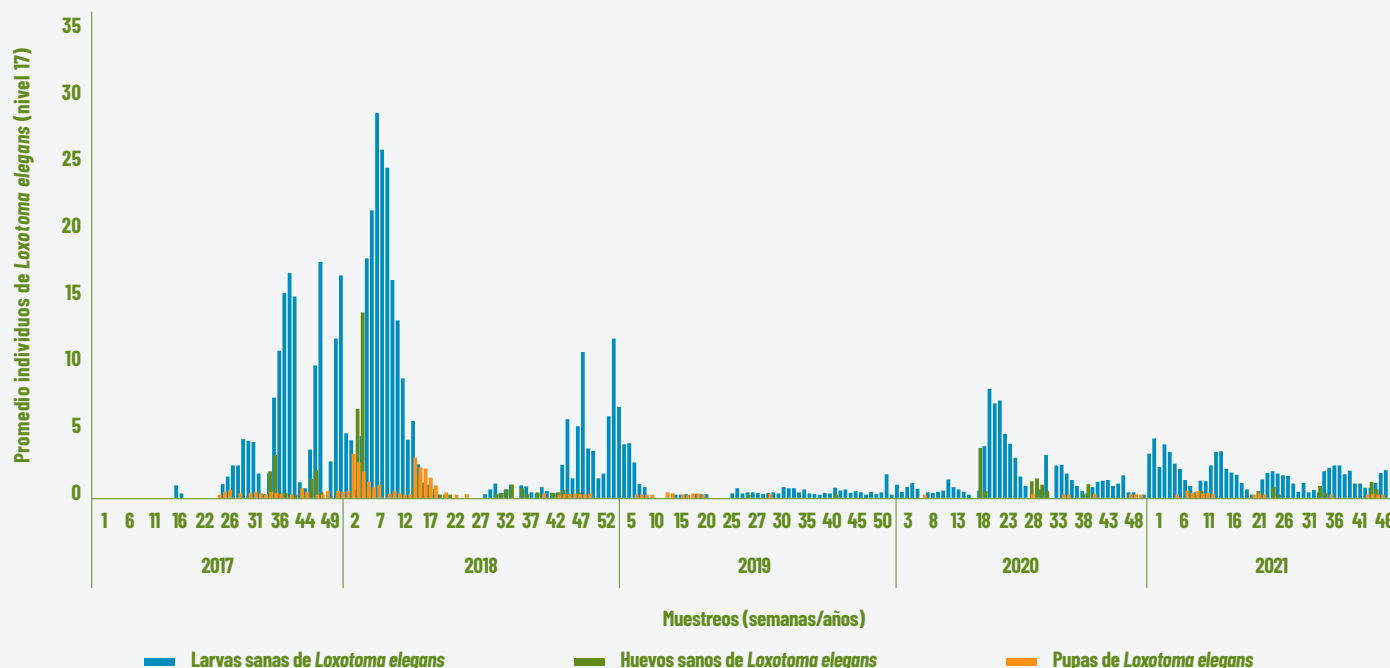


Figura 17. Dinámica poblacional de *Loxotoma elegans* en el lote 13 del Campo Experimental Palmar de las Corocoras, Paratebueno, Cundinamarca (2017-2021).

horario crepuscular (entre las 6:00 y 8:00 p.m.), llena sus estructuras glandulares mientras realiza movimientos de abdomen y alas posteriores. Estas características conductuales, sugieren la existencia de comunicación química mediada por sustancias que actuarían como feromona sexual producida por el macho. Resulta necesario completar el estudio de comportamiento y establecer el horario de actividad asociado con el apareamiento, para afirmar que en efecto se está produciendo una feromona que media el comportamiento sexual.

La comparación de extractos de machos y hembras mostró la presencia de ocho posibles compuestos volátiles orgánicos macho-específicos, usando dos metodologías diferentes. Tres de ellos obtenidos únicamente de las alas y cinco de todo el cuerpo, tanto de machos como de hembras.

Controladores biológicos eficientes en el manejo de plagas de la palma de aceite

Se avanzó en la selección de hongos entomopatógenos mantenidos en la colección de microorganismos de Cenipalma.

Para larvas de *S. aloeus* se cuenta con dos cepas preseleccionadas y seis para adultos. Se evaluó la eficacia de la dosis letal 90 (DL_{90}) de las cepas de *M. anisopliae* bajo condiciones de casa de malla (290 C, 80 % HR) en larvas de tercer instar, observando mayor mortalidad 15 días después de la aplicación: una con una efectividad

del 70 %, mientras que en la otra fue del 28 %. Se seleccionó la que ocasionó mayor mortalidad para continuar con las valoraciones en campo.

Se está evaluando el manejo integrado de *L. gibbicarina*, *Stenoma impressella* y del añublo foliar en cultivares híbridos, en un programa de manejo integrado en la Zona Central (Figura 18).



Figura 18. Hongos entomopatógenos afectando plagas de la palma de aceite. (a) *Leptopharsa gibbicarina* afectada por *Purpureocillium lilacinum*. (b) *Stenoma impressella* infectada por *Isaria* sp. (c) Adulto. (d) Larva de tercer instar de *Strategus aloeus* infectada por *Metarhizium anisopliae*.

2. Campaña de comunicación efectiva del riesgo fitosanitario

El Manejo Integrado de Plagas fue ampliamente divulgado en el Seminario Nacional de Actualización Técnica en Palma de Aceite ICA-Cenipalma, que contó con la participación de 552 personas.

La edición 32 del periódico PalmaSana fue dedicada especialmente al tema “Chinche de encaje: otro enemigo de la palma de aceite que debemos manejar”. Extensión organizó 23 actividades en la línea de plagas, con tres capacitaciones, nueve días de campo, siete mesas de trabajo, dos reuniones de núcleo y dos talleres.



2.5. Línea de investigación y extensión: agua en la agroindustria de la palma de aceite

El objetivo principal de la línea se centra en “Usar y manejar sosteniblemente el agua en el agroecosistema de la palma de aceite” y para lograrlo se reportaron en 2021 avances en los productos principales.

1. Tecnologías para la gestión eficiente del riego y el drenaje

Requerimiento hídrico del cultivo de palma *E. guineensis* bajo condiciones de la Zona Norte de Colombia

La determinación de la evapotranspiración se realizó para el periodo de marzo del 2019 a diciembre del 2021, en los cultivares Deli x AVROS y Deli x La Mé (Millenium 7001) establecidos en campo desde 2016. Los valores de evapotranspiración (ETc) corresponden al tercer año desde la siembra (estimados desde marzo a septiembre del 2019), cuarto año del cultivo (octubre del 2019 a septiembre del 2020) y quinto año (octubre del 2020 a septiembre del 2021) (Tabla 1).

Tabla 1. Requerimientos hídricos de dos cultivares *E. guineensis* en el 3.º, 4.º y 5.º año de producción.

Parámetro		Deli x AVROS (Dami Las Flores)			Deli x La Mé (Millenium 7001)		
		3.º año	4.º año	5.º año	3.º año	4.º año	5.º año
Evapotranspiración cultivo	ETc (mm/día)	4,2	5,9	6,1	4,3	5,9	5,7
Coeficiente del cultivo (Kc)	ETc= Kc*ETo	0,7	0,85	0,9	0,7	0,8	0,9
Coeficiente del tanque (K _T)	ETc= K _T *EV	1,0	1,4	1,41	1,2	1,4	1,4

Evapotranspiración (ETc)

Los resultados indican el valor medio de 4,2 mm/día de evapotranspiración para el cultivar Deli x AVROS en el tercer año, con un rango entre 2,0 y 8,0 mm/

día; en el cuarto año fue de 5,9 mm/día (entre 3,0 y 9,5 mm/día) y para el quinto año de 6 mm/día (entre 2 y 10 mm/día), en el tratamiento T1 con humedad del suelo a capacidad de campo. Por otro lado, se observa que los valores de ETc se reducen a medida que se incrementa el déficit de humedad del suelo. Por ejemplo, para el quinto año los valores registrados fueron de 5,5 mm/día en el tratamiento T2 (75 % de la capacidad de campo), 5,3 mm/día en el T3 (50 % de capacidad de campo) y 4,1 mm/día en el T4 (25 % de la capacidad de campo). Así, a medida que la humedad del suelo disminuye, las plantas evapotranspiran a una tasa inferior a la potencial.

En el cultivar Deli x La Mé (Millenium 7001) se estimó que, para su tercer año de establecido, el valor medio de la ETc fue de 4,3 mm/día con un rango entre 2,3 y 8,0 mm/día, en el cuarto 5,9 mm/día (rango entre 3,1 y 9,3 mm/día) y en el quinto 5,7 mm/día (rango entre 2,8 y 9 mm/día). En este cultivar, de manera similar que en el Deli x AVROS, a medida que se disminuye la disponibilidad de agua en el suelo, se reducen los valores de evapotranspiración. En promedio, en el quinto año, estos fueron de 5,2, 5,2 y 4,7 mm/día para los tratamientos T2 (75 % de la capacidad de campo), T3 (50 % de la capacidad de campo) y T4 (25 % de la capacidad de campo), respectivamente.

Al comparar los valores de evapotranspiración de ambos cultivos, se observa que en el tratamiento T4, cuando el cultivo es sometido a un alto déficit hídrico (25 % de la capacidad de campo), el valor de ETc para el cultivar Deli x La Mé (Millenium 7001) es superior al de Deli x AVROS, indicando una mayor tolerancia a condiciones de déficit hídrico (4,7 vs. 4,1 mm/día). Esto corrobora lo encontrado en otras investigaciones sobre la tolerancia de Deli x La Mé Millenium a condiciones de déficit de humedad.

Aspectos básicos para el conocimiento de sistemas de drenajes y su mantenimiento en el cultivo de palma de aceite

En 2021 se publicó la cartilla “Aspectos básicos para el conocimiento de sistemas de drenajes y su mantenimiento en el cultivo de palma de aceite”, basada en la primera versión de la Norma Sectorial de Competencia Laboral titulada Conservar sistemas de drenaje de acuerdo con criterios técnicos del cultivo. Esta hace un compendio de literatura y de experiencias en el mantenimiento de drenajes en campo de varias plantaciones, que brinda al personal técnico y operativo elementos para el desarrollo de sus competencias laborales y a su vez, incide positivamente en el cultivo al mejorar la condición de drenaje.

Tecnologías e indicadores para el manejo eficiente del drenaje en plantaciones de palma de aceite

Tanto el déficit como el exceso de humedad pueden generar estrés hídrico en los cultivos, lo que se traduce en

disminución de la productividad. Por eso, el monitoreo del nivel freático es importante para identificar las necesidades de drenaje de los cultivos, el diseño del sistema de drenaje, el direccionamiento de los drenes terciarios y la verificación y mantenimiento de los canales. En Colombia, dos zonas palmeras (Oriental y Central) presentan una época húmeda de al menos seis meses al año, conllevando a tener niveles freáticos superficiales y excesos de humedad en el cultivo.

Tradicionalmente, el monitoreo lo realiza de manera manual un operario que lee los pozos de observación, con una frecuencia de 8-15 días en el mejor de los casos, por lo que en algunas condiciones no es posible identificar claramente los problemas de drenaje.

Desde Cenipalma se viene trabajando en el desarrollo y validación de un dispositivo para medir el nivel freático (NF) de manera automática. Su principio de funcionamiento es el ultrasonido, lo que facilita la frecuencia del monitoreo.

Para evaluar su precisión de medición comparado con el método manual, el dispositivo fue implementado en los campos experimentales Palmar de las Corocoras y Palmar de la Vizcaína, encontrando una sobreestimación muy baja de la profundidad del nivel freático y un bajo error de medición, lo que permite pensar en validar y divulgar el uso de esta tecnología (Figura 19).

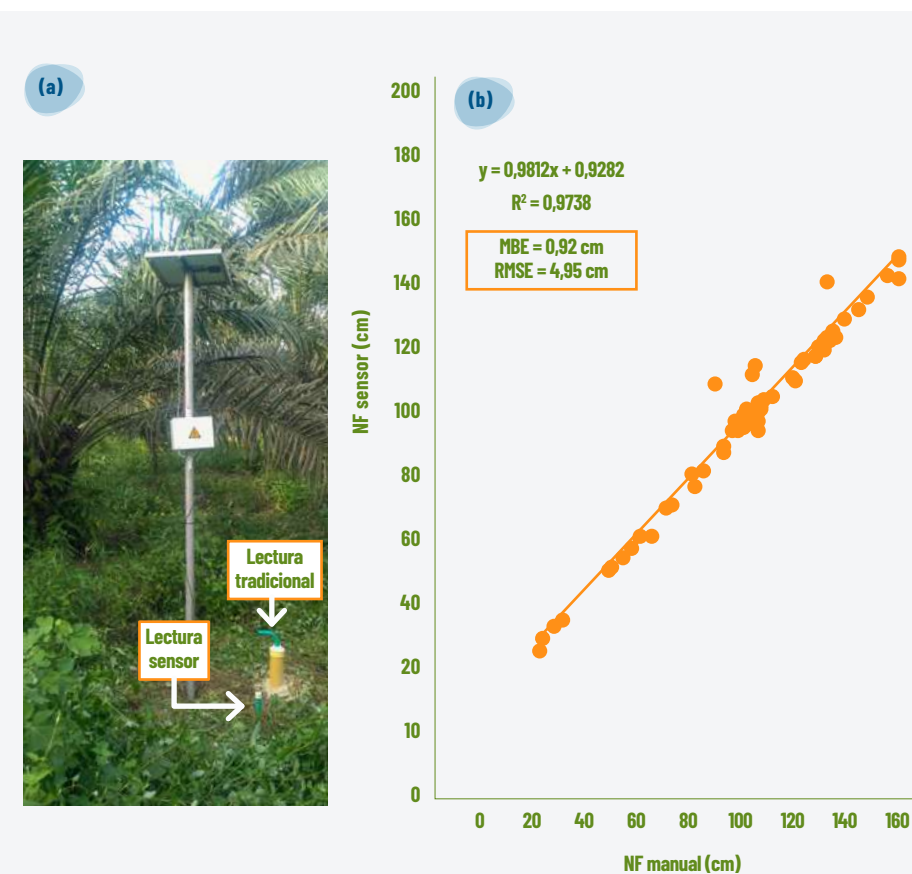


Figura 19. Medición de nivel freático (NF). (a) Sensor ultrasónico vs. método tradicional instalados en campo. (b) Ajuste entre los métodos de medición del NF.

Evaluación de sistemas de riego usados en el cultivo de palma de aceite

Se seleccionaron los métodos por superficie y aspersión como los más utilizados en las plantaciones de la Zona Norte, con el ánimo de determinar la eficiencia del sistema de riego a través el tiempo, conocer el manejo actual del recurso hídrico de la región e incentivar una cultura más comprometida con el uso eficiente del agua.

Se analizaron tres métodos de riego por superficie bajo diferentes condiciones de suelo. En todos los casos, la eficiencia total del sistema fue determinada por la efectividad en conducción, distribución, aplicación y almacenamiento, mediante el registro de variables en campo.

La eficiencia varía entre 20 % y 45 %, es decir, por cada 100 litros de agua que son derivados desde la captación, solo entre 20 y 45 litros son aprovechados por el cultivo (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados promedio de las evaluaciones de eficiencia de sistemas de riego realizadas en las plantaciones.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Tipo	Melgas rectangulares	Surcos anchos	Surcos anchos
Suelo	Arenoso Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso Arenoso
Eficiencia de conducción %	61,4 %	73,0 %	52,0 %
Eficiencia de distribución %			
Eficiencia de aplicación (%)	71 %	27,2 %	66,0 %
Pérdidas por percolación profunda (%)	4 %	57,4 %	16,7 %
Pérdidas por escorrentía (%)	25 %	15,4 %	17,3 %
Eficiencia de almacenamiento (%)	67,5 %	100 %	67,4 %
Volumen aplicado (m ³ /ha)	763	2.963	1.452
Volumen requerido (m ³ /ha)	900	750	1.150
Eficiencia total del sistema de riego (%)	43,8 %	19,9 %	34,3 %

De acuerdo con los resultados obtenidos se observa que:

- ◆ Las eficiencias de conducción y distribución en los canales no superan en ninguno de los casos el 75 %.
- ◆ Los sistemas de melgas rectangulares y surcos anchos (caso 1 y 3), muestran una eficiencia de aplicación alta (70 %) con las mayores pérdidas por esco-

rréntia, un almacenamiento deficiente (68 %) y una eficiencia total del sistema de riego inferior a 45 %.

- ◆ Para el caso 2, surcos anchos, se presentó una eficiencia de aplicación muy baja (27 %) con más del 50 % de agua perdida por percolación profunda, y una aplicación de agua de hasta cuatro veces más de lo requerido.

2. Tecnologías para la conservación del agua

Comportamiento de la humedad del suelo bajo diferentes especies de leguminosas asociadas al cultivo en la Zona Norte, y su impacto en el desarrollo de la palma y componentes de producción

En este proyecto se están evaluando tres coberturas vegetales, las leguminosas *Pueraria phaseoloides* (Kudzú) y *Desmodium heterocarpon*, y una nativa de hoja ancha con diferentes manejos como poda y pase de rodillo.

Los resultados indican que los tratamientos de cobertura vegetal permiten conservar mayor humedad que el de cobertura mínima. Dentro de los primeros 30 cm de profundidad, la humedad volumétrica del suelo se mantiene entre 10 y 12 % por encima del tratamiento sin cobertura. Esto confirma que en el suelo cubierto se reduce la evaporación y por ende se conserva más humedad, siendo beneficioso para el desempeño del cultivo, principalmente en época seca.

En relación con las variables de producción y medidas vegetativas, aún

no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en el tercer año productivo se logró evidenciar una producción de 16,3 t RFF/ha en el tratamiento de cobertura mínima, menor en comparación con los tratamientos de las coberturas vegetales que en promedio registraron 19,5 t RFF/ha (Figura 20). Esto representa aproximadamente una reducción del 16,5 %.

3. Cultivares tolerantes al déficit hídrico

Progenies caracterizadas según su respuesta fisiológica y bioquímica a condiciones de estrés hídrico

Las zonas con palma de aceite en Colombia muestran temporadas secas que pueden durar de tres a ocho meses, dependiendo de las condiciones climáticas específicas de cada región, en las que se pueden

presentar altas irradiancias, bajas humedades relativas y temperaturas elevadas. Esto ha llevado a buscar fuentes de tolerancia al déficit hídrico en las colecciones de trabajo de Cenipalma, evaluando la respuesta de cultivares frente a este tipo de estrés que ha generado disminuciones en la producción de palma de aceite.

Se ha determinado que uno de los mejores indicadores para eventos estresantes en palma de aceite, es el relacionado con el intercambio de gases ya que el déficit hídrico afecta las tasas de fotosíntesis y de transpiración. Es así como cuantificar dichas variaciones, resulta un excelente descriptivo para discriminar materiales que toleran o no el déficit hídrico.

Durante el 2021 se evaluaron 19 códigos provenientes de la colección de trabajo de Camerún, junto con dos testigos propios de Cenipalma y tres de origen comercial, Deli x La Mé, específicamente los códigos IRHO:

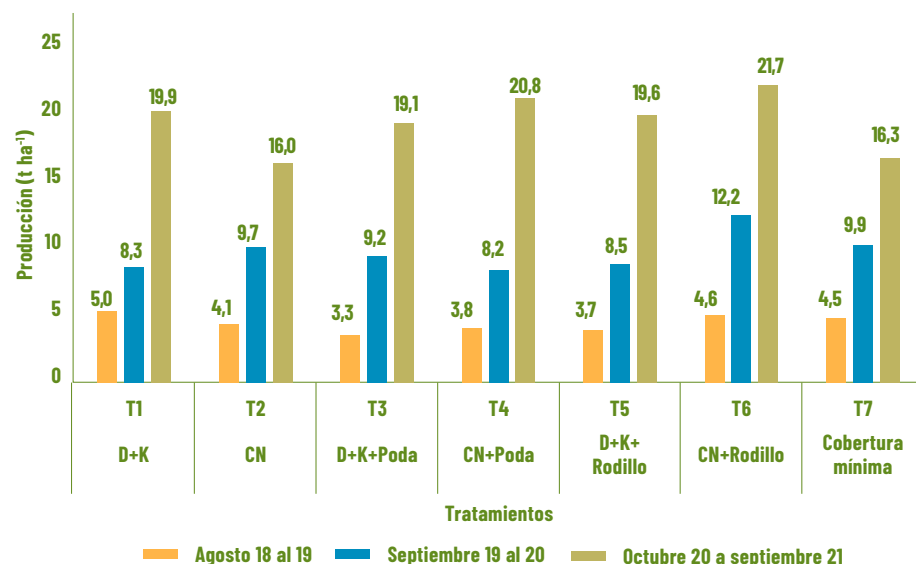


Figura 20. Producción por tratamiento (t RFF/ha) – Cultivar Coari x La Mé (7001), donde T1= D + K es cobertura *Desmodium* y *Kudzu*, T2= CN es cobertura nativa, T3= D + K + Poda es cobertura *Desmodium* + *Kudzu* y poda a 30 cm, T4= CN + Poda es cobertura nativa y poda a 60 cm, T5= D + K + Rodillo es cobertura *Desmodium* + *Kudzu* y pase de rodillo, T6= CN + Rodillo es cobertura nativa y pase de rodillo.

1001, 2501 y 7001 que se han utilizado como controles externos.

La respuesta obtenida por los materiales comerciales usados como testigos fue la esperada: el material 7001 mitigó las condiciones de sequía más eficazmente. De los conjuntos de progenies evaluados, sobresalen dos por su buena respuesta ante un episodio de déficit hídrico (Figura 21).

Extensión llevó a cabo dos actividades en la línea de recurso hídrico, que consistieron en un día de campo y un taller.

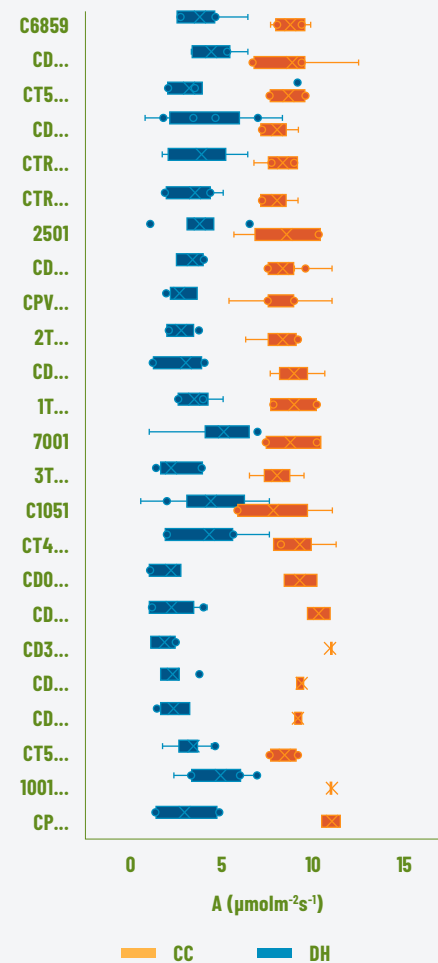


Figura 21. Tasa fotosintética en progenies de palma de aceite sometidos a dos potenciales hídricos del suelo durante el 2021.



2.6. Línea de investigación y extensión: nutrición de la palma de aceite

En esta línea de investigación, se reporta la consolidación de tecnologías y procesos que le apuntan al objetivo principal de manejar sosteniblemente la nutrición de la palma de aceite a lo largo del ciclo de vida del cultivo, con avances en los diferentes productos principales.

1. Tecnologías para el establecimiento y desarrollo de cultivos sostenibles

Manejo de la nutrición de siembras jóvenes en áreas de renovación

Desde el 2017 en una plantación del municipio de Puerto Wilches, Zona Central, se viene evaluando el efecto de cinco tratamientos con diferentes dosis relativas de fertilización mineral (0, 25, 50, 75 y 100 % de los requerimientos del cultivo para las fases improductivas e inicio de producción). Su objetivo es cuantificar el impacto de los aportes de los residuos de renovación, en la nutrición del nuevo cultivo.

Teniendo en cuenta los resultados foliares, vegetativos y de producción, y las condiciones del suelo de la zona de estudio, se definieron las dosis adecuadas de nutrientes a aplicar en los primeros cuatro años de cultivo de híbridos OxG (Tabla 3).

Los resultados muestran que, con respecto a la fertilización comercial, se pueden reducir las dosis de nitrógeno a un 75 % del requerimiento en los híbridos, en los años dos y tres de cultivo. En el caso del potasio, se pueden manejar dosis del 75 % en los primeros tres años. Las de boro óptimas corresponden al 75 % en los primeros dos años. En cuanto al fósforo y magnesio, se recomienda la aplicación de las dosis equivalentes al 100 %, por ser los elementos más limitantes en las condiciones experimentales.

A partir de las dosis seleccionadas, se estimó que la palma híbrida absorbe en su parte aérea por hectárea: entre 60 a 200 kg de nitrógeno (N), entre 17 y 73 kg de fósforo (P), de 35 a 142 kg de potasio (K), de 8 a 31 kg de magnesio (Mg) y entre 44 a 246 g de boro (B), durante los primeros cuatro años de

Tabla 3. Dosis recomendadas de nutrientes en la fertilización de palmas híbridas OxG en la Zona Central.

Año	Dosis recomendada	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B
		kg*palma ⁻¹				g*palma
1	Cenipalma	0,4	0,5	0,4	0,2	8
	Comercial	0,4	0,5	0,6	0,2	10
2	Cenipalma	0,5	0,6	1,3	0,3	8
	Comercial	0,7	0,6	1,7	0,3	10
3	Cenipalma	0,8	0,7	1,6	0,3	21
	Comercial	1,0	0,7	2,1	0,3	21
4	Cenipalma	0,6	0,2	1,1	0,3	16
Total	Comercial	2,1	1,8	4,4	0,8	41,0
	Cenipalma (tres años)	1,7	1,8	3,3	0,8	36,0

cultivo. Lo anterior permite destacar la importancia del nitrógeno en la nutrición en las primeras etapas del cultivo, y su relevancia al inicio de la fase productiva, tal como se ha demostrado en trabajos anteriores realizados por Cenipalma.

2. Tecnologías para el aprovechamiento de la física y biología del suelo

Indicadores de física de suelos y su impacto en la nutrición del cultivo

En la Zona Central, se han adelantado investigaciones con el objetivo de determinar los indicadores de fertilidad física de suelos, y su impacto en la nutrición y productividad del cultivo de *E. guineensis* e híbrido interespecífico OXG.

Respecto a los efectos de la reducción de la porosidad total del suelo (PT), se observó que el mejor desarrollo del cultivo se presenta en condiciones de la PT mayor al 55 %.

Por otra parte, se identificó que los valores de resistencia a la penetración superiores a 1,5 MPa, son altamente restrictivos para el desarrollo de las raíces en los dos cultivares evaluados. Como efecto adicional, el movimiento del agua en el suelo disminuye, dificultando la salida de los excesos de esta en la zona de raíces. Desde el punto de vista nutricional, la compactación del suelo reduce la absorción de los principales nutrientes aplicados en la

fertilización y su eficiencia en más de un 40 %, cuando el espacio poroso del suelo es menor al 50 % (Tabla 4).

Impacto del manejo de *Asystasia* spp. como arvense de cobertura en la nutrición de palma de aceite

Este experimento se adelanta con el objetivo de ofrecer alternativas de manejo de arvenses de tipo gramíneas, que pueden ser hospederas de insectos plaga y/o presentar competencia con la palma por los nutrientes del suelo. Se evalúan diferentes intensidades de control al año (radios de control respecto al estípite (plato) de 1 m con tres controles, 3 m con tres controles (testigo plantación), 3 m con dos controles más un control de 4,5 m y 4,5 m con control total tres veces) de la especie *Asystasia* spp., planta considerada como arvense en la Zona Oriental, y que se reconoce

Tabla 4. Efecto de la compactación del suelo en la absorción de nutrientes en dos cultivares de palma de aceite.

Cultivar	Porosidad total (%)	Resistencia a la penetración		Conductividad hidráulica saturada		Materia seca	N	P	K	Mg	B
		Mpa	Interpretación	cm³·h⁻¹	Interpretación	Reducción por nivel de compactación (%)					
<i>Elaeis guineensis</i>	> 55	<0,6	Muy baja	> 18	Muy rápida	0	0	0	0	0	0
	50-55	0,6-1	Baja	5-12	Mod. rápida	17	15	27	27	17	10
	45-50	1-2	Moderada	1-5	Moderada	44	41	56	49	43	33
	40-45	2-3	Muy alta	< 0,01	Muy lenta	57	54	67	60	55	47
	35-40	>3	Muy alta	< 0,01	Muy lenta	73	68	85	79	73	66
Híbrido Coari x La Mé	> 55	<0,6	Muy baja	> 18	Muy rápida	0	0	0	0	0	0
	50-55	0,6-1	Baja	5-12	Mod. rápida	0	0	0	0	0	0
	45-50	1-2	Moderada	1-5	Moderada	41	36	48	47	38	36
	40-45	2-3	Muy alta	< 0,01	Muy lenta	58	55	70	64	60	55
	35-40	> 3	Muy alta	< 0,01	Muy lenta	59	52	73	60	57	51

por presentar un cubrimiento rápido y denso del suelo compitiendo con las demás arvenses.

Las variables edáficas como pH, materia orgánica, fósforo (P) y potasio (K), y los contenidos foliares de nitrógeno, fósforo y potasio, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Esto indica que *Asystasia* spp., no agota las reservas ni presenta competencia con la palma de aceite adulta por los nutrientes del suelo. En conjunto con el Área de Entomología se evaluarán los efectos en las poblaciones de artrópodos plaga y benéficos.

Efecto del laboreo en suelos compactos, sobre el desarrollo y producción de la palma de aceite

El principal objetivo del experimento en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras (CEPC) de la Zona Oriental, que inició en el 2017, es evaluar el efecto de diferentes sistemas de labranza sobre suelos compactos, condición previa al establecimiento del cultivo de palma.

Con respecto a variables de suelo, a partir de los 3 cm de profundidad, la media de la resistencia a la penetración tiende a ser mayor en el tratamiento en donde las labranzas fueron realizadas con la rastra, y a los 15 cm supera los 2 MPa. Las velocidades medias de infiltración obtenidas fueron moderadamente rápidas en los tratamientos con el uso de rastra y cincel rígido, mientras que con el implemento conocido como Cenitandem se presentó la mayor velocidad.

El 2021 se considera el primer año de producción, y el tratamiento con

mayor rendimiento fue el labrado con subsolador proyectado sobre la línea de siembra (previo a esta), con 7,61 t RFF/ha debido principalmente al peso medio del racimo, más que al número de racimos. Entre tanto, las menores producciones se registraron en el tratamiento testigo usando la rastra de discos, y en el tratamiento labrado con cincel, con 6,67 y 6,20 t RFF/ha respectivamente.

3. Tecnologías para el manejo eficiente de la nutrición del cultivo

Sitio óptimo de colocación de fertilizantes en un cultivar híbrido interespecífico (OxG)

La investigación para determinar el sitio de colocación del fertilizante en palma adulta, que permita incrementar la productividad en cultivares híbridos OxG, se desarrolla en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras. Se evaluaron cuatro tratamientos de aplicación de fertilizantes: manual en calles de tráfico a borde de plato (testigo) y al voleo en las de no tráfico, sobre racimos vacíos (tusas) dispuestos al borde del plato de las palmas e incorporado en ocho huecos alrededor del estipe a borde del plato. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas como respuesta al factor asociado a la aplicación de los tratamientos, tanto en parámetros vegetativos como en variables de producción. Sin embargo, es posible afirmar que, desde el punto de vista técnico y económico y en las condiciones evaluadas, las labores realizadas a borde de plato por las calles de tráfico o la aplicación al voleo en las calles de no tráfico son las más convenientes dado que implican mayores rendimientos y menores costos.

Relación entre respuestas espectrales y contenido de N y K en palma de aceite (híbrido OxG). FASE III

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la relación entre las respuestas espectrales y el contenido de nitrógeno y potasio en el cultivo de palma de aceite (híbrido OxG, Coari x La Mé). Se encontró que, a menor contenido de nitrógeno foliar, la reflectancia en el rango visible fue mayor. Por otra parte, las mediciones de la reflectancia con el espectroradiómetro para el primer muestreo tuvieron la mayor cantidad de índices con correlaciones significativas para el nitrógeno foliar, destacando el índice de vegetación Datt como el de mejor desempeño en estas pruebas.

Por otro lado, se hallaron correlaciones altamente significativas entre los índices espectrales CCCI y Red-Blue NDVI, calculados a partir de las fotografías aéreas, y el contenido de nitrógeno foliar con los índices, que fueron superiores a los obtenidos a partir de las mediciones de la reflectancia con el espectroradiómetro para los tres muestreos. Lo anterior indica que las fotografías aéreas haciendo uso de la banda del Red Edge y del NIR, tienen un gran potencial para estimación de contenido nutricional de la palma de aceite.

Metodología para formulación de planes de fertilización con tasa variada, bajo enfoque de manejo por sitio específico. FASE III

Se generó y probó la metodología fundamentada en un proceso de integración y transformación de datos requeridos para los planes de fertilización, operativizado mediante una extensión (*plugin*) que permite el *software* QGIS, de tal manera que se reduce la complejidad para los usuarios.

Es el primer acercamiento al proceso que seguirá para construir planes de fertilización, bajo el enfoque de manejo por sitio específico en palma de aceite. Esta metodología orienta al palmicultor para que a partir de datos que en condiciones comerciales es posible coleccionar, procese y estructure salidas con las que el experto en nutrición logre formular planes de fertilización, teniendo en cuenta la variabilidad espacial de los factores producción y masa seca foliar.

Evaluación de fuentes de potasio, su eficiencia e impacto en la nutrición, sanidad y productividad de la palma de aceite en suelos de la Zona Norte

Este experimento se desarrolla en la Zona Norte, subzona de Agustín Codazzi (Cesar), en un cultivo de palma *E. guineensis* siembra 2008, cultivar Dami Las Flores. Dada la problemática actual de la acumulación de cloro en los racimos como contaminante, y que la principal fuente de potasio utilizada es el cloruro de potasio, se están evaluando otras alternativas de aporte de este nutriente al suelo y a la

planta. Las seleccionadas para componer los tratamientos fueron: Azutek como una fuente compuesta, sulfato de potasio, cloruro de potasio como testigo comercial, y un testigo sin aportes de K, con cuatro repeticiones cada uno (Figura 22).

Se logró observar cómo para el mesocarpio, el nitrógeno es el de mayor concentración entre los elementos evaluados, seguido del potasio. Sin embargo, se aprecia una mayor acumulación de los contenidos de cloro en el tratamiento con aplicaciones de cloruro de potasio. Cabe resaltar que el tratamiento Azutek, presenta el mayor rendimiento acumulado al tercer año de evaluación, con 85,07 t RFF/ha. Se convierte así en una fuente alterna-

tiva de aporte de potasio al suelo, que ayuda a la disminución o no incremento de la saturación de calcio (Ca), debido al efecto acidificante de las fuentes sulfatadas, problemática generalizada para los suelos de la Zona Norte colombiana.

Efecto de diferentes fuentes y dosis de fertilizantes magnésicos en la producción de aceite en palma híbrida OxG

En una plantación de la Zona Suroccidental, se adelanta un experimento cuyo objetivo es evaluar el impacto de fuentes y dosis de magnesio en la síntesis de aceite en cultivar OxG (Coari x La Mé), siembra 2010. Los tratamientos consisten en dos fuentes de magnesio en dosis del 100, 200 y 300 % con respecto a la de referencia, además de un testigo de omisión, utilizando kieserita (25 % de MgO) y óxido de magnesio (88 % MgO).

Los racimos fueron muestreados dos meses después de la aplicación del tratamiento. El mesocarpio obtenido fue analizado en el equipo de resonancia magnética nuclear (RMN), para obtener los porcentajes de aceite.

En el primero de los muestreos (noviembre de 2019), el porcentaje de aceite a racimo no supera el 65 % para todos los tratamientos. Sin embargo, para los siguientes años estos valores exceden el 75 %, debido al cambio de polinización asistida con polen a polinización artificial con ANA.

En los muestreos del 2021, se observó una disminución del aceite a mesocarpio para el tratamiento de omisión (sin aplicación de Mg), con valores inferiores al 75 % de aceite,

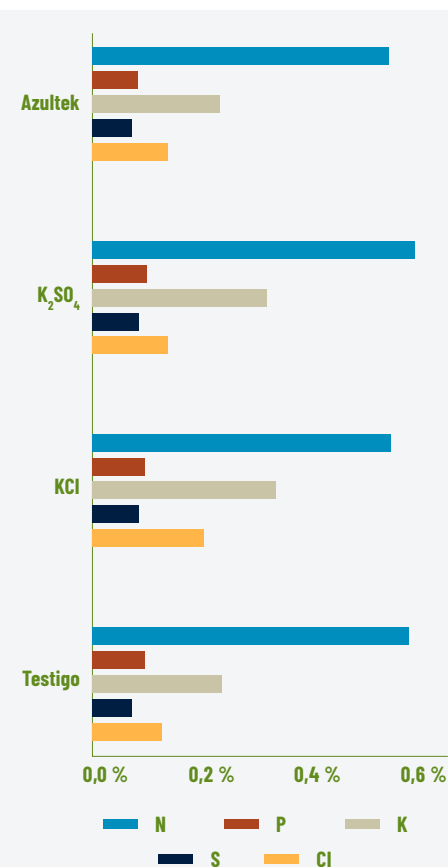


Figura 22. Contenido de nutrientes en el mesocarpio.

mientras los tratamientos en dosis triplicadas de productos como el óxido de magnesio y la kieserita superaron el 85 %.

Uso de fuentes de lenta liberación de nitrógeno para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de la fertilización en el cultivo de la palma de aceite

Esta investigación se realizó en una plantación de la Zona Oriental palmera de Colombia. Su objetivo era seleccionar fuentes fertilizantes de mayor eficiencia agronómica, que permitan reducir el impacto ambiental de la fertilización en el cultivo de la palma de aceite. Se evaluaron ocho tratamientos y se compararon fuentes de lenta liberación con respecto a las tradicionales (Figura 23).

Los resultados indican que el peso medio del racimo (PMR) osciló entre 19,0 kg (en el tratamiento con 100 % de la dosis con la fuente de liberación controlada, aplicada una vez al año) y 14,7 kg (testigo), implicando una diferencia significativa entre estos del 29 % (4,3 kg). La mayor pro-

ductividad de RFF fue 25,7 t/ha (en el tratamiento con el 75 % de la dosis con la fuente del productor, suministrada dos veces al año) y la menor 17,7 t/ha (testigo), con una diferencia del 45 % (8,0 t/ha). Lo mismo se observó entre los tratamientos de 100 y 75 % de la dosis de Simplot, fraccionado dos veces al año, y el del 75 % de la dosis de la fuente del productor con la misma frecuencia de aplicación, comparados con el testigo. Los demás tratamientos se comportaron como intermediarios.

Manejo de la nutrición en condiciones de Altillanura, e impacto en variables vegetativas y rendimiento en cultivos *E. guineensis*

El trabajo de investigación desarrollado en una plantación bajo condiciones de la Altillanura colombiana, siembra 2011 cultivar CIRAD, tiene como objetivo determinar el potencial productivo de la palma de aceite *E. guineensis* como respuesta a la fertilización bajo un adecuado manejo agronómico del cultivo, sin aplicación de riego. Se evaluaron cinco dosis de los nutrientes N, P, K y Mg,

correspondientes al 0, 50, 100, 150 y 200 % de la cantidad que se aplica a cultivos *Elaeis guineensis* (DxP), para alcanzar un rendimiento anual determinado de RFF.

Con relación a las variables de producción, se destacan en el número medio de racimos, correlaciones altas y significativas con el nitrógeno (positiva) y el magnesio (negativa). Con respecto a los rendimientos en términos de RFF por hectárea año, se resalta la respuesta positiva al nitrógeno aplicado. Este indica hasta el momento que el N, bajo las condiciones de la Altillanura, es el nutriente que más se relaciona con el incremento de los rendimientos.

4. Cultivares eficientes en el uso de nutrientes

Extracción e inmovilización de nutrientes en palma híbrida OxG

La investigación se desarrolló en la Zona Suroccidental en cultivar híbri-

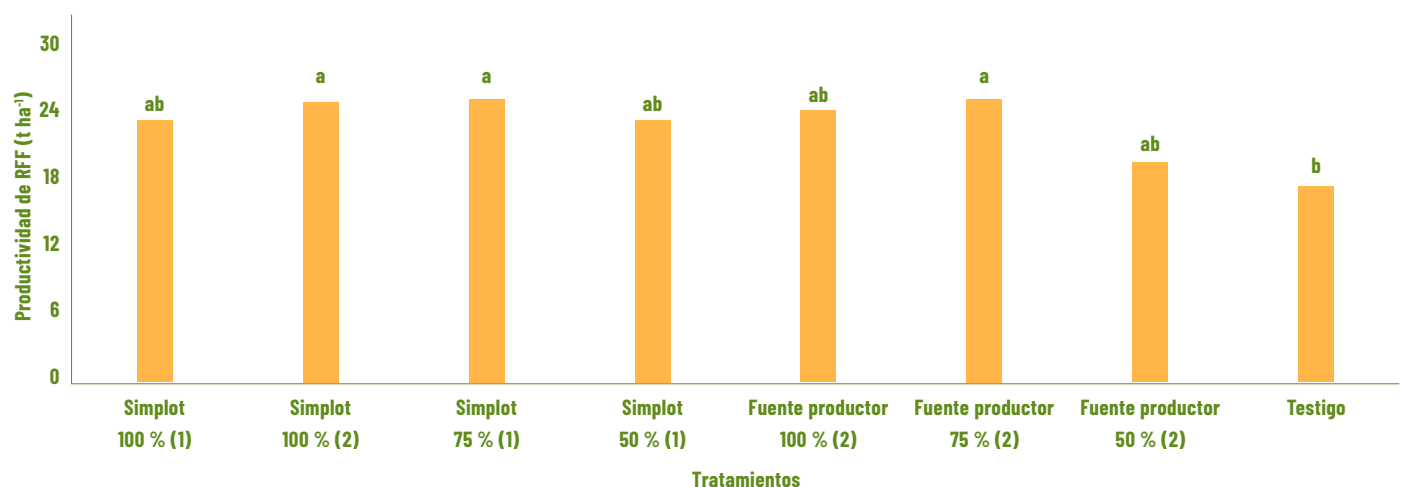


Figura 23. Productividad de racimos de fruta fresca en respuesta a la aplicación de dosis, fuentes y fraccionamiento de fertilizantes, durante 2021.

do (Coari x La Mé), con una muestra de cada una de las estructuras que conforman la planta (raíz, estípite, peciolo, raquis, foliolos y racimos) en 20 palmas (Figura 24).

Los resultados indicaron que la raíz contiene principalmente N (0,39 %) y K (0,51 %), y el estípite conserva la misma tendencia absorbiendo estos nutrientes en mayor volumen: 1,5 % para N y 0,96 % para K. Cabe resaltar también el Cl (0,37 %) como un elemento que se presenta en mayor cantidad que el Ca (0,27 %), Mg (0,09 %) y S (0,28 %). Los

micronutrientes en el estípite muestran al Fe como el elemento de mayor absorción alcanzando los 309 mg/kg, mientras el Mn, con 18,06 mg/kg, resulta ser el de menor absorción como se observa en otras estructuras, sugiriendo que el consumo de hierro es parte funcional del estípite.

En racimo se observó a las raquillas, raquis y mesocarpio como las estructuras de mayor absorción de K (1,65, 4,42 y 0,38 %, respectivamente), seguido por el N (0,71, 0,68 y 0,55 %). Se resalta que nuevamente aparece el Cl (0,27 %)

con un contenido en raquis superior al del Ca (0,19 %) y Mg (0,10 %). Para el caso de los micronutrientes, el Fe es el elemento que más absorbe tanto el mesocarpio (35,5 %), las raquillas (169,47 %) como el raquis (62,39 %). A su vez, estas últimas son las estructuras más ávidas de micronutrientes de Mn (30,68 mg*kg) y Zn (36,05 mg*kg).

Los anteriores resultados permiten realizar ajustes a los programas de manejo nutricional en cultivares híbrido OxG, aplicando las cantidades requeridas en función del cultivar.

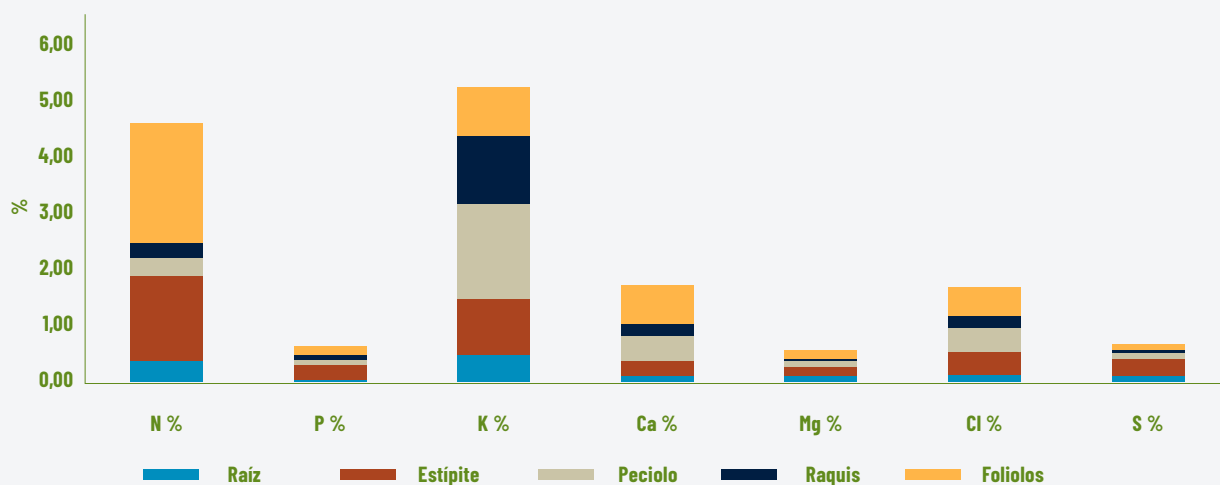


Figura 24. Absorción de nutrientes en las diferentes estructuras de la palma.

Híbrido OxG



2.7. Línea de investigación y extensión: Híbrido interespecífico (OxG) de palma de aceite

El objetivo principal de esta línea es “Establecer y mantener cultivos del híbrido OxG competitivos y sostenibles”. Para 2021 se reportan avances en los productos principales de la misma.

1. Tecnologías para inducir la formación de frutos

Determinación de ácido 1-naftalenacético (ANA) en matrices oleosas, líquidas y sólidas

En estudios previos se ha demostrado la efectividad de la aplicación de ácido 1-naftalenacético (ANA), como estrategia de polinización asistida para la inducción de la formación de frutos partenocárpicos en diferentes cultivares de híbridos interespecíficos O×G (*Elaeis oleífera* × *Elaeis guineensis*), en diversos estados fenológicos.

Al considerar las prácticas implementadas para el uso del fitorregulador en campo, es factible que cierta cantidad de ANA llegue a los suelos, en donde puede interactuar con los racimos de fruta fresca (RFF) durante su corte, y con los frutos sueltos durante su recuperación. Así, cierta cantidad de este compuesto puede llegar a la planta de beneficio, con potencial riesgo de estar presente en concentraciones traza en el aceite de palma crudo (APC).

Durante la vigencia 2021, se recolectaron y procesaron 75 muestras de APC, 45 de suelos y cinco de agua en los lotes, en diferentes plantas de beneficio y plantaciones de la Zona Suroccidental. Estas fueron analizadas por medio de cromatografía de gases, acoplada a espectrometría de masas, con el monitoreo selectivo de iones tras la ionización por impacto positivo de electrones (70 eV).

No se encontraron trazas de ANA en las muestras de suelos y aguas analizadas mediante esa técnica, y sí en algunas de las de APC caracterizadas.

Sin embargo, el análisis cuantitativo arrojó concentraciones promedio de 0,087 mg/kg en el APC separado del licor de prensa sin diluir, y de 0,0025 mg/kg en el APC terminado, valores no tóxicos y muy por debajo de los permitidos para este regulador en los diferentes cultivos.

Comparación del periodo de antesis femenina en inflorescencias sincrónicas y asincrónicas, y su impacto sobre la conformación del racimo

El cultivo híbrido O×G, ha tenido una rápida adopción en zonas palmeras colombianas afectadas por la Pudrición del cogollo. Sin embargo, al ser considerado un cultivo relativamente nuevo, aún se desconocen varios aspectos del mismo, como la bio-

logía floral que permite generar las bases que ayuden a la solución de inconvenientes en la productividad del cultivo. La asincronía floral femenina, tiene un impacto en los tiempos de antesis de las inflorescencias femeninas la cantidad y frecuencia de aparición de estructuras o el mallogro de racimos.

Para este estudio, se seleccionaron tres de los cultivares más comunes en Colombia: Coari x La Mé, Manaos x Compacta y Brasil x Djongo. En la comparación de la duración de los estadios fenológicos de las inflorescencias, se encontró que Brasil x Djongo y Coari x La Mé presentan los mismos 13 días en el periodo comprendido entre el estadio 601 y 607. En Manaos x Compacta, la duración fue mucho mayor pues requiere alrededor de 22 días (Figura 25).

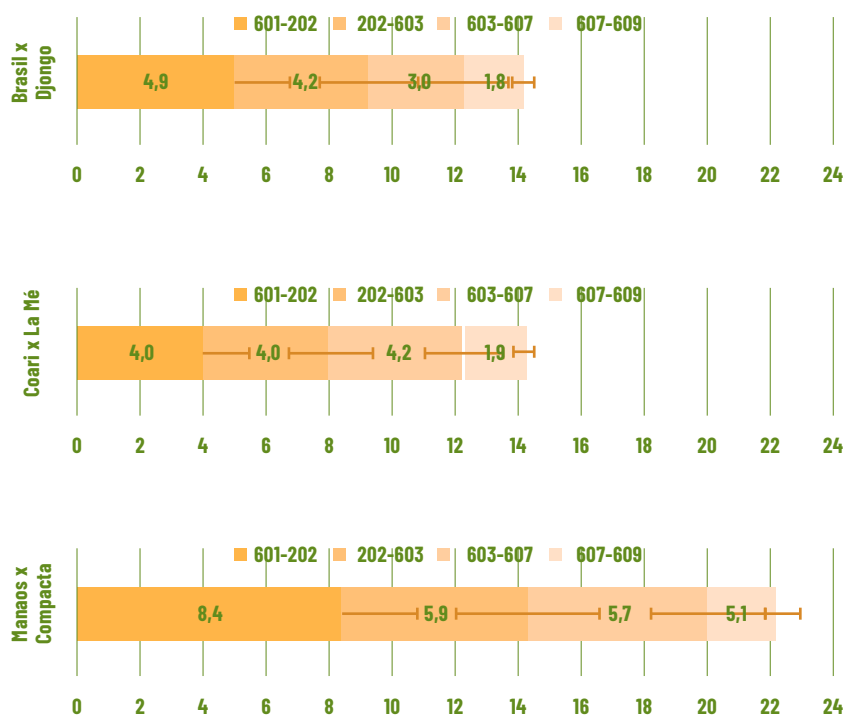


Figura 25. Número de días transcurridos entre cada estadio de desarrollo de las inflorescencias, en los híbridos evaluados.

En este sentido, la ubicación foliar de cada estadio de las inflorescencias puede cambiar: entre Brasil x Djongo y Coari x La Mé no se muestran diferencias, encontrando los estadios 601 y 609 en las hojas 20 y 21, mientras en el Manaos x Compacta las inflorescencias se hallan en hojas más maduras, de 22 a 24.

Finalmente, se determinó la ocurrencia de la asincronía de inflorescencias femeninas. El promedio general, durante todo el ciclo de observaciones, mostró que el 15,0 % $\pm$ 7,3 de inflorescencias en el cultivar Brasil x Djongo son asincrónicas, para Coari x La Mé el porcentaje fue de 14,7 % $\pm$ 7,1 y para Manaos x Compacta del 17,3 % $\pm$ 5,9.

Evaluación de aplicaciones en diferentes concentraciones de ANA con el equipo polinizador motorizado, con apertura total y parcial de brácteas pedunculares

En la línea del híbrido OxG se desarrolló un experimento para evaluar un equipo polinizador de tipo motorizado, con siete tratamientos: seis con ANA en polvo en tres concentraciones y dos métodos de destape (apertura total y parcial de las brácteas pedunculares), comparándolas con la aplicación de polen.

Los resultados mostraron que usando el equipo, tanto para la aplicación de ANA como la de polen, es posible alcanzar unos cubrimientos muy altos, con valores de *fruit set* entre 88 % y 93 % en todos los tratamientos (Figura 26).

De la misma forma, los contenidos de aceite variaron entre 30 % y 32 %, lo que indica que la tecnología permite una aplicación eficiente y homogénea, que mantiene la concentración constante del producto, inclusive en escenarios



Figura 26. Llenado del racimo (*fruit set*) en diferentes tratamientos con ANA y dos tipos de destape de brácteas pedunculares (en comparación con aplicaciones de polen usando un equipo motorizado).

donde se realiza apertura parcial de las brácteas pedunculares, y una reducción de hasta el 50 % en la concentración del regulador del crecimiento ANA.

2. Tecnologías para el establecimiento y desarrollo de cultivos sostenibles

Comportamiento del rendimiento de cultivares híbridos OxG establecidos en diferentes densidades de siembra, bajo condiciones de la Zona Oriental

Durante la vigencia 2021, se completó el sexto año de evaluaciones (ocho años después de la siembra), del experimento sobre el comportamiento de siete cultivares híbridos OxG establecidos en tres densidades: 143, 125 y 116 palmas por hectárea, en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras.

Con los resultados obtenidos se pudo establecer que existen características fuertemente asociadas al tipo de cultivar, como el alto peso medio del racimo en el Manaos x Compacta (ASD-Amazon), o un alto número de racimos por palma en los cultivares Coari x La Mé, rasgos que se han mantenido estables a lo largo del periodo analizado, independientemente de la densidad y de las posibles interacciones entre densidad y cultivar que se hayan podido presentar.

Los resultados de productividad en distintas densidades muestran un incremento en la producción de RFF

en la de 116 palmas con respecto a la de 143 palmas por hectárea, llegando a producciones entre 26 y 34 t/ha/año, asociado a una reducción en el peso de los racimos en la densidad más alta. Por otra parte, la de 125 palmas por hectárea viene mostrando una producción más estable para la mayoría de los cultivares evaluados con 27 t/ha/año para los cultivares Manaos x Compacta y Brasil x Djongo y entre 30 y 35 t/ha/año en los Coari x La Mé.

Con el Área de Extensión se realizaron 35 actividades en la línea de híbrido OxG, con 12 capacitaciones, siete días de campo, 11 mesas de trabajo, cuatro talleres y una reunión de núcleo.

3. Tecnologías para el procesamiento de racimos y extracción de aceites de palma y palmiste

Cuantificación de las pérdidas causadas por el raspador del fruto *Demotispa neivai* en el cultivar híbrido OxG Coari x La Mé

Con el fin de cuantificar las pérdidas causadas por el raspador del fruto en el híbrido OxG, se realizó un estudio con el cultivar Coari x La Mé, que contempló variables como el peso medio de frutos y aceite a mesocarpio seco. El daño asociado a *Demotispa neivai* se evaluó usando la escala propuesta por Cenipalma. En el experimento se cosecharon los racimos de acuerdo con la categoría de daño, se procesaron y se llevaron a una columna tipo Soxhlet para la extracción de aceite.

Los resultados mostraron que las pérdidas entre los frutos sanos y aquellos que se ubicaron en el grado 5 de daño, fue de 1,13 gramos. En cuanto al aceite extraído en laboratorio, se estimó que la disminución en contenido puede ser de hasta 18 puntos porcentuales con base en el mesocarpio seco, comparando frutos no afectados con totalmente afectados. Esto reafirma el impacto negativo del insecto en la cantidad de aceite producido en los híbridos OxG.

4. Aceites de palma y palmiste y productos derivados para mercados especializados

Evaluación de procesos de concentración de fitonutrientes del aceite de palma crudo (*E. oleifera* x *E. guineensis*) para uso alimentario

A partir del aceite crudo del híbrido OxG, se está llevando a cabo un estudio para la concentración de fitonutrientes, con posibilidad de ser usados en la industria de alimentos. Para este fin, se fabricó y puso a punto el prototipo del sistema de filtración tipo Dead End, un equipo versátil que permite adelantar procesos de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración del aceite de palma.

En el marco de una estancia doctoral en convenio con la UNAL en el laboratorio de procesamiento del Campo Experimental Palmar de las Corocoras, apoyada financieramente por MinCencias, se instaló el prototipo y se validaron los ensayos prelimina-

res de filtración, principalmente con membranas de ultrafiltración (Figura 27).

En tres plantas extractoras se realizaron los muestreos de APC (cultivar Coari x La Mé), con la finalidad de caracterizar el contenido de isómeros de carotenoides, tocoferoles y tocotrienoles, y desarrollar los análisis de calidad del aceite relacionados con su estabilidad (índice de peróxidos, AGL, humedad y DOBI). Esto como punto de partida para, una vez esté listo el prototipo, realizar la recuperación de fitonutrientes.

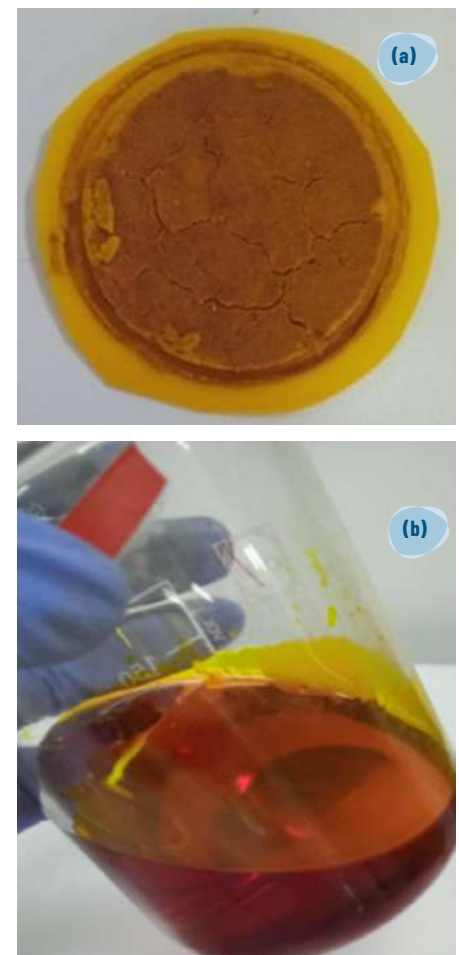


Figura 27. Ensayos de filtración. (a) Torta formada sobre la membrana de ultrafiltración. (b) Permeado obtenido con la membrana de ultrafiltración.

Procesamiento y Valor Agregado



2.8. Línea de investigación y extensión: procesamiento y valor agregado en la agroindustria de la palma de aceite

El objetivo principal de esta línea es “Obtener productos y subproductos competitivos de la agroindustria de la palma de aceite”. Para 2021 se reportan avances en los productos principales.

1. Tecnologías para el procesamiento de racimos y extracción de aceites de palma y palmiste

Metodologías, procedimientos operativos estándar (POE) y tecnologías para la determinación del potencial industrial de aceite (PIA) y calidad de fruto integrando variables desde plantación

Se logró implementar en una planta la tecnología PIA en línea (Zona Central), y en cuatro, la metodología masa que pasa por el digestor (MPD) (zonas Su- roccidental y Oriental), para la medición del potencial de aceite. Estas son una

herramienta para incrementar la productividad, debido a una mayor integración entre las plantas de beneficio y las plantaciones a través de información confiable.

Con el sistema PIA en línea, se optimizó la dinámica para clasificación de 168 proveedores de fruto, con el objetivo de estabilizar sus resultados e incrementar el PIA-integrado hasta el nivel posible, de acuerdo con los ajustes en cosecha. Esto, bajo tres escenarios de mejora: a largo plazo por condiciones agronómicas, y por ende bajo bajo nivel de PIA-integrado y estado estable en el tiempo; a corto plazo por condiciones de cosecha, lo que indica estado inestable de PIA; y finalmente el estado estable ideal de PIA por encima del umbral de rendimiento económico, según el valor final de PIA-integrado gracias al mejoramiento en cosecha.

Se realizaron estudios de contraste entre proveedores, antes y después de mejoras a nivel de plantación en actividades de cosecha (Figura 28).

Podemos ver en la figura cómo el proveedor A, pasó de extracción 20,5 a 21,5 % en PIA, gracias a la disminución de fruto inmaduro; el proveedor B aumentó en 1,3 % la extracción, dada disminución de fruto malformado desde campo; y el proveedor C incrementó la extracción en 1,6 %, debido al mejoramiento en cosecha respecto a frutos inmaduros y mal formados.

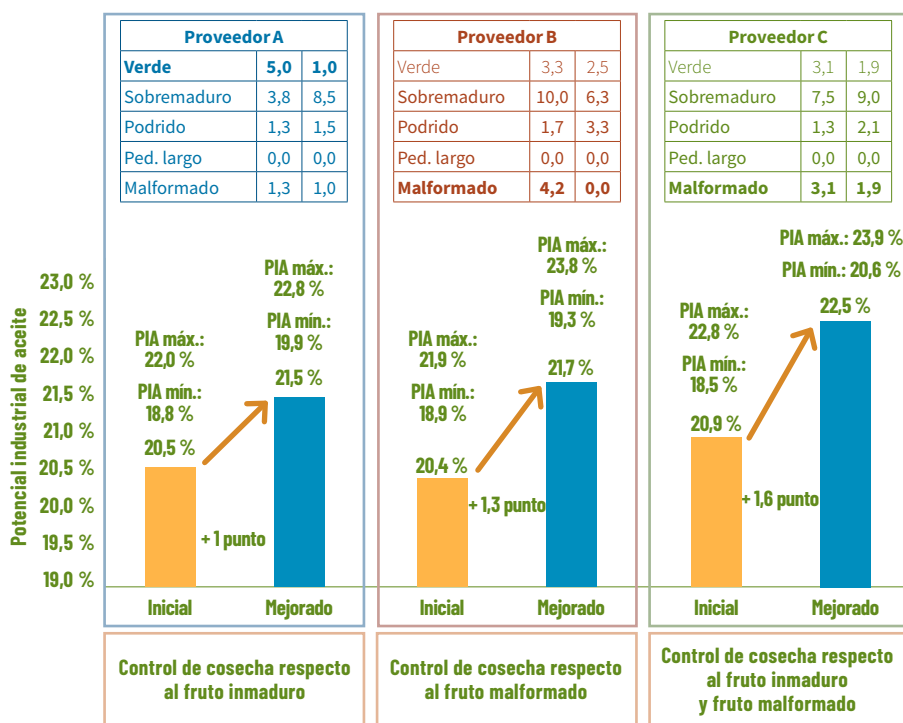


Figura 28. Mejoramiento continuo en la cosecha a partir del seguimiento de PIA en línea y calificación convencional de fruto en tolva.

La tecnología PIA en línea tuvo importantes mejoras, siendo la más representativa el monitoreo en tiempo real de los ácidos grasos libres (AGL) y del índice de deterioro del blanqueo del aceite (DOBI), asociados con la calidad del aceite y medidos en la etapa de licor de prensa a través del equipo NIR Online, junto con el PIA por cada proveedor (Figura 29).

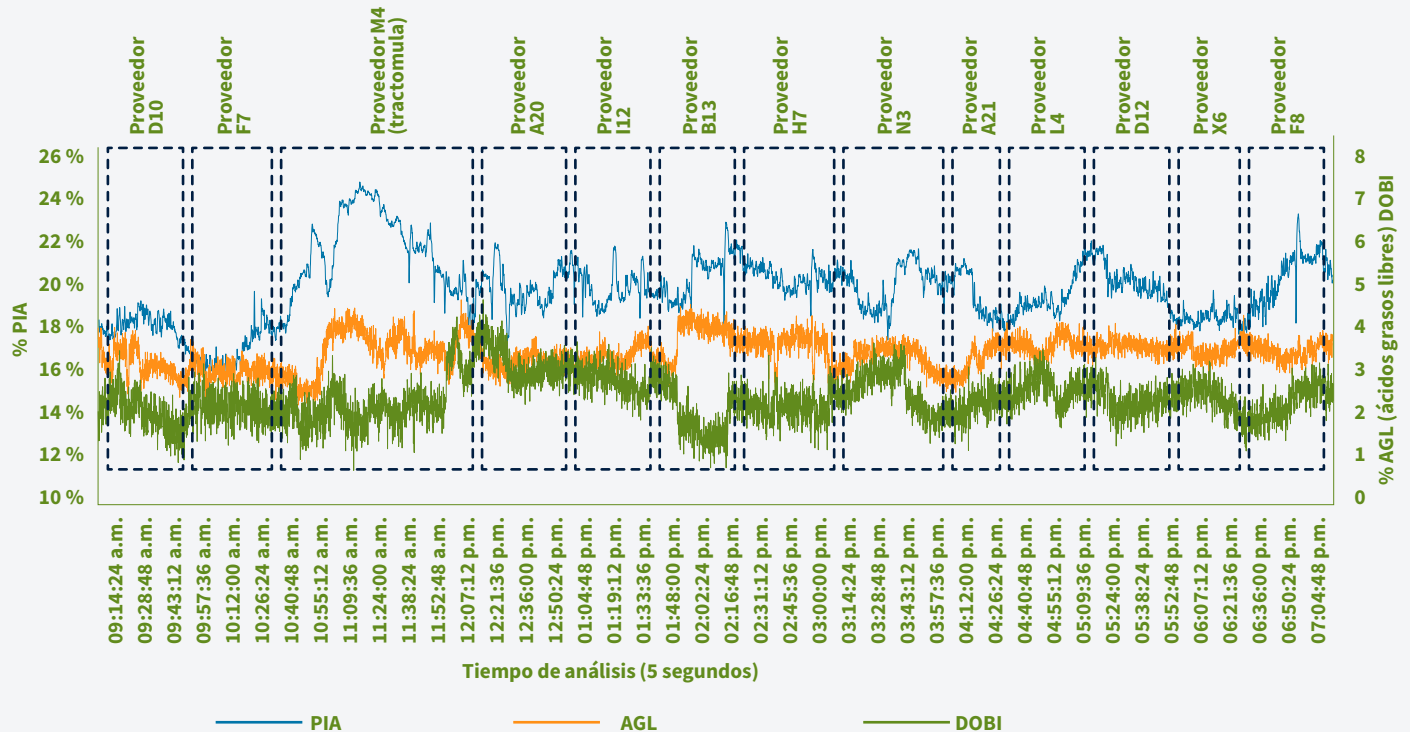


Figura 29. Medición simultánea y en tiempo real, de parámetros de cantidad y calidad del aceite por proveedor.

Como hito importante para la palmiticultura colombiana, la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC, otorgó la primera patente de invención a Cenipalma y Agroince por la tecnología PIA en línea, con vigencia de 20 años para su explotación comercial.

En el caso de la MPD, se pudo determinar a través de la caracterización de los componentes de la metodología (frutos normales, partenocárpico aceitosos, partenocárpico no aceitosos e impurezas), la clase de racimos híbridos OxG que se envían a las plantas de beneficio según el tipo de polinización utilizada: ANA- ANA - ANA (A-A-A) o Polen- ANA - ANA (P-A-A).

Por otro lado, la MPD ha sido útil para la clasificación de proveedores, ya que permite no solo determinar sus potenciales de aceites, sino también la cantidad de aceite que cada componente aporta al potencial, como se observa en la Figura 30.

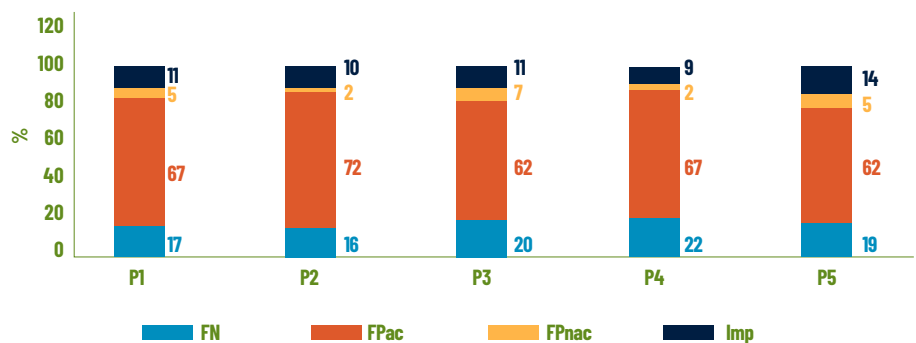


Figura 30. Participación de los componentes del MPD en el potencial de aceite de los racimos OxG.

Tecnologías y procedimientos operativos estándar para el mejoramiento continuo del proceso en cultivares *E. guineensis* e híbridos

Se evaluaron tres tecnologías en planta de beneficio referentes al uso de enzimas, inteligencia artificial para calificación de RFF y tecnologías NIR en laboratorio. Con el empleo de las enzimas, se hizo una proyección de ahorro de más de mil millones de pesos en una planta de beneficio que procesó 220.000 t RFF al año. Esto, gracias a la disminución de las pérdidas en efluentes y el sacar de funcionamiento centrífugas deslodadoras. Se requiere complementar el resultado en otra planta piloto.

La aplicación de enzimas se realizó sobre los frutos esterilizados de *E. guineensis* (DxP). En el proceso se demostró que se puede separar el APC del medio lodoso, sin necesidad de agregar agua como agente de dilución, aumentando la eficiencia de separación en un 11,34 % con respecto al proceso convencional (Figura 31). Esto es posible, debido a que se presenta una reducción en la viscosidad del licor de prensa, que permite un aumento en la velocidad de separación del aceite.

Con respecto al uso de la inteligencia artificial para la evaluación de la calidad de fruto *E. guineensis*, se dieron los primeros avances al comprobar que es una tecnología que podrá usarse en un mediano plazo, para aumentar la confiabilidad de la medición de la calidad de fruto sin el error humano.

Finalmente, a través del uso de la tecnología NIR para la determinación de parámetros de calidad de aceite y

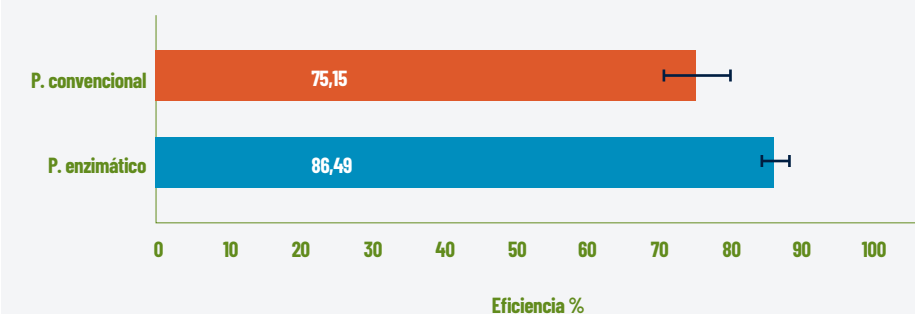


Figura 31. Eficiencia de separación del APC en el clarificador, durante el procesamiento de RFF de *E. guineensis* empleando procesos enzimáticos.

seguimiento del proceso en el laboratorio, con un tiempo menor que las metodologías convencionales, se consolidaron 26 modelos de predicción, en general para cultivares *Elaeis guineensis*, *Oleifera* y para híbridos OxG. Esto permitirá una mayor capacidad de respuesta para el control del proceso, y una mayor cantidad de análisis en menor tiempo.

Estrategias, tecnologías, vigilancia tecnológica y POE para el procesamiento de cultivares híbridos con ANA o polen en planta de beneficio

Se evaluaron dos tecnologías para el procesamiento de RFF híbrido con ANA: con esferas para digestión y prensado como reemplazo de nueces, y con las modificaciones de ingeniería en una planta de beneficio. En el primer caso, se demostró que el uso de las esferas brinda un buen comportamiento en el prensado de fruto ANA sin nueces. Sin embargo, se requieren otros ensayos para terminar un análisis más global. En el segundo trabajo, se vislumbró que la extracción de licor del digestor y del pantalón de la prensa, podría ser una alternativa para recuperar la capacidad de prensado y mejorar el proceso, sin necesidad de adicionar algún

material en reemplazo de las nueces. En cuanto a tecnologías y sistemas de información para gerenciar plantas de beneficio con procesamiento de cultivares *E. guineensis* e híbridos, se lograron desarrollar tres alternativas de solución: una herramienta de simulación de indicadores de producción y mantenimiento, una de caracterización energética y una digital para la simulación de procesos de un sistema de caldera en planta de beneficio.

2. Tecnologías para el aseguramiento de la calidad de aceites de palma

Tecnología(s) y/o prácticas para la mitigación de contaminantes, y seguimiento a parámetros de calidad del aceite de palma posterior a la extracción

En la comparación del procesamiento convencional, con una estrategia de mitigación de separación de los flujos de prensa de tusa y condensados de esterilización, se demostró que la división de las corrientes del prensado de tusa y de los condensa-

dos, permite una disminución del cloro, uno de los precursores no deseados en la formación de compuestos como el 3-MCPD y glicidol.

Se realizaron estudios de las mejores condiciones para el almacenamiento del aceite de palma crudo, extraído de RFF del cultivar híbrido Coari x La Mé (APC CxL), y el efecto de la polinización con ácido 1-naftalenacético (ANA) sobre algunos parámetros de calidad caracterizados en este mismo (AGL e índice de peróxidos). Los resultados muestran que el almacenamiento durante 15 días a diferentes temperaturas (40, 50 y 60 °C), puede ocasionar distintas reacciones como incremento en el contenido porcentual de AGL y en el índice de peróxidos, que representa la oxidación primaria a la que se ha visto expuesto un aceite o una grasa. No obstante, es importante recalcar que se deben realizar más monitoreos de este tipo en APC OxG CxL, bajo el mismo tratamiento de polinización, con aceites que representen valores de AGL e índice de peróxidos más próximos, para lograr resultados comparables en todos los aspectos.

3. Aceites de palma y palmiste y productos derivados para mercados especializados

En convenio con la Universidad Nacional, se trabajó en el desarrollo de un proceso para la producción de aceites epoxidados y polioles de aceite de palma alto oleico, aplicable en la formulación de espumas tipo poliuretano (Figura 32). Los resultados fueron positivos, y se realizaron ensayos a escala de banco para la fabricación de espumas. Un análisis económico preliminar presenta márgenes de utilidad de USD 138 y 2.045, tomando como base aceite refinado para los productos de aceite epoxidado o polioli respectivamente.



Figura 32. Espuma obtenida a partir de polioli de aceite de palma.

4. Tecnologías y productos para valoración de subproductos del procesamiento enmarcados en economía circular

Para consolidar un módulo de cogeneración validado para plantas de beneficio, se llevaron a cabo 28 estudios de caso del potencial de generación de energía eléctrica, en ocho plantas de beneficio de la Zona Norte, 10 de la Zona Central y 10 de la Zona Oriental. Se definió la metodología para determinar el potencial, utilizando tecnologías de cogeneración y producción de biogás.

Tecnologías para el tratamiento de efluentes en plantas de beneficio

Se estudiaron nuevas alternativas, trabajando en la determinación de diferentes especies de macrófitas, en el diseño y mantenimiento de los humedales, y en un estudio económico de la implementación de la metodología de tratamiento terciario de los efluentes, tendiente a la disminución de los niveles de cloruros. Esto para dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente. Además, se desarrolló una metodología analítica para la determinación del potencial de biometano por desplazamiento de solución alcalina.

Extensión desarrolló en 2021 cuatro capacitaciones en la línea de procesamiento y valor agregado.

5. Estrategias de posicionamiento de los aceites de palma en la salud y nutrición humana

Finalizó el proyecto de sustitutos de queso, adelantado en cooperación con la Universidad Javeriana, y cuyo resultado está cursando un proceso de protección de la tecnología.

En el marco de la campaña de promoción y difusión de los beneficios nutricionales y funcionales del aceite de palma, se realizaron las siguientes actividades:



◆ Activación del programa “Palmero compra palma”.



◆ Capacitación al personal operativo y administrativo de las plantas de beneficio y los núcleos palmeros. Igualmente, en las regionales de la Agencia Logística de las Fuerzas Militares y a los participantes del programa Master Chef Celebrity.



◆ Participación en el 35° Congreso de Metabolismo y Nutrición Clínica “Hacia una terapia nutricional integral” de la Asociación Colombiana de Nutrición Clínica, y en el Simposio de Bioprospección “Análisis de alimentos en la era postgenómica: técnicas avanzadas de análisis y alimentómica”, organizado por la Universidad de la Sabana.

◆ Intervención en el grupo de trabajo de nutrición de la Alianza Europea de Aceite de Palma (EPOA, por su sigla en inglés), sobre el documento de recomendaciones de consumo de grasa para adultos y niños, que está siendo evaluado por la Organización Mundial de la Salud.



◆ Desarrollo de 4 webinars, en cooperación con el Área de Mercadeo de Fedepalma, la participación de la Asociación Colombiana de Nutrición Clínica y una asistencia aproximada de 1.000 personas.



En total, las actividades de capacitación, promoción y divulgación beneficiaron a 5.420 personas.

Además de la entrega de material de difusión basado en evidencia científica, se publicó de manera trimestral el boletín informativo digital Salud & Nutrición, con temas de interés y enfoque en grasas y aceites.

Para aportar al cumplimiento de los estándares y/o reglamentación nacional e internacional relacionada con el aceite de palma, se hizo seguimiento a la norma de etiquetado nutricional y frontal de advertencia en Colombia, aplicación de la Resolución 810 en productos empacados y envasados, y se trabajó en la actualización de normas técnicas nacionales sobre grasas y aceites vegetales, en el marco del Comité 49 del ICONTEC.

Optimización



2.9. Línea de investigación y extensión: optimización de procesos de la agroindustria de la palma de aceite

Las cifras de producción a nivel mundial indican que en el Sudeste Asiático se produce el 88 % del total de aceite de palma crudo (APC), en tanto que Colombia participa con poco menos del 2 %. De otra parte, según estudio de LMC, el costo unitario de producción para 2020/2021 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. Ello indica que el valor de producir en Colombia es 56 % superior al de Indonesia, y 58 % al de Malasia. 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, aún más grave si se considera que alrededor de la mitad del APC que se produce en Colombia tiene como destino el mercado externo.

Al analizar los resultados del estudio de costos de Cenipalma y Fedepalma, se evidencia que la palmicultura en Colombia es muy heterogénea. Contrario a lo que podría indicar el sentido común, la heterogeneidad no radica solo en el tamaño de las plantaciones de palma, sino que el factor discriminador es la adopción de tecnología. De esta manera, existen productores de pequeña, mediana y gran escala que son tan competitivos como los de los países líderes.

En este contexto surge el concepto de eficiencia económica, definido como

el uso de aquellas combinaciones de factores de la producción (tierra, mano de obra, bienes de capital e insumos) de manera que permitan obtener el resultado esperado, generando el menor costo posible.

Cabe resaltar que, en el caso de la agroindustria de la palma de aceite colombiana, el resultado esperado pasa por la implementación de tecnologías sostenibles, y la optimización de cada uno de los procesos requeridos para la obtención de fruto y de aceite de palma.

En la vigencia 2021 se abordaron algunos procesos de la agroindustria desde la optimización, una línea enfocada en incrementar la eficiencia económica de procesos productivos de la palma de aceite, con destacados avances.

1. Tecnologías para el establecimiento y desarrollo de cultivos sostenibles

Doblamiento foliar en diferentes cultivares

El objetivo de este trabajo era evaluar el comportamiento del doblamiento foliar, también conocido como “enruanamiento”, en diferentes cultivares comerciales de palma de aceite y su relación con parámetros fisiológi-

cos, como la fotosíntesis, la transpiración y la conductancia estomática (Figura 33).



Figura 33. Palmas según grado de doblamiento foliar.

Los resultados indican cruzamientos genéticos altamente contrastantes. En efecto, los parentales masculinos La Mé se mostraron más tolerantes al enruanamiento, en tanto que los que tienen Avros fueron más susceptibles al mismo. De otra parte, se estableció que el doblamiento foliar reduce los valores de los parámetros fisiológicos en los diferentes niveles de la palma, hasta en 50 % con respecto a palmas sanas, lo que impacta la producción de fotoasimilados y en consecuencia, la producción de racimos. Estos hallazgos, permiten estimar el impacto del doblamiento foliar en plantaciones de palma de aceite, aspecto que despierta interés en los palmicultores afectados.

Edad óptima de trasplante de híbridos interespecíficos OxG

Este trabajo arroja luz acerca del momento óptimo de llevar las plantas de vivero a establecerse en sitio definitivo. Se desarrolló por un periodo de cinco años, y consideró el efecto a los 5, 7, 9, 11, 13 y 15 meses (seis tratamientos), para el cultivar híbrido OxG Brasil x Djongo. Los resultados indican que a los trece meses se alcanzó la mayor productividad de los cultivos, y en consecuencia el máximo beneficio económico, en comparación con los otros tratamientos.

Polinización artificial con ANA en cultivares *Elaeis guineensis* Jacq.

Durante la vigencia 2021, se adelantaron diferentes trabajos de investigación y validación con el objetivo de evaluar la polinización artificial con ANA en cultivares *E. guineensis*, que corresponden al producto inter-

medio “Cultivares de *E. guineensis* y/o híbrido OxG adaptados a las zonas agroecológicas”.

En una primera investigación se analizaron seis tratamientos con aplicaciones líquidas y en polvo de ANA, en diferentes estadios fenológicos (607, 609 y 703), comparándolos con la polinización natural realizada por insectos. Los tratamientos con ANA presentaron pesos medios del racimo similares a los encontrados en la polinización natural (entre 8,8 y 9,3 kg), y *fruit set* con valores entre 88,1 y 91,1 %. Adicionalmente, el aceite a racimo varió entre 28,3 % y 30,9 % para los tratamientos con ANA, y 29,2 % para la polinización natural. Esto indica que a pesar de obtener en algunos tratamientos de ANA mayores contenidos de aceite, los incrementos no han sido tan significativos como en el híbrido OxG, posiblemente a los altos *fruit set* presentados en las condiciones del estudio (cultivar Deli x La Mé en el CEPC, Zona Oriental). Adicionalmente, las aplicaciones de ANA mostraron cambios en las relaciones del fruto, aumentando la del mesocarpio en el fruto, pero con reducciones en los contenidos de almendra, causados por nueces de menor tamaño en comparación con la polinización natural.

Por otra parte, en un estudio sobre los términos operativos de la aplicación de ANA en mezcla sólida sobre inflorescencias de palmas *E. guineensis*, en una plantación de la Zona Central (lote de 10 hectáreas, siembra 2012), se logró demostrar que el rendimiento de un trabajador fue de 4,6 ha por jornada de trabajo con promedio de 295 inflorescencias por día. El peso medio de los racimos (PMR) polinizados de forma natural fue de $16,4 \pm 3,4$, mientras que aquellos que recibieron

ANA lograron un peso medio de $18,2 \pm 4,4$ kg. Adicionalmente, se observó un aumento en el llenado de racimo (*fruit set*) de 4,4 %. En los racimos polinizados naturalmente, el *fruit set* fue en promedio del 82 %, mientras que en los tratados con ANA fue del 86,4 %.

La aplicación del ANA en mezcla sólida en esta plantación permite evidenciar que en los cultivares *E. guineensis* se impacta la formación de frutos partenocárpicos y aumenta el porcentaje de mesocarpio en los frutos normales, lo que a su vez induce a incrementos en la producción de aceite. En efecto, los racimos formados naturalmente (sin ANA) obtuvieron un potencial de aceite en laboratorio de $31,3 \pm 9,1$ %, una diferencia de 3,7 % con respecto a los tratados con ANA, que alcanzaron un promedio $35,0 \pm 9,3$ de aceite extraído.

En conclusión, la tecnología de ANA en *E. guineensis* es una herramienta promisorio para aumentar los contenidos de aceite en el racimo, debido a que tiene la capacidad de formar frutos partenocárpicos aceitosos. Sin embargo, los mayores impactos se podrán observar en cultivos donde el llenado de los racimos es deficiente.

2. Tecnologías para el incremento de la productividad laboral del cultivo

Comparación de métodos de polinización artificial en cultivares OxG

El objetivo de este trabajo consistió en dar a conocer los rendimientos de la labor de polinización artificial, desarrollando estudios de tiempos y

movimientos, en tres zonas palmeras de Colombia (en los Campos Experimentales de Cenipalma y una plantación). Asimismo, se evaluó la conformación de racimos, peso medio de racimo (PMR) y potencial de aceite de los racimos polinizados, y se estimaron los costos de insumos y mano de obra en los distintos trabajos (Tabla 5).

Tabla 5. Indicadores de rendimiento y productividad de diferentes métodos de polinización artificial en las zonas palmeras de Colombia.

Variable	Zona Suroccidental		Zona Norte			Zona Central
	Estación Experimental La Providencia		Campo Experimental Palmar de la Sierra			Plantación
	ANA líquido	ANA sólido	ANA líquido			Polen + 2 ANA
Cultivar	Coari x Súper Teneras		CxL (1111)	CxL Fortuna (0614)	OxD (8254)	CxL
Año de siembra	2013		2016			2008
Densidad de inflorescencias (Inf/ha)	107	109	65			64
Rendimientos (ha/jornal)	3,2	3	5,03			5,6
Frecuencia de ingreso	7 días		7 días			7 días
Costos (\$/Inf)	241	257	N.A.			247-228
PMR (kg)	16,7	19,5	14,5	11,8	14,9	20,6
Fruit set (%)	85	85,9	91,40	90,53	82,16	88
Potencial aceite (%)	28,6	28,3	30	27	32	32

Los resultados confirman que en cultivares OxG, la polinización artificial con ANA, en diferentes presentaciones y métodos, mejora el llenado del racimo (*fruit set*) e incrementa el contenido de aceite con respecto a la polinización asistida. Para beneficiarse del uso del ANA, es necesario garantizar su aplicación homogénea sobre la inflorescencia, y que la cosecha

se realice en estadios de madurez 807 – 809, es decir que se cosechen racimos maduros.

3. Sistema de información para seguimiento y toma de decisiones en cultivo y planta de beneficio

Administración de la labor de polinización

El trabajo se desarrolló para identificar los elementos necesarios para administrar la tarea de polinización. Para ello se documentó la labor en lotes sembrados con Coari x La Mé (siembras 2010 y 2011), en una plantación en la Zona Central. El primer elemento es el rendimiento de los operarios; luego es necesario estimarlo considerando la densidad de inflorescencias o número de inflorescencias a tratar por hectárea. El segundo elemento es la estacionalidad de la floración. Esta es característica de algunas regiones palmeras de Colombia, y hace que oscile la densidad de inflorescencias a lo largo del año (Figura 34). Finalmente, se considera el pago a los trabajadores que realizan la labor, en este caso el valor de un jornal (\$ 68.441).

Para los lotes estudiados en épocas de alta floración, la tarea mínima para un operario de polinización debe ser 278 inflorescencias por jornal, con un pago por cada una de \$ 246. Por el contrario, durante los meses de baja cantidad, el pago debe hacerse por área recorrida. Con estos elementos y los mapas de la plantación, es posible asignar operarios de polinización (distribuir el personal al interior de los lotes).

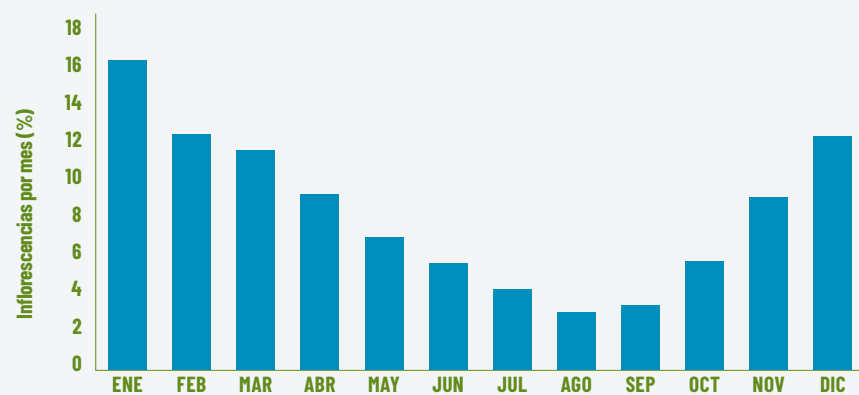


Figura 34. Estacionalidad de la floración.

Indicadores de productividad laboral en cultivos de palma de aceite

Corresponde al módulo de indicadores de desempeño y supervisión de labores de cultivo del Sistema de Información. El objetivo del proyecto era monitorear indicadores de productividad de la mano de obra, para lo que se realizó un estudio en 22 plantaciones del país que cultivan *E. guineensis* y nueve que cultivan híbrido OxG. En el estudio, se estimó la demanda por mano de obra de siete procesos: cosecha, polinización, control de malezas y fitosanitario, fertilización, supervisión y podas.

La Tabla 6 presenta indicadores de requerimiento de operarios y rendimientos laborales, para las dos tareas que concentran la mayor cantidad de mano de obra en cultivos de palma de aceite.

Tabla 6. Indicadores de productividad de mano de obra por labor.

Cultivar	Indicador	Cosecha	Polinización
<i>E. guineensis</i>	Jornales/ha al año	14	N.A.
	Rendimiento	1,8 t RFF/jornal	N.A.
Híbrido OxG	Jornales/ha al año	16	14,7
	Rendimiento	2,1 t RFF/jornal	5,1 ha/jornal

N.A.: no aplica

Entretanto, la Tabla 7 refiere indicadores de productividad laboral por cultivar, estimados a partir de la sumatoria de jornales requeridos para los procesos de producción. Además del indicador de área cubierta por trabajador, se proponen otros asociados a la productividad: toneladas de fruta y toneladas de aceite producidas por trabajador.

Tabla 7. Indicadores de productividad laboral en cultivos de palma de aceite.

Indicador	<i>E. guineensis</i>	Híbrido OxG
Hectáreas atendidas por empleo	11,3	7,1
Toneladas de RFF por empleo	303,9	218,7
Toneladas de APC por empleo	64,6	51,9

RFF: racimos de fruta fresca; APC: aceite de palma crudo

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

Con el objetivo de monitorear indicadores, que permitan identificar el grado de competitividad de los productores que adoptan buenas prácticas de manejo de cultivos, anualmente las áreas de Evaluación Económica de Cenipalma y Economía de Fedepalma realizan un estudio de *benchmarking*. Para esta vigencia se contó con la participación de 27 plantaciones, que corresponden al 8 % del área cultivada en el país, y 18 plantas de beneficio que procesaron el 31 % de fruta en el país. Las plantaciones participantes en el estudio alcanzaron rendimientos promedio de 23,6 t RFF/ha y 5 t APC/ha en cultivares *E. guineensis*, y 27,4 t RFF/ha y 6,4 t APC/ha en cultivares híbridos OxG (Tabla 8).

Tabla 8. Costos unitarios de producción por zona palmera (\$ / t RFF).

Cultivar	Zona	Costo total	Costo sin tierra	Costo palma adulta
<i>E. guineensis</i>	Central	\$ 295.068	\$ 260.967	\$ 260.933
	Norte	\$ 293.064	\$ 256.628	\$ 248.072
	Oriental	\$ 315.824	\$ 280.982	\$ 268.453
	Nacional	\$ 296.521	\$ 263.081	\$ 253.386
Híbrido OxG	Central	\$ 309.060	\$ 234.460	\$ 289.162
	Urabá	\$ 237.692	\$ 218.780	\$ 208.252
	Oriental	\$ 299.465	\$ 271.182	\$ 290.625
	Suroccidental	\$ 296.350	\$ 267.963	\$ 274.311
	Nacional	\$ 294.455	\$ 265.483	\$ 257.715

El costo de producción de una tonelada de aceite para las empresas del estudio se estimó en \$ 1.5 millones para cultivares *E. guineensis* y \$ 1.49 millones en cultivares híbridos OxG.

Benchmarking a los costos variables de procesamiento de fruto

Durante el 2021, el equipo de Validación de Cenipalma, en conjunto con miembros de los comités asesores en investigación de las cuatro zonas palmeras,

adelantaron la referenciación competitiva de costos variables de procesamiento en planta de beneficio. En total participaron en el estudio 20 plantas a nivel nacional, que produjeron el 38 % del total de la fruta procesada en Colombia.

El rubro de mayor participación fue la mano de obra con 42,5 % del costo total, seguido del mantenimiento con 35,5 % y de servicios industriales con 18,6 %. Los costos de gestión ambiental, que incluyen manejo de residuos, trámites ante las Corporaciones Autónomas Regionales y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, se ubicaron en cuarto lugar con 2,5 %. Por último, “otros costos” con 0,9 %, abarca los valores de insumos y servicios del laboratorio de control de calidad y pérdidas de la planta, elementos de limpieza y todos los costos adicionales de bioseguridad (pandemia COVID-19).

Debido al incremento de áreas sembradas con cultivares híbridos, se evidenció que hay plantas de beneficio que solo procesan fruto OxG, otras únicamente *E. guineensis*, y otras que reciben ambos cultivares (procesan segregado o en mezcla, dependiendo de las cantidades en tolva) (Figura 35).

El menor costo promedio se presenta en las plantas de beneficio que procesan *E. guineensis* con \$ 43.757/t RFF, seguido de las mezclas con un costo de \$ 51.774/t RFF. Las de mayor costo son las que procesan fruta de cultivares híbridos OxG con \$ 64.553/t RFF. Este fenómeno se puede asociar a que dichas plantas pierden hasta 35 % de la capacidad nominal de prensado, consecuencia de la falta de nueces en los frutos.

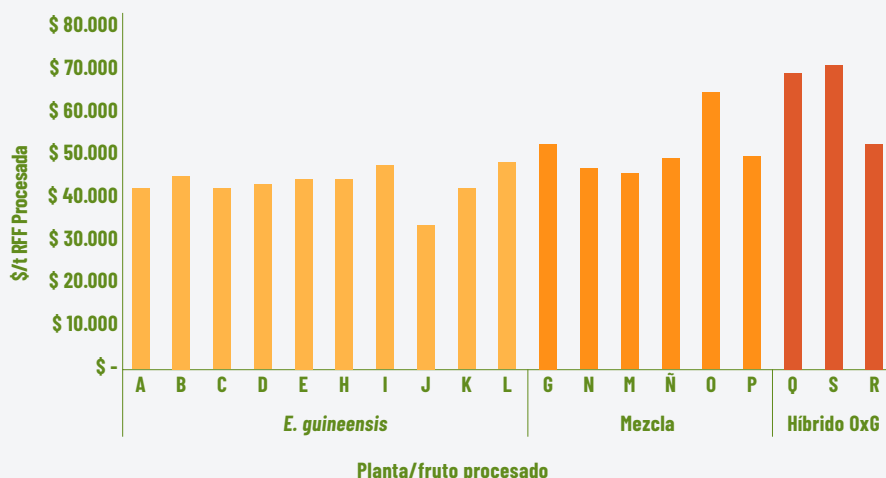


Figura 35. Costo de procesamiento por tipo de racimos de fruto (*E. guineensis*, híbrido y mezcla).



4. Tecnología para el pronóstico de la producción

Correlación entre déficit hídrico y productividad

Para obtener el modelo validado que simule los procesos de crecimiento y desarrollo del cultivo, con el objetivo de identificar patrones de asociación entre variables de clima y producción, se analizaron registros de plantación de producción, déficit hídrico, variables vegetativas, estado sanitario y análisis foliares y de suelo, de 106 lotes con cultivar Dami Las Flores (siembras 1998, 1999, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2016). El trabajo utilizó los datos de plantaciones de la subzona de Codazzi, de un área equivalente a 1.130 ha y en el periodo comprendido entre octubre de 2014 hasta octubre de 2019.

Los patrones de asociación fueron evidentes entre las variables de producción (número de racimos de fruta fresca - NR y peso medio de racimo - PMR) con el déficit hídrico, en 87 de los 106 lotes que participaron en el estudio. Los análisis de correlación consideraron el rezago del déficit hídrico hasta 40 meses atrás.

Los resultados arrojaron un valor negativo, es decir, a mayor déficit hídrico menor NR y menor PMR.

La estimación de estas correlaciones y los patrones descritos, permiten observar cómo las variables de clima, se consideran insumo para modelar la producción en los lotes estudiados y en otros sembrados bajo las mismas condiciones de variación de la precipitación y el déficit hídrico.

En relación con la línea de investigación de optimización de procesos, Extensión realizó una capacitación y un día de campo.



2.10. Línea adopción tecnológica participativa

A pesar del conocimiento de las ventajas y utilidades de las tecnologías en el sector agrícola, su adopción en la agroindustria palmera sigue siendo baja. Es de resaltar que para hacer que el sector sea eficiente y sostenible, la implementación de tecnologías es particularmente relevante, pues es el resultado de un complejo, dinámico e interactivo proceso que ocurre dentro de un conjunto heterogéneo de actores.

La línea de adopción tecnológica participativa surge de la necesidad de incrementar el establecimiento de mejores prácticas en el cultivo y en la planta de beneficio. En este sentido, en 2021 se reportan avances para sus cinco productos principales, que contribuyen al acercamiento y conocimiento de los factores influyentes

en la adopción, para focalizar la extensión teniendo en cuenta la especificidad local, los intereses y las necesidades de los palmicultores en Colombia.

1. Productores caracterizados de acuerdo con las preferencias, la especificidad local y tecnológica

Caracterización y análisis socioeconómico de los productores, desde un enfoque cuantitativo

Durante el 2021, se avanzó en la consolidación de información de un poco más de 2.000 palmicultores a nivel nacional, de los cuales 87,5 % corresponden a productores individuales, es decir, aquellos que responden directamente como dueños por las actividades de su cultivo. El porcentaje restante (12,5), hace referencia a la información de empresas legalmente constituidas, caracterizadas por realizar la actividad palmeras a través de una estructura corporativa.

Los datos demográficos muestran que el 71,2 % de la población palmicultora vive en zonas rurales, aunque esto no significa que residan en el predio palmicultor, ya que el 70,1 % de los terrenos son exclusivos para la producción, y el 29,2 % se dedican a la residencia permanente y a la producción.

Con respecto a la distribución por sexo, podemos observar que el 57 % de los individuos caracterizados son varones, diferenciándose de la tendencia nacional que se ubica en el 48,8 %; el 43 % restante corresponde a mujeres.

El 59,2 % de la población se ubica en los grupos etarios superiores a los 39 años (Figura 36).

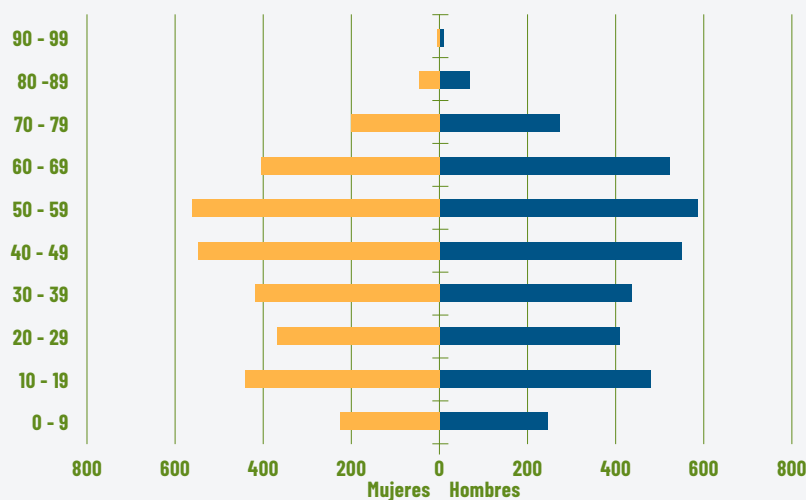


Figura 36. Pirámide poblacional de la agroindustria.

Esta constitución etaria muestra también la historia de la producción palmera, atada a ciertos grupos de edad.

En todos y cada uno de los grupos, la población masculina es superior a la femenina, es decir, el número mayoritario de hombres con respecto a las mujeres se expresa de manera regular a través de diferentes edades. Aunque por lo general las mujeres viven más - son quienes suelen llegar a edades más avanzadas-, en el caso de la población palmicultora encontramos características completamente diferentes, ya que los varones son predominantes en edades por encima de los 49 años.

El dato más relevante que arroja la caracterización socioeconómica es que la palmicultura la ejerce una población madura, algo que probablemente esté relacionado con el ciclo de producción de la palma y la necesidad de contar con un crédito para iniciar la siembra, que usualmente se otorga a individuos por encima de los 30 años.

De la muestra actual de información colectada, el 28,4 % de los palmicultores se consideran campesinos, una categoría que usualmente no se lleva a los estudios demográficos, pero que adquiere una importancia particular para estudios como el nuestro. Igualmente, el 39,2 % no se reconoce con alguna de las opciones indicadas en el cuestionario. Es de destacar que el 18,1 % de los palmicultores se identifican como negro, mulato, afrodescendiente o afrocolombiano, lo que evidencia la predominancia de poblaciones palmicultoras

en municipios como Tumaco (Nariño) y María La Baja (Bolívar).

Condiciones de vida

Las condiciones de vida hacen referencia al bienestar o circunstancias que constituyen la base de una vida digna de una persona. Para medirla, se tienen en cuenta los indicadores de pobreza monetaria (la carencia de un monto específico de dinero, con el que se puede adquirir la canasta básica de alimentos y la familiar) y multidimensional (carencias relacionadas con la salud, educación, servicios públicos, calidad de vivienda e ingresos).

Si un individuo no tiene la cantidad suficiente de dinero para comprar los alimentos básicos, se dice que está en pobreza extrema; si, por el contrario, puede suplir estos pero es incapaz de adquirir los elementos que conforman la canasta básica familiar, se dice que está en pobreza monetaria. De acuerdo con los cálculos realizados para la caracterización socioeconómica de los productores palmeros, el 12 % presentan algún tipo de pobreza monetaria. El 9,8 % de los hogares evidencian pobreza multidimensional, donde se resalta el bajo logro educativo, la carencia de fuentes de agua mejorada y el empleo informal.

Economía

La economía de la población palmicultora es diversa. No obstante, la actividad palmera tiene una posición central para la mayoría de los palmicultores y los miembros de su familia. Muestra de ello es que el 68,6 % aseguraron no dedicarse a actividades económicas diferentes. El porcentaje restante (31,4 %) desarrolla otras ta-

reas como el comercio, la ganadería y la agricultura, o ejerce una labor como trabajador formal. Es muy común, como se observó en las visitas realizadas durante el año, que las actividades ganaderas estén relacionadas con ganado lechero, mientras que la agricultura se concentra en algunos cultivos de maíz o cacao que se comercializan localmente.

El 66,8 % de los productores palmeros registran ingresos menores o iguales a \$ 3.000.000. Estos, en comparación con otras fuentes, se constituyen en la base de la economía doméstica. Las actividades agroforestales generan montos aproximados a \$ 500.000 para el 78,2 % de los palmicultores que las desarrollan complementariamente, lo mismo que en ganadería para el 70,5 % de los palmicultores. En conclusión, los ingresos de las demás actividades agropecuarias son inferiores a los generados por la palmicultura.

Fuerza laboral

En general, predomina la forma de pago por jornal o destajo, aunque su incidencia disminuye en la medida en que aumenta el número de hectáreas que posee el productor.

La mano de obra requerida para la producción palmera, suele encontrarse en inmediaciones de los cultivos, ya que la raigambre de la palma en diferentes zonas del país ha generado un mercado laboral apto para suplir las necesidades de los palmicultores. Son pocos los casos en donde el trabajo familiar se constituye como la base de la producción. Por el contrario, las actividades de los cultivos son pagadas a jornaleros que ya han adquirido experiencia en las dife-

rentes labores de los cultivos de palma. Hay que remarcar que, a pesar de que los productores se autodenominan como campesinos, en muchos de los casos la forma de producción palmera, está muy lejos de reproducir las lógicas del campesinado. Se trata, entonces, de un modelo de producción agrícola fuertemente atado a la lógica industrial.

Acceso a medios de comunicación

Las redes sociales han pasado a reemplazar muchos medios de comunicación, fundamentalmente con la aparición de los celulares inteligentes. De acuerdo con los datos recopilados para la caracterización socioeconómica, el celular es mecanismo más utilizado para acceder a la información, seguido de la televisión.

Facebook y WhatsApp son las plataformas con mayor acogida por los productores palmeros (Figura 37).

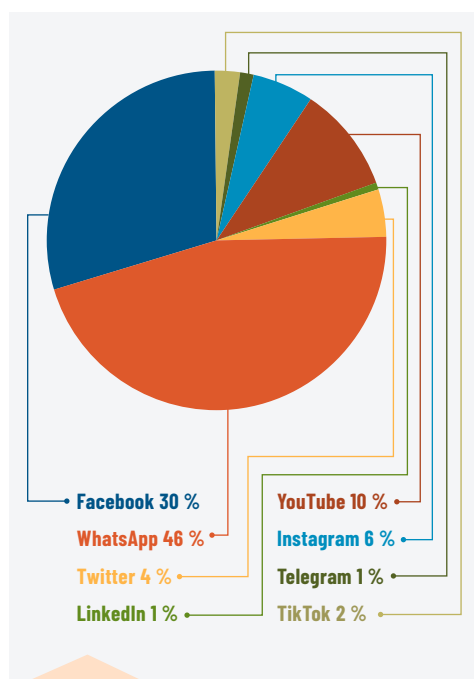


Figura 37. Redes sociales más usadas por los productores.

Todas estas características y tendencias son fundamentales para mejorar las estrategias de comunicación con los palmicultores.

Es importante indicar que no es del todo indiferente el hecho de acceder a Internet a través de un dispositivo móvil a uno de escritorio. Si bien el contenido es el mismo, la forma como se proyecta y distribuye la información en los dispositivos móviles es distinta, así como es diferente la manera como el usuario interactúa con la información. Por tanto, esta tiene que estar adaptada no solo al tamaño de las pantallas y a la forma como se manipula el dispositivo, sino que debe divulgarse de una manera mucho más personalizada.

2. Adopción de tecnologías sostenibles en las diferentes zonas palmeras

Factores determinantes en la adopción de tecnologías

La palma de aceite está siendo ampliamente establecida en América Latina, como un cultivo básico a gran escala. Sin embargo, el aumento de la variabilidad ambiental debido al cambio climático, está desafiando la capacidad de adaptación de las comunidades socioecológicas en estas regiones. Así, se hace necesario que los productores adopten riegos pre-surizados (en virtud de la presión a la cual funcionan), que permitan la producción de manera sostenible bajo el escenario de incremento del déficit hídrico que se espera a futuro. En la actualidad, la adopción de esta tecnología es mínima (menos del 15 %).

Este estudio busca comprender los elementos esenciales que determinan la intención de usar tecnologías de riego por parte de los productores de palma de aceite de la Zona Norte. Los resultados pueden orientar el desarrollo de estrategias para promover su adopción, y ayudar a que las intervenciones conlleven a una mayor implementación y utilización efectiva de estas.

El análisis factorial identificó cuatro constructos que influyen en la aceptación de tecnologías de riego: la utilidad percibida, la facilidad de uso, la influencia social y la demostrabilidad de resultados. En este sentido, la utilidad y facilidad de uso, se refieren a la eficiencia, eficacia claridad y flexibilidad de las tecnologías.

En cuanto a la influencia social se refiere a que los comportamientos de otros influyen en el observador. Finalmente, cuanto mas evidentes sean los resultados del uso de la tecnología más útil se percibe. Por tanto, los agricultores suelen aceptar tecnologías que tienen efectos tangibles y visibles, y prácticamente que resuelvan sus necesidades y problemas de manera más útil.

Observatorio de productividad (estimativos de producción, pronósticos de clima)

Durante el 2021, se realizó el seguimiento y el análisis a los datos de productividad y rendimientos en plantaciones a escala de zona y subzona, buscando explicaciones y aproximaciones a los comportamientos productivos observados. Este año, según información del Sispa, Colombia produjo 1.746.000 toneladas de aceite de palma crudo, 12 % por encima respecto al 2020.

En el estudio por zona, se observó que el aceite producido en la Central, Norte, Oriental y Suroccidental estuvo en 17 %, 9 %, 10 % y 19 % respectivamente, por encima de lo logrado en 2020. Se resalta el incremento en la Zona Suroccidental, con un 50 % más de aceite que en el 2017, debido principalmente a la entrada de nuevas áreas de cultivo en producción, y a la rápida adopción que se ha tenido de tecnologías como ANA, punto óptimo de cosecha (POC) y barreras físicas en cultivares híbridos.

Por otro lado, a pesar de que la Zona Norte reportó los mejores rendimientos en aceite por hectárea y en t RFF/ha, se destacan aspectos como el procesamiento de fruto provenientes de otras zonas palmeras, así como la pérdida del área en producción (cercano a 20.000 ha) por afectación por PC, en los departamentos de Magdalena y Cesar principalmente. Para la Zona Oriental se observó un crecimiento en el total de fruto procesado del 6,91 % con respecto al año anterior, debido a una adecuada distribución del procesamiento de fruta entre el primer y segundo semestre; las subzonas de mejor comportamiento fueron la de Cumaral-Bajo Upía, con la mayor participación en cultivares híbridos (30.000 ha aproximadamente), y la del Casanare, con

siembras más jóvenes y menores problemas de enfermedades. Sumado a lo anterior, se destaca el mayor porcentaje de participación de fruto procesado proveniente de cultivares híbridos, al alcanzar el 7,2 %, 9,85 % y 30 % para las zonas Norte, Central y Oriental respectivamente, generando también una tendencia a la disminución del porcentaje de recuperación de almendra.

Implementación de tecnologías por los productores

A partir del 2019 se vienen cuantificando ocho mejores prácticas agrícolas, que han sido transferidas mediante la estrategia “Productor a productor”, a través del trabajo conjunto entre Cenipalma y los núcleos palmeros. Con el establecimiento de estas tecnologías, se busca dar solución a problemas que afronta la agroindustria, permitiendo el aumento de la productividad, la distribución eficiente de los recursos y la sostenibilidad del cultivo. Con respecto a la información suministrada por los núcleos palmeros en el 2021, el uso de biomasa se implementó en 36.643 ha; el riego en 3.778 ha; drenajes en 17.139 ha; nutrición en 52.949 ha; coberturas con leguminosas en 7.545 ha; manejo fitosanitario (PC, ML, MS, AR) en 41.195 ha; aplicación del punto óptimo de cosecha en 16.344 ha; y finalmente polinización con ácido 1-naftalenacético (ANA) + polen en 15.029 ha. Es de resaltar el esfuerzo de los productores comprometidos en esta tarea. En la Figura 38, se ilustra el acumulado de la implementación de las tecnologías del 2019 al 2021.

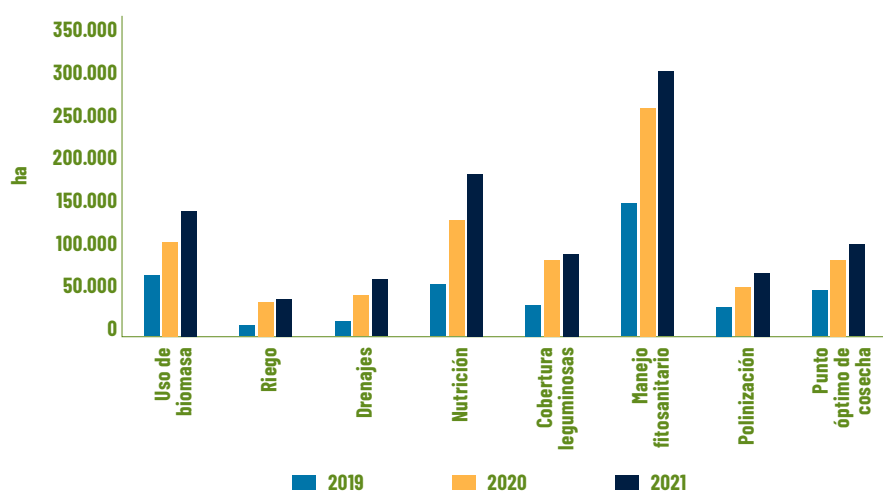


Figura 38. Implementación de tecnologías 2019-2021.

Mejores prácticas agrícolas (MPA) con análisis técnico y económico

Durante la vigencia 2021, se continuó con el análisis técnico y económico en 63 lotes con mejores prácticas agrícolas implementadas en 38 núcleos de las zonas palmeras. Se observó un incremento del 4 % de productividad respecto al año anterior (Figura 39).

Además, los lotes con aplicación de las MPA (biomasa alrededor del plato, riegos eficientes, drenajes, nutrición balanceada, coberturas con legumi-

nosas, punto óptimo de cosecha, polinización con ANA o polen y manejo fitosanitario), presentan una diferencia de 9,5 t/RFF/ha si se compara con el promedio nacional.

Adopción de la tecnología ANA en predios de productores de pequeña escala en la Zona Suroccidental (Tumaco)

En el 2021 se cuantificó la adopción del ANA, considerando las variables tiempo e intensidad del uso de la tecnología. En este sentido, se desarrolló

una encuesta transversal en campo, a 131 productores de pequeña escala de la Zona Suroccidental (Tumaco), para determinar su implementación junto con la metodología del punto óptimo de cosecha. Los resultados muestran que el 89 % de los palmiticultores aplican polinización artificial ANA, 10 % polinización mixta (polen en antesis y/o refuerzos de ANA), 1 % no poliniza y ninguno aplica la polinización asistida con polen. Además, los productores respondieron preguntas relacionadas con el tiempo de aplicación, la frecuencia de ingreso, el número de aplicaciones, entre otros. Así, el esquema de aplicación se dividió en dos tipos de adopción: 1 (dos aplicaciones ANA cada 15 días, o cuatro aplicaciones ANA o una aplicación de ANA) que corresponde al 56,5 % de los encuestados; y la 2 (tres aplicaciones ANA cada siete días o tres aplicaciones 1 Polen + ANA + ANA) al 43,5 %. Estos resultados son la base para la formulación de estrategias de extensión, con el fin de fortalecer acciones de formación y capacitación en la zona de estudio.

3. Estrategias de comunicación en extensión según las características de las zonas palmeras

Modelo de comunicación de extensión hacia grupos de interés

Durante el año se han fortalecido distintos espacios de comunicación, como los comités regionales en las zonas y locales en las subzonas, mesas de trabajo y redes con los núcleos, e intercambio de experiencias con proveedores, entre otros.

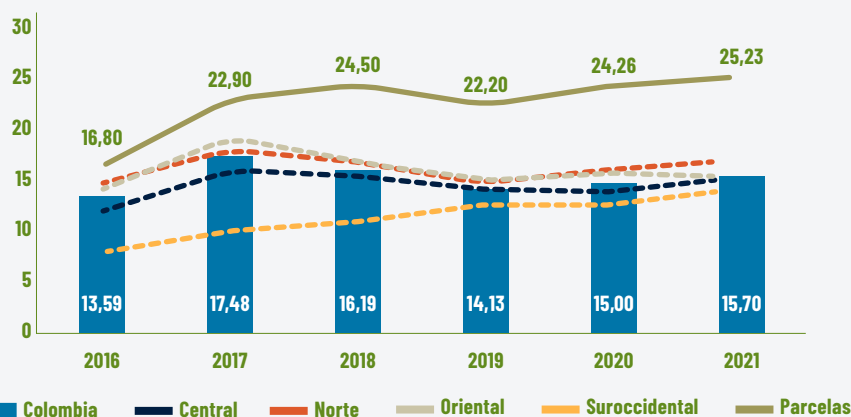
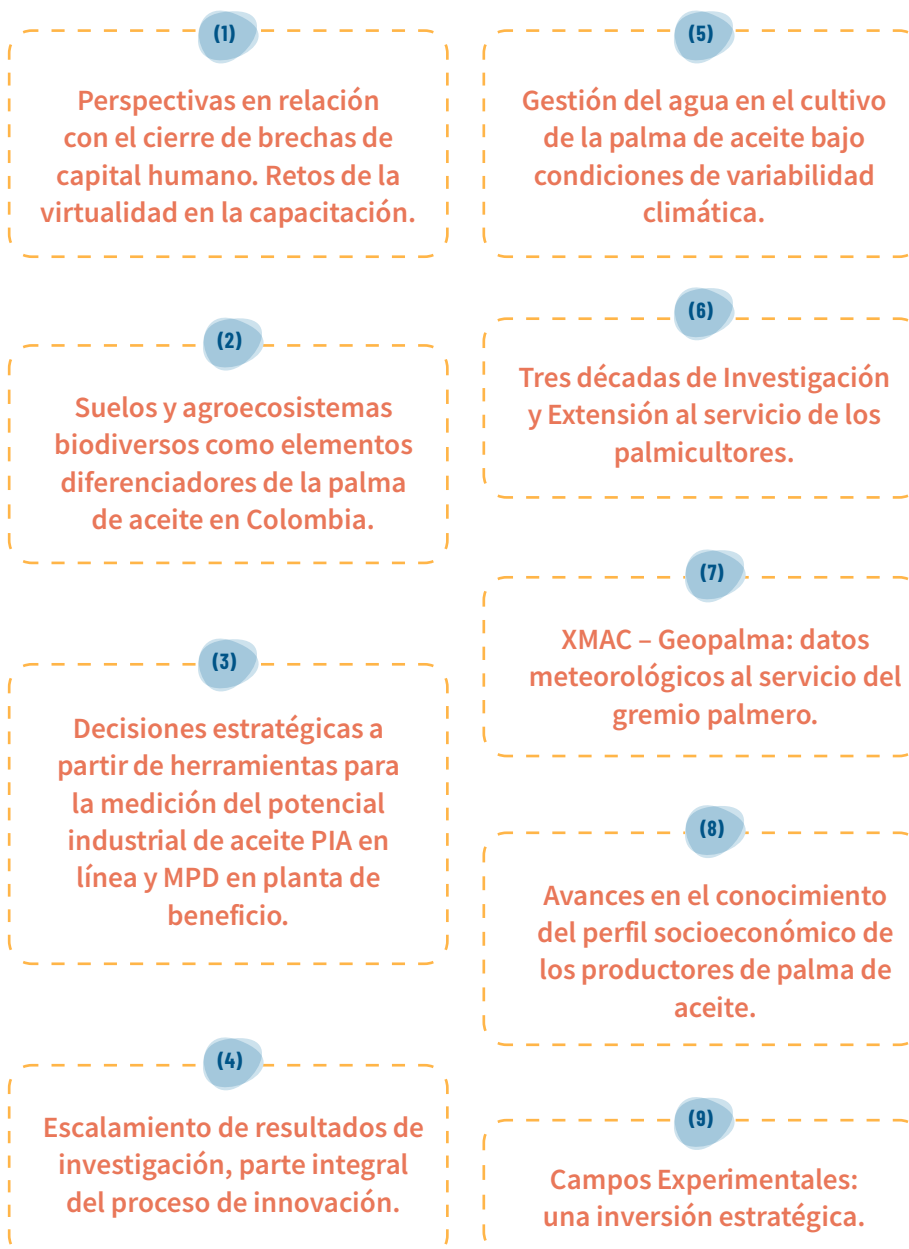


Figura 39. Comparativo promedio ponderado de productividad nacional de las parcelas con mejores prácticas agrícolas.

Los comités asesores agronómicos y de plantas de beneficio y las mesas de trabajo, lograron integrar alrededor de 800 técnicos del sector en 66 encuentros, tanto presenciales como virtuales, 25 orientados a la socialización de resultados de investigación y extensión. Cabe destacar la participación representativa de núcleos palmeros, plantaciones, colaboradores de Cenipalma, aliados como ICA y Agrosavia, y líderes de productores de pequeña escala en las diferentes zonas palmeras de Colombia.

Con el propósito de socializar a la comunidad palmera del país, temas estratégicos que impactan la productividad y sostenibilidad de la agroindustria, se llevaron a cabo nueve seminarios web de Colombia Palmera en Línea, en los que se contó con la asistencia de 1.128 personas de los niveles gerencial, estratégico y táctico. Estos seminarios abordaron distintas temáticas como:



Para fortalecer las acciones de divulgación y capacitación con distintos medios y métodos, se desplegó la estrategia “Aprender escuchando”, con siete capítulos del podcast educativo “Palmeros en acción”, un producto reestructurado no solo en su formato sino también en los canales de acceso (plataformas y redes sociales - Spotify, Google Podcasts y YouTube). El nuevo formato ha logrado una cobertura de 1.562 visitas (a enero de 2022).

Finalmente, en el 2021 se realizaron cuatro encuentros de intercambios de experiencias de productores, uno en cada zona palmera (Central, Oriental, Norte y Suroccidental), contando con la asistencia de 320 personas. La temática se centró en la implementación de tecnologías de agricultura de precisión, adopción de mejores prácticas agrícolas y de sostenibilidad, y sensibilización a los futuros palmicultores sobre el impacto de adopción de tecnologías y su rol como dinamizadores del cambio. Fue evidente el interés de los productores en participar en este tipo de eventos.

XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite

Bajo el lema “Innovación, sostenibilidad y bienestar para Colombia”, se llevó a cabo entre el 27 de septiembre y 1 de octubre de 2021 la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite (RTN), espacio por excelencia de apropiación social del conocimiento.

En esta versión virtual del evento, se optimizaron las condiciones de emisión y acceso, con una nueva plataforma más dinámica, interactiva y enfocada en el detalle. Participaron 676 usuarios, de los cuales más de

100 eran productores de pequeña escala que pudieron asistir desde zonas alejadas del país. Basados en una muestra de 69 encuestas, el promedio general de conexión fue de cuatro personas por dispositivo, con lo que se calcula una audiencia total de más de 1.000 personas.

Parte de los logros de los comités regionales agronómicos y de plantas de beneficio de las cuatro zonas palmeras, fue la selección de 32 trabajos provenientes de las cuatro zonas palmeras. A estos se sumaron cinco de Cenipalma y una ponencia de la Universidad Nacional, para completar la programación académica (Figura 40).

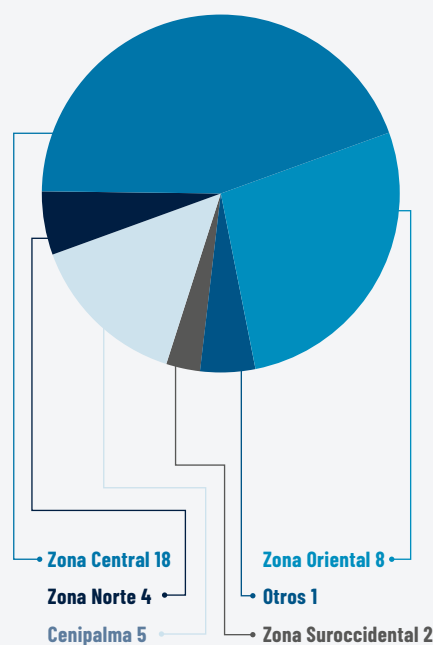


Figura 40. Trabajos presentados en la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite.

Un hito muy importante durante la semana académica de la XVII RTN, fue reunir a cuatro directores de los centros de investigación del sector

agrícola en un conversatorio: Jorge Mario Díaz 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. De sus conclusiones se destaca que la investigación necesita estabilidad en materia de recursos, para garantizar la permanencia de los programas. Asimismo, que la inversión en ciencia, tecnología e innovación debe regresar al productor; por esto es preciso medir los resultados de investigación, garantizando una relación entre el costo y el beneficio de la adopción tecnológica, en el corto, mediano y largo plazo. Los panelistas 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, sin perder de vista los desafíos globales, como el cambio climático, las exigencias del consumidor y la seguridad alimentaria.

El evento sirvió como escenario para la premiación al productor de pequeña y mediana escala con mejor productividad. El propósito de este reconocimiento es empoderar a quienes con sus mejores prácticas agrícolas (MPA) y de sostenibilidad, logran alcanzar altos niveles de productividad y, por ende, se convierten en líderes de sus regiones, tanto para la multiplicación del conocimiento como para la generación de empleo y desarrollo local. A partir de esta edición, los nombres e historias de los ganadores quedarán consignados en el Salón de la Fama, que se creará y seguirá sosteniéndose con casos exitosos como estos.

4. Fortalecimiento de los modelos organizativos

Planes estratégicos con los núcleos palmeros y otros prestadores del servicio de asistencia técnica

La planificación estratégica de la asistencia técnica permite la identificación de las necesidades y los problemas de cada productor, de acuerdo con sus intereses, los recursos económicos disponibles, el apoyo del núcleo y otros actores, partiendo de una caracterización que además de los aspectos productivos, identifique factores asociados al perfil del productor, aspectos biofísicos y subregionales que permitan identificar la causalidad de los principales problemas que afectan la adopción de tecnologías y el cierre de brechas productivas, ambientales y sociales mediante acciones de extensión, asistencia técnica y capacitación, en la Figura 41 se muestran los pasos para la estructuración de un plan estratégico.

En el 2021 finalizó la consolidación de 39 planes estratégicos vigentes, de los que se formalizaron 25 planes operativos (Figura 42), mediante cartas de entendimiento en el marco de los convenios de asistencia. Se llega así, a más del 90 % de los productores que tienen como objeto establecer relaciones de colaboración entre los prestadores de servicios de asistencia técnica y Cenipalma.



Figura 41. Estructuración de planes estratégicos.

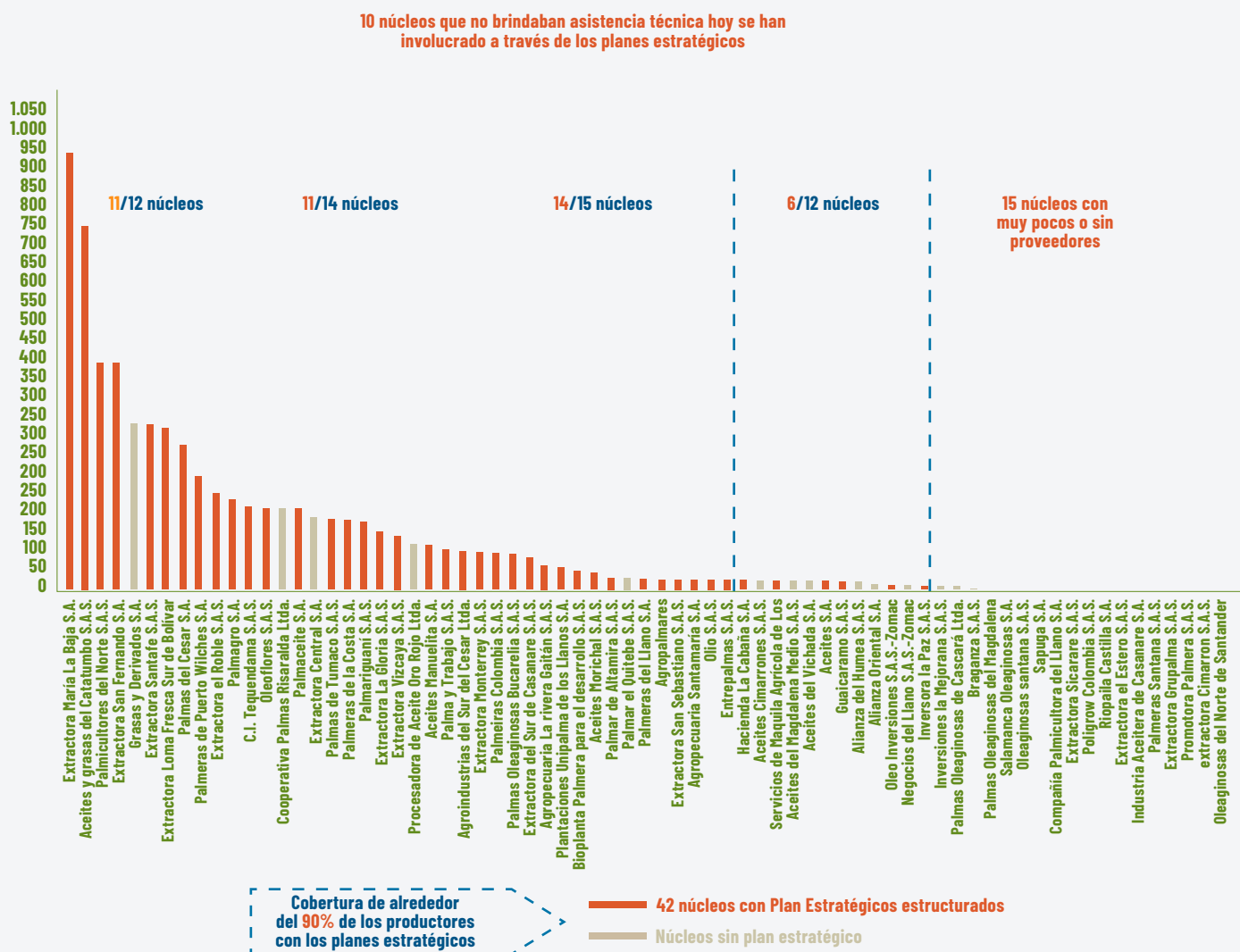


Figura 42. Relación de proveedores por núcleo y planes estratégicos 2021.

La inversión anual de esta estrategia alcanzó los \$ 15.522 millones, de los que el Fondo de Fomento Palmero (FFP) ha aportado a través de Cenipalma el 32 % (\$ 4.993 millones) y los núcleos palmeros el 68 % restante (Figura 43).

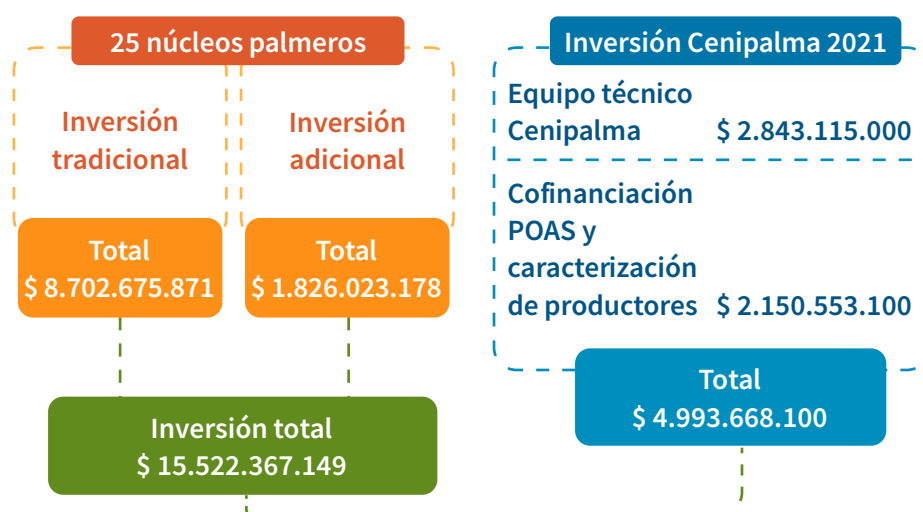


Figura 43. Inversión para el fortalecimiento de la asistencia técnica 2021.

Fuente: Dirección de Extensión Cenipalma.

Con los planes operativos fue posible consolidar, entre otras, acciones y estrategias de asistencia técnica en el país para 2.059 productores (cerca de 204.000 hectáreas de cultivo) en torno a la sostenibilidad. Además, hay más de 8.000 hectáreas adicionales participando de las redes de trampeo regionales de *R. palmarum*, y cerca de 300 palmicultores involucrados en concursos motivacionales de implementación de mejores prácticas en sus cultivos.

Dentro de las actividades que los núcleos han priorizado en los planes operativos anuales están: fortalecimiento de los equipos técnicos para el acompañamiento a los productores en la adopción de tecnologías, implementación de parcelas demostrativas, intercambio de experiencias entre productores, manejo nutricional, manejo y control fitosanitario del cultivo, y consolidación del pilar ambiental y social de la palmicultura (Figura 44).

Como resultado del desarrollo de las actividades de los planes operativos de asistencia técnica se ha podido observar un incremento en las áreas de adopción de tecnología en manejo de la nutrición balanceada y punto óptimo de cosecha en híbrido.

En general se evidencia que el fortalecimiento del servicio de asistencia técnica está teniendo impacto en la adopción de las principales tecnologías que inciden en el incremento de la productividad, como se puede observar en la Figura 45.

100 %
 Mayor acompañamiento para adopción de tecnologías

100 %
 Consolidación de equipos técnicos

100 %
 Parcelas demostrativas y áreas parciales de adopción de tecnología

96 %
 Incremento de intercambio de experiencias entre productores

88 %
 Manejo nutricional

84 %
 Manejo y control fitosanitario

84 %
 Pilar ambiental y social

40 %
 Estrategias de comunicación digital

Figura 44. Temáticas priorizadas en los POA, para el fortalecimiento del servicio de asistencia técnica - 2021



Figura 45. Adopción de tecnología en los núcleos con planes estratégicos y POAS 2021. Fuente: Informe final de los POA 2021 - 25 núcleos palmeros, Dirección de Extensión Cenipalma.

5. Formación y capacitación sectorial

Se realizaron gestiones ante la Universidad Nacional de Colombia, para ofrecer el programa de Especialización en Cultivos Perennes Industriales en la sede de La Paz (Cesar) en el primer semestre de 2022. Se apoyó la apertura de formación en Tecnólogo

en Gestión de Empresas Agropecuarias (44 personas en Aguachica) y Técnico en Cultivo y Cosecha de Palma de Aceite (42 personas en Barrancabermeja), y se difundió la oferta realizada por el Ministerio de Educación Nacional para validar el bachillerato en línea.

Para fortalecer las competencias y capacidades del talento humano en el sector palmero, se llevaron a cabo distintas capacitaciones. En el marco del Convenio Especial de Cooperación CO1.PCCNTR 2551903, celebrado entre el Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, y Fedepalma, se logró beneficiar a 1.383 personas de empresas palmeras de todo el país, alcanzando una disminución relativa promedio de las brechas de competencia del 40,27 % (Tabla 9).

Tabla 9. Resultado de las acciones de formación del Convenio CO1.PCCNTR 2551903 SENA-Fedepalma.

No.	Acción de formación	Beneficiarios	Disminución de la brecha de competencia
1	Diplomado en Gerencia de proyectos agropecuarios para la alta gerencia, dictado por la Universidad Nacional de Colombia.	40	44,00 %
2	Diplomado en Diseño e innovación social, impartido por la Universidad UNIMINUTO virtual	81	24,91 %
3	Diplomado en Laboratorio de control de calidad con énfasis en procesos de beneficio de palma de aceite, organizado por la Universidad de Santander	39	24,56 %
4	Curso en Eficiencia de la fertilización en suelos de producción palmera, desarrollado por Cenipalma y Agrolearning de la Fundación Solidaridad Latinoamérica.	350	57,64 %
5	Curso en Polinización artificial en palma de aceite, desarrollado por Cenipalma y Agrolearning de la Fundación Solidaridad Latinoamérica.	438	49,74 %
6	Curso virtual en Calibración de equipos de aspersión en la empresa palmera, organizado por Cenipalma y Agrolearning de la Fundación Solidaridad Latinoamérica.	342	55,76 %
7	<i>Bootcamp</i> - Metodologías para la medición del potencial de aceite en planta de beneficio (Masa que pasa al digestor) – MPD, dictado por Cenipalma.	93	25,27 %
Total		1.383	40,27 %

En capacitaciones reglamentarias, ofrecidas por el SENA, se gestionó y divulgó a través de la **Red de Formación y Capacitación Palmera**, la oferta de:

curso **Trabajo seguro en alturas**, que se encontraba disponible en los centros SENA habilitados por el Ministerio del Trabajo, y que contaban con protocolos de bioseguridad;

programa de Manejo racional de plaguicidas, en modalidad virtual con duración de **60 horas**, que fue ofertado en los centros SENA;

y curso en **Extensión agropecuaria**, dirigido a profesionales, técnicos o tecnólogos vinculados a la prestación del servicio de extensión, con una duración **480 horas**.

En la **convocatoria 2021 del proceso de acreditación**

sectorial, participaron

31 empresas

y se inscribieron

111 asistentes técnicos

Zona Central 53,2 %

Norte 19,8 %

Oriental 15,3 %

Suroccidental 11,7 %)

quienes presentaron 358 pruebas de competencias del saber y procedimentales.

Se otorgaron

113 acreditaciones

en las categorías

A - óptima y B - satisfactoria,

a quienes obtuvieron los puntajes requeridos.

En **Extensión**, se reportaron

433 actividades

que contribuyeron a la formación

de **2.335 personas**

en los temas correspondientes a las mejores prácticas agrícolas:

321 a la línea adopción de tecnologías

66 comités regionales y locales

74 reuniones de núcleos

34 días de campo

33 formalizaciones en POA

30 capacitaciones

23 visitas

20 charlas técnicas

15 mesas de trabajo

13 talleres

8 en planes estratégicos

5 giras

112 a las otras líneas de investigación y extensión.

Se llevaron a cabo

nueve encuentros virtuales

de la **Red de Formación**

y **Capacitación Palmera**,

que contaron con la participación

de **255 asistentes** entre

representantes de las áreas

de gestión humana de las empresas palmeras, miembros de la Mesa

Sectorial de Palma de Aceite

y Oleaginosas, funcionarios SENA y personal de Cenipalma

y Fedepalma.

En relación con el proceso

de **Evaluación**

y **Certificación**

de Competencias

Laborales, el SENA

reportó un total

de **3.147 otorgadas**

desde sus diferentes centros.

Dicho proceso está apoyado

en 12 Normas Sectoriales

de Competencia Laboral (NSCL)

asociadas a la Mesa Sectorial

de Palma de Aceite

y Oleaginosas, y tres adscritas

a la Mesa de Producción Agrícola.

Adicionalmente, el Consejo

Directivo Nacional del SENA

aprobó seis NSCL actualizadas

de acuerdo con la metodología

y los procedimientos,

que contaron con la intervención

de expertos temáticos del sector

de las cuatro zonas palmeras.



Adicionalmente, como soporte a las actividades de formación, capacitación y transferencia de tecnología, durante el 2021 se prepararon 14 nuevos títulos de materiales técnicos para la difusión y apropiación del conocimiento en la comunidad palmera, y se reimprimieron 21 títulos existentes.

Sostenibilidad



2.11. Línea de investigación y extensión: sostenibilidad en la agroindustria de la palma de aceite

Aunque esta línea estratégica se sigue desarrollando y ajustando en cuanto al objetivo y productos esperados, en 2021 se reportan algunos avances en temas que contribuyen a la sostenibilidad de la agroindustria.

Índice de sostenibilidad en cultivo

Se consolidó la línea base de sostenibilidad de 2.059 productores de palma de aceite a nivel nacional, en 169.142 hectáreas (86 % corresponde a personas naturales y 14 % a empresas), utilizando la herramienta Índice de Sostenibilidad (IDS) – *Extension Solution*. Para el uso de la aplicación se brindó capacitación a los técnicos de los núcleos palmeros. La actividad fue ejecutada en

el marco de los planes estratégicos para la producción de palma sostenible, financiados con recursos del Fondo de Fomento Palmero, los acuerdos de cooperación en el marco del proyecto Sustainable Origin Accelerator for Palm Oil Supply Chains (SOAPS) auspiciado por la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional en colaboración con la Fundación Solidaridad Latinoamérica, y en el proyecto Aceite de palma sostenible, núcleos palmeros sostenibles en Magdalena y Cesar, cofinanciado por el The Sustainable Trade Initiative (Idh).

Los resultados del IDS muestran una adopción de las mejores prácticas de sostenibilidad promedio del 49 % (Figura 46).

El eje económico, relacionado con la adopción de las mejores prácticas productivas como el mantenimiento del cultivo, cosecha y producción, gestión operativa, entre otras, muestra un mayor avance en las cuatro zonas palmeras con 60 % en promedio. Le sigue el eje social, relacionado con las mejores prácticas de formalización laboral, no trabajo infantil, no trabajo forzoso, protección de los derechos humanos, entre otras, con un 47 % en promedio. Por último, está el eje ambiental, que abarca las mejores prácticas de conservación de los recursos naturales, prevención de la contaminación ambiental y la armonía con el entorno y biodiversidad, con un 39 % en promedio.

Se ha consolidado una ruta para avanzar en las oportunidades de mejora en materia de sostenibilidad. Los productores con el IDS cuentan con un plan de acción para el cierre de brechas, con acciones como: implementación de la metodología adecuada para la toma de análisis foliares, con el objetivo de diseñar planes nutricionales a la medida de las plantaciones; establecimiento de coberturas vegetales para mejorar las condiciones del suelo; y siembra de plantas nectaríferas que aportan al control biológico de plagas y enfermedades, contribuyendo también a la reducción del uso de plaguicidas de origen químico.

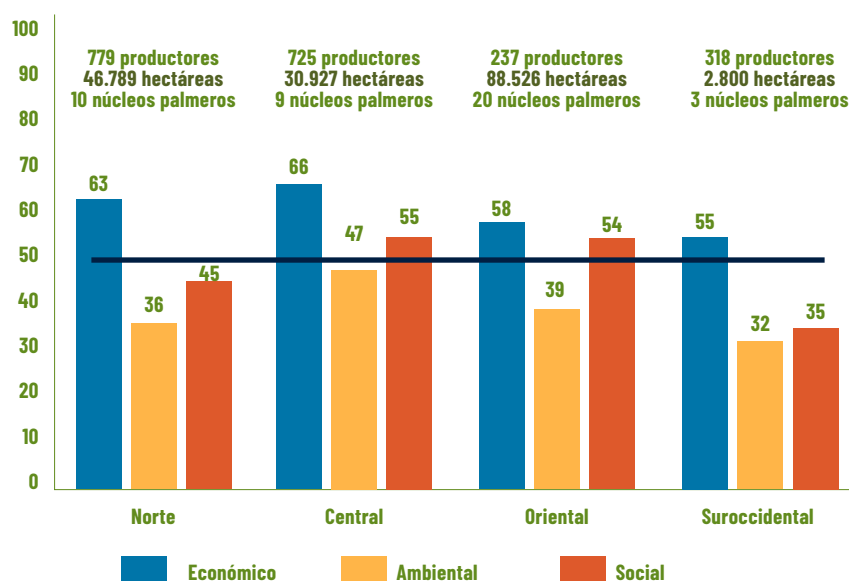


Figura 46. Avance del levantamiento del IDS por eje y zona palmera.

Índice de sostenibilidad en plantas de beneficio

Durante el 2021, se trabajó en la construcción de un plan piloto para medir la sostenibilidad en las plantas de beneficio, con el objetivo de identificar los principales riesgos y oportunidades de mejora relacionados con la sostenibilidad, y fomentar la implementación de las mejores prácticas económicas, ambientales y sociales.

En el plan piloto se levantó una línea base con ocho plantas de beneficio de tres zonas palmeras (Norte, Central y Oriental), que para el 2021 procesaron el 12,16 % de RFF a nivel nacional. El promedio del IDS en estas fue de 88 %, categorizado como bueno dentro de los niveles que se establecieron para dicho indicador (Figura 47).

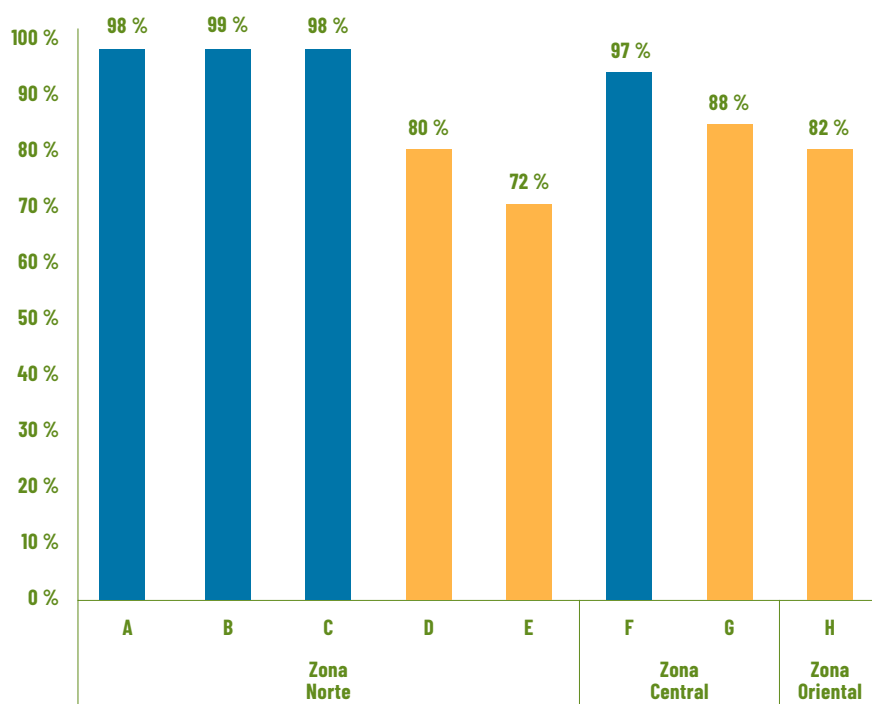


Figura 47. Índice de sostenibilidad plantas de beneficio.

Por cada uno de los ejes se calcula el valor promedio nacional y las principales oportunidades de mejora.

Eje económico (94 %)

Optimización de la producción (medición de tiempos e indicadores relacionados con la disponibilidad y rendimiento), control del proceso (variables del proceso y calidad de materia prima) y evaluación de otras opciones para generar valor con la biomasa.

Eje ambiental (83 %)

Cumplir con todas las obligaciones establecidas en el permiso de captación de agua, contar con un plan de ahorro y uso eficiente de agua, implementar y hacerle seguimiento a este plan, y manejar la planta de beneficio para la protección de ecosistemas: vertimientos, emisiones atmosféricas y de GEI y tratamiento de sustancias químicas y biológicas.

Eje Social (89 %)

Contar con acceso a servicios básicos y en buenas condiciones para los empleados (lugar para toma de alimentos), brindar igualdad de condiciones laborales para hombres y mujeres (comité de género), evaluar el desempeño y plan de formación del personal e implementar políticas y procedimientos para Sistema de Administración de Riesgos de Lavado de Activos y Financiación del Terrorismo (SARLAFT).

Indicadores y criterios de sostenibilidad ambiental

Se llevaron a cabo actividades para valorizar la biomasa de palma en Colombia y su cadena de suministro sostenible, así como acciones para lograr una palmicultura baja en carbono. Como parte del doctorado, enmarcado en un convenio entre Cenipalma y la Universidad de Groninga en Holanda, se identificó que para obtener biomasa con bajo riesgo de cambio indirecto del suelo en la Orinoquía colombiana, es necesario intensificar el uso del suelo, produciendo más en la misma cantidad de tierra agrícola utilizada actualmente en la región. De este modo es posible obtener entre 0,6 y 2,4 millones de hectáreas excedente por aplicación de buenas prácticas agrícolas (Figura 48).

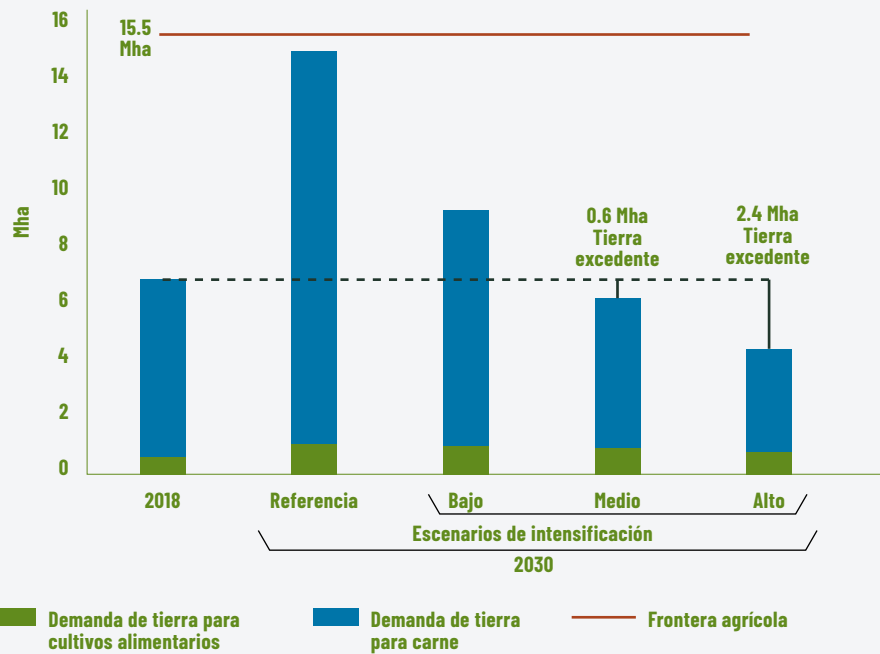


Figura 48. Requerimiento total de tierra en la región de la Orinoquia para satisfacer la demanda de alimentos en 2030, y excedentes de tierra comparado con 2018.

Los resultados para toda la región indican que, de continuar con una gestión ineficiente, el 93 % de las áreas de vegetación natural existentes se convertirán en tierras agrícolas. Los impactos ambientales resultantes serían claramente negativos: las emisiones de GEI aumentarían en un 64 %, habría una pérdida de abundancia de especies del 53 %, y el uso de agua de riego para cultivos alimentarios perennes en la estación seca, incrementaría en un 111 %. Mientras, los escenarios medio y alto con la intensificación agrícola permiten crear tierras excedentes para la producción de cultivos bioenergéticos, sin necesidad de expandirse a áreas naturales. Como resultado, existen beneficios netos en términos de impactos ambientales y desempeño económico del sector agropecuario, y beneficios extras de la bioenergía en términos de reducción de emisiones de GEI e ingresos económicos para la Orinoquia.

Divulgación y capacitación en sostenibilidad

Se llevaron a cabo en cooperación con el Área Ambiental de Fedepalma, ocho mesas ambientales a nivel nacional, espacio que reunió a más de 300 asistentes. Este escenario sirvió para el lanzamiento de la Guía Ambiental para la Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia, y para fomentar la implementación de Herramientas de Manejo del Paisaje, como estrategias de conservación de la biodiversidad y la protección de rondas hídricas, entre otras.

Con el fin de mitigar y prevenir la contaminación ambiental, se realizaron jornadas de capacitación en la técnica de triple lavado de envases, y uso de camas y mesas biológicas para el tratamiento de residuos de agroquímicos.

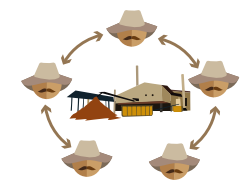
En la temática social, se fomentaron acciones que conlleven a los

productores a formalizar la relación laboral, e implementar acciones en aras de garantizar el bienestar de los trabajadores y el respeto por los derechos humanos.

Finalmente, el Área de Extensión realizó en 2021:

2.059
productores con IDS

6
Módulos de capacitación



30
Núcleos palmeros con actividades ambientales y sociales en los POA

40
Fincas tipo



8
mesas ambientales



2.12. Publicaciones Cenipalma 2021

Capítulos, libros, guías, boletines y cartillas

Munar, D. A., Ramírez, N., Rivera, Y., García, J. A., & Romero, H. M. (2022), Carbon Footprint Management for a Sustainable Oil Palm Crop. In: J. Ren (Ed), *Advances of Footprint Family for Sustainable Energy and Industrial Systems. Green Energy and Technology* (pp 93-110). Springer, Cham.

González, A. & García, J. A. (2021). Minor Compounds of Palm Oil: Properties and Potential Applications. Working title “*Elaeis guineensis*”. DOI: 10.5772/intechopen.99526

Mosquera, M., Camperos, J., García, A. Sinisterra, K., Munévar, D., Ruiz, E., Mesa, E., & Hernández, D. (2021). Tecnologías validadas a escala comercial para el manejo del híbrido interespecífico OxG. *Boletín Técnico*, 39.

Ruiz, E., Mosquera, M., Munévar, D., Sinisterra, K., López, D., ... Franco, L. (2021). Referenciación competitiva al proceso de polinización artificial en cultivares híbridos interespecíficos OxG: Coari x La Mé. *Boletín Técnico*, 40.

Aldana, R. C., Morales R., A., Aldana, J. A., Montes, L. G., Bustillo, A. E., Barrios, C. E., Castillo, N., & Sendoya, C. A. (2021). Guía de bolsillo. Establecimiento y manejo de plantas nectaríferas en el cultivo de palma de aceite. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Vargas, L. E., & Mesa, E. (2021). Introducción al análisis de datos con RStudio. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Delgado, T. E., Ladino, G. S., & Arias, N. A. (2021). Evaluación de sistemas de riego utilizados en el cultivo de palma de aceite. Guía para facilitadores. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Ruiz, R., Florián, V., Tamayo, S., Romero, H. M. (2021). Reconocimiento de palmas de aceite híbrido OxG con anomalías. Guía de bolsillo. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Jiménez, J. F., Arias, N. A. (2021). Aspectos básicos para el conocimiento de sistemas de drenajes y su mantenimiento en el cultivo de la palma de aceite. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Ladino, G. S., Delgado, T. E., Arias, N. A. (2021). Evaluación de sistemas de riego por superficie y aspersión en cultivos de palma de aceite. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Bochno, E. (2021). Cenipalma: tres décadas de investigación y extensión al servicio de los palmicultores. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Caballero, K., Ospina, M., Cortés, Í., & García, J. (2021). Medición del potencial industrial de aceite en racimos de fruta fresca utilizando la metodología masa que pasa al digestor (MPD). Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Ceniavances

Giraldo, C., Torres, J. L., & Monsalve, J. M. (2021). Detección temprana de Marchitez letal (ML) en palma de aceite basado en ortomosaicos térmicos normalizados adquiridos con aeronaves remotamente pilotadas. *Ceniavances*, 194.

Artículos

Villamil, R., Guzmán, M., Ojeda, M., Cortés, L., Gil, E., Giraldo, A., & Mondragón, A. (2021). Cheese fortification through the incorporation of UFA-rich sources: A review of recent (2010-2020) evidence. (Review article). *Heliyon*, 7(1).

Romero, H. M., Daza, E., Ayala, I., & Ruiz, R. (2021). High-Oleic Palm Oil (HOPO) Production from Parthenocarpic Fruits in Oil Palm Interspecific Hybrids Using Naphthalene Acetic Acid. *Agronomy* 2021, 11, 290.

González, A., Pataquiva, A., & García, J. A. (2021). Recovery of palm phytonutrients as a potential market for the by-products generated by palm oil mills and refineries—A review. *Food Bioscience*, 41 (2021).

Munar, D. A., Varón, D., Ramírez, N., & García, J. A. (2021). Adsorption of ammonium and phosphates by biochar produced from oil palm shells: Effects of production conditions. *Results in Chemistry*, march.

Ramírez, N. E., Munar, D., Van der Hilst, F., Espinosa, J. C., Ocampo, A., Ruiz, J., Molina, D. L., Wicke, B., Garcia, J. A., & Faaij, A. (2021). Ghg Balance of Agricultural Intensification & Bioenergy Production in the Orinoquia Region, Colombia. *Land*, 10(3), 289.

Humphries, A., Ascunce, M., Goss, E., Helmick, E., Bartlett, C., Myrie, W., Barrantes, E., Zumbado, M., Bustillo, A., & Bahder, B. (2021). Genetic variability of *HaplaXius crudus*, based on the 5' region of the cytochrome c oxidase subunit I gene sheds light on epidemiology of palm lethal decline phytoplasmas. *Phytobiomes Journal*, (17).

Ruiz, E., Banguera, J., Pérez, W., Hernández, J. S., Arévalo, J., & Mosquera, M. (2021). Technical and economic assessment of two harvesting tools for young *Elaeis oleifera* x *E. guineensis* oil palms. *Agronomía Colombiana*, 38(3).

Ruiz, E., Caballero, K., Daza, E., & Mosquera, M. (2021). Complementing assisted pollination with artificial pollination in oil palm crops planted with interspecific hybrids OxG (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*): is it profitable? *OCL*, 28, 27.

Mesa, E., Hernández, J. S., & Camperos, J. E. (2021). Uso de modelos lineales generalizados en el conteo de *Leptopharsa gibbicarina* (Hemiptera: Tingidae) en palma de aceite. *Revista Colombiana de Entomología*, 47(1), e7661.

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

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

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

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

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

Hinestroza, A., Baracaldo, J. L., Rodríguez, A. K., & Obando, C. (2021). Retos para el fortalecimiento de la asistencia técnica y oportunidades en la producción de aceite de palma sostenible. *Palmas*, 42(1), 99-106.



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

Camperos, J., Barrera, E., & Mosquera, M. (2021). Estudo de tempos e movimentos para mensurar a produtividade da mão de obra nas plantações de palma de azeite de palma na Colômbia: O caso da polinização artificial, *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, 7(1), 146-171.

Ramírez, N. E., Munar, D. A., García, J. A., Mosquera, M., & Faaij, P. C. (2021). Emisiones de GEI y desempeño económico del sector palmero en Colombia: escenario actual y perspectivas a largo plazo. *Palmas*, 42(2), 15 – 48.

Munar, D. A., Chaparro, D. C., Ramírez, N. E., & García, J. A. (2021). Emisiones de gases de efecto invernadero para diferentes métodos de cosecha, alce y transporte de racimos de fruta fresca de palma de aceite. *Palmas*, 42(2), 49 - 61.

Pérez, W. A., & Arias, N. A. (2021). Reducción del malogro en racimos de cultivares híbrido OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*) mediante el uso de buenas prácticas. *Palmas*, 42(2), 82 – 92.

López, J. M., Mesa, E., Acosta, M. C., & Tovar, J. P. (2021). Descripción del comportamiento de la Marchitez letal de la palma de aceite a partir del análisis epidemiológico temporal. *Palmas*, 42(2), 93–105.

Sarria, G., García, A., Mestizo, Y., Medina, H.C., Varón, F., Mesa, E., & Hernández, S. (2021). Antagonistic interactions between *Trichoderma* spp. and *Phytophthora palmivora* (Butler) from oil palm in Colombia. *European Journal of Plant Pathology*, 161, 751–768

Pérez, S., Muñoz, J., García, J. A., Acelas, N., & Flórez, E. (2021). Unraveling the Ca–P species produced over the time during phosphorus removal from aqueous solution using biocomposite of eggshell-palm mesocarp fiber. *Chemosphere*, 287, Part 3.

Tupaz, A., Ayala, I. M., Rincón, V., Sarria, G., & Romero, H. M. (2021). An Integrated Disease Management of Oil Palms Affected by Bud Rot Results in Shorter Recovery Times. *Agronomy*, 11(10),1995.

Gaitán, S., Navia, E. & Romero, H. M. (2021). Assessment of Inoculation Methods of *Thielaviopsis paradoxa* (De Seynes) Höhn into Oil Palm Seedlings under Greenhouse Conditions. *Journal of Fungi*, 7, 910.

Sinisterra, K., Camperos, J., Cortés, I., Caicedo A., Castilla, C., Ceballos, D. & Mosquera, M. (2021). Validación a escala comercial del punto óptimo de cosecha para el cultivar híbrido interespecífico OxG Cereté x Deli. *Palmas*, 42(3), 15-23.

Ramírez, N. E., Munar, D., Hilst, F.v.d., Espinosa, J. C., Ocampo, Á., Ruiz, J., Molina, D. L., Wicke, B., García, J. A. & Faaij, A. P. C. (2021). Balance de GEI de la intensificación agrícola y la producción de bioenergía en la región de la Orinoquía, Colombia (Traductor Arenas, C.). *Palmas*, 42(3), 24 – 61.

González, A. & García, J. A. (2021). Subproductos de la cadena productiva de la palma de aceite como fuente potencial de fitoquímicos biológicamente activos. *Palmas*, 42(3), 62-82.

Cooman, A. P. (2021). Cenipalma, tres décadas. *Palmas*, 42(3), 107-112.

Romero, H. M. (2021). Rendición de cuentas: Mejorar el estatus fitosanitario. Editado por Fedepalma, con base en la presentación realizada en el XLVIII Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. *Palmas*, 42(3), 119-123.

Beltrán, J. A., Romero, H. M., Mosquera, M., Arias, N. A., Ayala, I., Ruiz, R., García, J. A., Hinestroza, A., & Vélez, J. C. (2021). Rendición de cuentas: Incrementar la productividad y optimizar los costos de producción. *Palmas*, 42(3), 124-126.

Ramírez, N. E., Fontanilla, C. A., Pardo, L. E., Delgado, T., Munar, D., Wicke, B., Ruiz, J., Van der Hilst, F., García, J. A., Mosquera, M., Faaij, A. (2021). Integral analysis of environmental and economic performance of combined agricultural intensification & bioenergy production in the Orinoquia. *Journal of Environmental Management*, 303, 114137.

Velandia, O., Mestizo, Y., Medina, H. C., Riascos, D., Varón, F., & Sarria, G. (2021). Characterization of *Pterotylenchus cecidogenus* in *Desmodium ovalifolium* cover crop from oil palm plantations in central Colombia. *Journal of Nematology*, 53, 1-14.

Tupaz, A., Ayala, I., Barrera, C. F., Romero, H. M. (2021). Selection of Elite *Dura*-Type Parents to Produce Dwarf Progenies of *Elaeis guineensis* Using Genetic Parameters. *Agronomy*, 11, 2581.

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

Notas

Cooman, A., & Bochno, E. (2021). 2020, un año de retos y aprendizajes en Cenipalma. *El Palmicultor*, 587, 7-10.

Chaparro, D., Ramírez, N., Munar, D., & García, J. A. (2021). Uso de coberturas de forma permanente dentro de las mejores prácticas bajas en carbono. Nota técnica. *El Palmicultor*, 587, 11-13.

Zabala, A. (2021). Un vistazo a las condiciones climáticas de las zonas palmeras colombianas en el corto plazo (marzo-abril de 2021). Nota técnica. *El Palmicultor*, 587, 14-16.

Hinestroza, A., Sanabria, O., & Baracaldo, J. L. (2021). ¡Atención productores palmeros! Avanza la caracterización socioeconómica de los palmicultores. *El Palmicultor*, 588, 8-10.

Aldana, R. C. (2021). Control biológico por conservación: un servicio gratuito que nos brinda la naturaleza. Nota técnica. *El Palmicultor*, 588, 11-13.

Vélez, J. C., & Hinestroza, A. (2021). Actualización de la asistencia técnica. Una apuesta para potenciar las capacidades del talento humano del sector palmero colombiano. Nota técnica. *El Palmicultor*, 588, 14-17.

Chaparro, D., Ramírez, N., Munar, D., & García, J. A. (2021). Manejo nutricional y sanitario dentro de las mejores prácticas bajas en carbono. Nota técnica. *El Palmicultor*, 588, 18-20.

Núñez, A. J. (2021). Impacto social de la palmicultura en la subzona de María La Baja, Bolívar. *El Palmicultor*, 589, 6-8.

Arias, N. A., Mosquera, M., García, J. A., Beltrán, J. A., & Cooman, A. P. (2021). Tiempos de inversión, tiempos de crecer en productividad. *El Palmicultor*, 589, 13-16.

Neira, Á. (2021). Lo que debe conocer del Anillo rojo-hoja corta para proteger su inversión. Nota técnica. *El Palmicultor*, 589, 9-11.

Cooman, A. P. (2021). Llamado de Cenipalma sobre quemas en la Zona Norte. Nota técnica. *El Palmicultor*, 589, 12-16.

Chaparro, D., Ramírez, N., Munar, D., García, J. A., Cammaert, C., & Rincón, S. (2021). Calidad del suelo dentro de las mejores prácticas bajas en carbono. Nota técnica. *El Palmicultor*, 589, 17-19.

Beltrán, J. A. (2021). Resumen y conclusiones de la XVI Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. *Palmas*, 42(1), 169-172.

Bochno, E. (2021). 30 años de Cenipalma: creación y desarrollo institucional. *El Palmicultor*, 590, 4-8.

Chaparro, D., Ramírez, N., Munar, D., García, J. A., Cammaert, C., & Rincón, S. (2021). Mejores prácticas en tratamiento de efluentes de la planta de beneficio y captura de biogás. Nota Técnica. *El Palmicultor*, 590, 17-19.

Sánchez, D. S. & Enríquez, G. E. (2021). Experiencia en la adopción de mejores prácticas de sostenibilidad “formalización laboral en pequeños palmicultores”, caso finca La Esperanza, productora Carmen Beatriz Arce Camacho, Núcleo Palmagro S.A. *El Palmicultor*, 590, 21-23.

Bochno, E., & Barrera, E. I. (2021). 30 años de Cenipalma: campos experimentales. *El Palmicultor*, 591, 4-6.



Enríquez, G. E. (2021). Premiación 2020 y novedades del Premio al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad 2021. *El Palmicultor*, 591, 7-8.

Baena, M. A., & Mondragón, A. I. (2021). El fin de la guerra a las grasas saturadas: la evidencia lo constata. *El Palmicultor*, 591, 16-17.

Rincón, A. H., Acero, C. C. (2021). Importancia de la compactación del suelo: diagnóstico y manejo. Nota técnica. *El Palmicultor*, 591, 18-20.

Chaparro, D., Ramírez, N., Munar, D., & García, J. A. (2021). Aprovechamiento de la biomasa dentro de las mejores prácticas bajas en carbono. Nota técnica. *El Palmicultor*, 591, 21-23.

Benito, E. D., Díaz, C. A., García, J. A., & Loaiza, L. F. (2021). PIA en línea, una tecnología que permite conocer en tiempo real la cantidad de aceite en racimos de fruta fresca. Nota técnica. *El Palmicultor*, 591, 24-26.

Obando, C. & Hinestroza, A. (2021). Proyectos de colaboración, ruta hacia la sostenibilidad. *El Palmicultor*, 592, 20-21.

Bochno, E. (2021). Cenipalma 30 años de aportes a la ciencia, tecnología e innovación del sector palmicultor colombiano. *El Palmicultor*, 592, 22-24.

Chaparro, D. C., Ramírez, N. E., Munar, D. A., García, J. A., Cammaert, C., & Rincón, S. A. (2021). Minimizar el consumo de combustibles fósiles, una de las actividades dentro de las mejores prácticas bajas en carbono. Nota técnica. *El Palmicultor*, 592, 31-33.

Bochno, E. (2021). Reconocimientos y condecoraciones a Cenipalma en sus 30 años. *El Palmicultor*, 593, 16-17.

Chaparro, D. C., Ramírez, N. E., Munar, D. A., García, J. A., Cammaert, C., & Rincón, S. A. (2021). Minimizar el consumo de combustibles fósiles, una de las actividades dentro de las mejores prácticas bajas en carbono. Parte 2. Nota técnica. *El Palmicultor*, 593, 27-29.

Munévar, D., Ruiz, E., Salamanca, O., Obregón, J. M., & Mosquera, M. (2021). Sistemas de cosecha en palma de aceite. Nota técnica. *El Palmicultor*, 593, 30-31.

Camperos, J., Pulido, N., & Mosquera, M. (2021). Estimación del rendimiento de la polinización artificial con ANA en polvo. Nota técnica. *El Palmicultor*, 593, 32-33.

García, A. M., Díaz, M. A., Ochoa, C. A., & Mosquera, M. (2021). Resultados de implementar el punto óptimo de cosecha del cultivar Coari x La Mé, en Palmeras de Yarima S. A., a escala comercial. Nota técnica. *El Palmicultor*, 593, 34-35.

Bochno, E. (2021). Cenipalma: 30 hitos y 30 logros. *El Palmicultor*, 594, 14-18.

Ruiz, E., Banguera, J., Pérez, W., Arévalo, J., & Mosquera, M. (2021). Mecanizado de fruta, una alternativa para incrementar el rendimiento de la cosecha de racimos en cultivares híbridos OxG. Nota técnica. *El Palmicultor*, 594, 19-20.

Hernández, D., Rodríguez, J., Díaz, H., Acosta, Y., & Mosquera, M. (2021). Evaluación de la calidad de la polinización artificial con ácido naftalenacético (ANA) mediante la utilización de trazadores fluorescentes. Nota técnica. *El Palmicultor*, 594, 21-22.

Delgado, T. & Angarita, E. (2021). Eficiencia del agua en el Magdalena, factor clave para el desarrollo sostenible y productivo en la región. Nota técnica. *El Palmicultor*, 594, 23-25.

Cooman, A. (2021). Perspectivas sobre la investigación de la palma en la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite 2021. *El Palmicultor*, 595, 5-6.

Beltrán, J. A., & Enríquez, G. E. (2021). Nutrida asistencia en la XVII Reunión Técnica Nacional. *El Palmicultor* 595, 7-9.

Beltrán, J. A., & Enríquez, G. E. (2021). Investigación y academia en la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. *El Palmicultor*, 595, 10-12.

Beltrán, J. A., & Enríquez, G. E. (2021). Pequeños y medianos productores: grandes en productividad. *El Palmicultor*, 595, 13-15.

Rivera, Y. D., & Romero, H. M. (2021). Cenipalma 30 años. El Centro de Investigación es motor en la construcción y fortalecimiento de capital humano para Colombia. *El Palmicultor*, 595, 18-21.

Fedepalma (2021). 30 años de Cenipalma. Editado con base en el video presentado durante el XLIX Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. *Palmas*, 42(3), 95-98.

Fedepalma (2021). Reconocimientos a Cenipalma por sus 30 años durante la XXXI Sala General. Editado con base en la presentación realizada en el XLIX Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. *Palmas*, 42(3), 99-101.

Sarmiento, M. E. (2021). Palabras de Miguel Eduardo Sarmiento Gómez, Presidente de la Junta Directiva de Cenipalma, XXXI Sala General. *Palmas*, 42(3), 102-106.

Molina, L. (2021). Fedepalma y Cenipalma son reconocidas *Great Place to Work*. *El Palmicultor*, 596, 6-7.

Beltrán, J. A. (2021). Cenipalma 30 años. De la transformación de tecnología a la extensión. *El Palmicultor*, 596, 8-11.

Arévalo, C., & Mondragón, A. (2021). Grasas saturadas, ¿por qué debemos consumirlas? *El Palmicultor*, 596, 16-17.

Tecnopalma. (2021). El Polinizador Artificial 98 % respeta el medioambiente y la salud de los trabajadores. *El Palmicultor*, 596, 18.

Garzón, M. I. (2021). Productores de Zona Central asisten al taller práctico sobre el manejo de *Rhynchophorus palmarum*. *El Palmicultor*, 596, 19.

Bochno, E. (2021). Cenipalma 30 años: 30 citas de colaboradores y aliados estratégicos sobre el Centro de Investigación. *El Palmicultor*, 597, 7-11.

Montiel, L. C. (2021). Núcleos palmeros de Curumaní y Tamalameque avanzan en el mejoramiento de la asistencia técnica y transferencia de tecnologías. Nota técnica. *El Palmicultor*, 597, 14-16.

Fedepalma (2021). Cenipalma marca un hito en materia de investigación: *Candidatus Liberibacter* es el agente causal de la Marchitez letal. Nota técnica. *El Palmicultor*, 597, 17-19.

Núñez, A. J. (2021). La productividad desde la pequeña escala en la subzona de Urabá. *El Palmicultor*, 597, 20-21,

Bochno, E. (2021). 30 años de Cenipalma: Criterios de éxito. *Ciencias Agrarias*, 1, 20-21.

Núñez, A. J. (2021). El papel de la mujer en la agroindustria de la palma de aceite en la subzona de Urabá. *El Palmicultor*, 598, 6-7.

Molina, L. (2021). Cenipalma logra su primera patente nacional con PIA en línea. *El Palmicultor*, 598, 11-13.

Sánchez, D., & Enríquez, G. E. (2021). Creer para crecer. *El Palmicultor*, 598, 16-18.

Pósteres

Jiménez, J. F. & Arias, N. A. (2021). Avances sobre el efecto de diferentes tipos de labranzas en el suelo y en el cultivo de palma de aceite en condiciones de la Zona Oriental. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Zapata, A. D. & Arias, N. A. (2021). Caracterización de equipos para polinización en cultivos de palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Caicedo, A. F. Bayona, C. J., & Romero, H. M. (2021). Comparación del período de antesis femenina en inflorescencias sincrónicas y a sincrónicas del Híbrido interespecífico OXG y su impacto sobre la conformación del racimo. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Mosquera, M., Ruiz, E., Munévar, D. A., Estupiñán, M. C., Díaz, L., Guerrero, A. E., Cala, S. L., & Sierra, S. M. (2021). Costos de producción 2020 para la palmicultura colombiana: estudio de *benchmarking* a empresas adoptantes de buenas prácticas. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Ávila, R. A. & Romero, H. M. (2021). Estado actual del comportamiento fisiológico en campo de clones de palma de aceite sobrevivientes a PC (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Tumaco. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

García, A. M., Niño, A., Pulido, N. F., Mendoza, J., Cruz, L. C., Torrecilla, E., & Mosquera, M. (2021). Evaluación de criterios de calidad en racimos de fruta fresca de palma de aceite híbrida OxG Coari x La Mé en Palmas & Extractora Monterrey. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Pérez, W. A. (2021). Extracción de nutrientes en racimos de palma híbrida OxG con metodología de polinización asistida (Polen) y artificial (ANA). XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

González, A. & García, J. A. (2021). Fitoquímicos de palma y tecnologías emergentes para su extracción, concentración y/o refinación: Una revisión de los últimos avances. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Mondragón, A. I., Arévalo, C., González, A., & García, J. A. (2021). Grasas saturadas y su relación con enfermedades cardiovasculares: Revisión y análisis del aceite de palma. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Ladino, G. S., Arias, N. A., & Surmay, O. D. (2021). Impacto de fuentes de potasio en variables de suelo, contenido foliar de nutrientes y desarrollo vegetativo en el cultivo de palma de aceite en suelos de la subzona de Codazzi, Cesar. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Camperos, J. E., Barrera, E. I., & Mosquera, M. (2021). Optimización de la labor de polinización artificial con ANA líquido: ¿cuadrilla de uno o dos polinizadores? XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Delgado, T. E., Arias, N. A., Rodríguez, C. A., & Parra, J. S. (2021). Avance sobre la evaluación de la respuesta del cultivo de palma *Elaeis guineensis* bajo tres métodos de riego en la Zona Norte de Colombia. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Rey, J. C., Jiménez, J. F., Molina, D. L., & Arias, N. A. (2021). Avances en el manejo de la arvense *Asystasia* spp. como cobertura potencial y su impacto en variables de rendimiento en palma de aceite en Zona Oriental. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Rodríguez, J., Lancheros, A. M., & Loaiza, L. F. (2021). Controles de calidad feromona Rhynchophorol C. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Sinisterra, K., Vargas, L. E., Cortés, P., Angulo, M., Biojo, A., Camperos, J., Cortés, I., & Mosquera, M. (2021). Cosecha de racimos en punto óptimo y su impacto en la recolección de frutos sueltos. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Rincón, A. H., Ochoa, C. A., & Arias, N. A. (2021). Efecto de la compactación del suelo en variables vegetativas y la eficiencia nutricional en palma de aceite *Elaeis guineensis* tenera e híbrido OxG en la Zona Central. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Obando, C., Hinestroza, A., Rincón, C. A., & Muñoz, D. F. (2021). Estrategia para el cierre de brecha de sostenibilidad en productores de palma de aceite en Colombia. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

García, A. M., Díaz, M. A., Ochoa, C. A., Álvarez, J. W., Tupaz, A. A., Munévar, D. E., Ayala, I. M., & Mosquera, M. (2021). Evaluación de la polinización artificial como complemento de la polinización asistida en el cultivar híbrido Coari x La Mé en Palmeras de Yarima. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Sánchez, N., Caicedo, A. F., Bayona, C. J., & Romero, H. M. (2021). Evaluación de los cambios morfofisiológicos del híbrido interespecífico OxG de la palma de aceite (*Elaeis oleifera* (Kunt) Cortes x *Elaeis guineensis* Jacq.) bajo aplicación continua de altas concentraciones de ácido naftalenacético (ANA). XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Sinisterra, K., Vargas, L., Cortés, P., Angulo, M., Biojo, A., Camperos, A., Cortés, I., & Mosquera, M. (2021). Factores a tener en cuenta para la implementación de la cosecha de racimos en punto óptimo en cultivares híbridos OxG. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Mendoza, C., Camperos, J., Gañán, B., García, J., Rochels, B., Beleño, Y., & Castillo, J. C. (2021). Implementación de la metodología MIREP en procesos de transferencia tecnológica: tecnología para la estimación de la defoliación del dosel en la palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Ruiz, E., Mosquera, M., Munévar, D. A., & Estupiñán, M. C. (2021). Indicadores de productividad laboral en cultivos de palma de aceite en Colombia. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Buitrago, J., Guerrero, A., Sierra, S., Gutiérrez, K., & Cuéllar, M. (2021). Índice de sostenibilidad en plantas de beneficio en Colombia. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Escobar, C. E., Enríquez, G. E., & Beltrán, J. A. (2021). Levantamiento de línea base a través del Índice de Balance Tecnológico (IBT) en lotes demostrativos de Mejores Prácticas Agrícolas, proyecto Tecnologías para la Adaptación de la Palma de Aceite al Cambio Climático (TAPACC). XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Enríquez, G. E. (2021). Manejo de la complejidad del sotobosque en el agroecosistema de la palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Mercado, A., Enriquez, G., Torres, H., & Hernández, M. (2021). Planes estratégicos, una herramienta para el fortalecimiento de la asistencia técnica de los núcleos palmeros, en la Zona Norte. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual, 27/09 - 1/10/2021

Munévar, D., Ruiz, E., Mosquera, M., Estupiñán, M. C. (2021). Productividad laboral en control de malezas y poda en cultivares *E. guineensis* e híbrido OxG. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Hernández, D. A., Rairán, N., Acosta, Y. A., Ruiz, E., & Mosquera, M. (2021). Comparación de dos sistemas (mecánico y motorizado) para el manejo curativo de la enfermedad Pudrición del cogollo (PC) al interior del Campo Experimental Palmar de las Corocoras. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Rincón, V., Meneses, E., Ayala, I. M., & Torres, J. L. (2021). Estimación del Índice de Área Foliar en palma de aceite a partir de imágenes de satélite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Zabala, A., Torres, J. L., Barrera, O. R., Delgado, T. E., Ladino, G. S., Zapata, A. D. (2021). GeoPalma Corp. Sistema de Información del sector palmero, nuevo módulo para definir balance hídrico: Caso CEPS. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Barrera, O. R., Velasco, W., Sanabria, O., & Torres, J. L. (2021). Sistema de Información Geográfica del Sector Palmero: Módulo de caracterización de palmicultores. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Giraldo, C., Monsalve, J. M., & Torres, J. L. (2021). Termografía aérea y remota al servicio de la detección temprana de Marchitez letal. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Zúñiga, F. L., Castillo, S. Y., Varón, F., & Sarria, G. A. (2021). Avances en el diagnóstico de la pudrición blanca del fruto en cultivares híbrido OxG de la palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Vélez, D., Sarria, G., Mateus, W., Aldana, J., & Martínez, A. (2021). Avances en el diagnóstico del secamiento del tercio medio de la palma de aceite en la Zona Oriental. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Castillo, N. J., Barrios, C. E., Barletta, R., & Morales, A. (2021). Biología y hábitos del barrenador del fruto *Caphys bilineata* (Lepidoptera: Pyralidae) en palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.



Medina, H. C., López, S., Lizarazo, G., Mestizo, Y. A., & Sarria, G. A. (2021). Diagnóstico de posibles fuentes de inóculo de *Phytophthora* spp., agente causal de la Marchitez sorpresiva en Tibú (Norte de Santander). XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Pastrana, J. L., Matabanchoy, J. A., Bustillo, A. E., & Morales, A. (2021). Dinámica poblacional de *Opsiphanes cassina* Felder, 1862 (Lepidoptera: Nymphalidae) y sus enemigos naturales en un cultivo de palma de aceite híbrida (Coari x La Mé). XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

López, J. M. & Sarria, G. A. (2021). Diseño de un índice teórico de favorabilidad climática asociado al proceso infectivo de *Phytophthora palmivora* agente causal de la Pudrición del cogollo en palma de aceite. Estudio de caso: Campo Experimental Palmar de la Sierra - CEPS (ZN). XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Benítez, D., Munar, D., García, J. A., & Sarria, G. A. (2021). Estudios exploratorios del efecto del aceite pirolítico sobre el desarrollo de *Phytophthora palmivora*, Agente causal de la Pudrición del cogollo (PC). XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Castillo, S. Y., Carrillo, N., & Sarria, G. A. (2021). Evaluación *in vitro* de bacterias nativas de la Zona Norte sobre el control de *Phytophthora palmivora* en palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Benítez, D., Mesa, E., & Sarria, G. A. (2021). Evaluación *in vitro* de fungicidas sobre el desarrollo micelial de *Phytophthora palmivora* en palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Mestizo, Y., Rojas, H., Mayac, D., Medina, H. C., & Sarria, G. (2021). Evaluación *in vitro* de *Streptomyces* sp. frente a *Ganoderma* spp. asociado a la Pudrición del estípite de la palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Bustillo, A. E. (2021). Importancia de un buen manejo de insectos defoliadores, para el control de plagas de la palma de aceite, en Colombia. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Pastrana, J. L., Barrios, C. E., Aldana, R. C., Montes, L. G., Rosero, M., Castillo, N. J., Beltrán, I. J., & Morales, A. (2021). Insectos plaga nuevos y emergentes en cultivos de palma de aceite en Colombia. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Rosero, M., Contreras, L. J., & Morales, A. (2021). Nematodos entomopatógenos en agroecosistemas palmeros de Colombia y su potencial uso en el control de insectos plaga de la palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Conferencias y presentaciones

Rodríguez, J. L. (2021). Rol del químico en la industria de la palma de aceite, conferencia virtual a estudiantes del programa de Química, del Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ.

Romero, H. M. (2021). Breeding for bud rot resistance in oil palm: Conventional to Molecular approaches. Conferencia. Recent advances in sustainable integrated disease management in plantation crops.

Romero, H. M. (2021). Increased Production of High Oleic Palm Oil from Interspecific OxG Hybrids, seminario presentado en el evento virtual “The High Oleic Oils Congress (HOC)”.

Torres, J. L. (2021). Los drones al servicio de la palmicultura, usos actuales, perspectivas y avances en investigación. Taller preconferencia XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite.

Ruiz, J. E. (2021). Geopalma BYPSA. Taller preconferencia XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite.

Cooman, A. P. (2021). Cenipalma: tres décadas de investigación y extensión al servicio de los palmicultores. Conferencia magistral. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Arias, N. A. (2021). Manejo integrado del agua y el suelo: sostenibilidad y regeneración de la palma de aceite en Colombia. Charla magistral. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Rincón, V. O. (2021). Tecnologías de manejo específico por sitio aplicadas a la nutrición de la palma de aceite. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

García, J. A. (2021). Productividad y calidad de aceite, retos para el sector palmero colombiano. Charla magistral. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Díaz, C. A. (2021). La inteligencia artificial y tecnologías 4.0 para la optimización de la calificación de racimos y automatización de procesos en planta de beneficio. Presentación. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Obando, C. (2021). Cierre de brechas económicas, ambientales y sociales para la producción de aceite de palma sostenible. Presentación. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Guerrero, A. E. (2021). Índice de sostenibilidad en plantas de beneficio. Presentación. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Hinestroza, Al. (2021). Conociendo el perfil socioeconómico de los productores para promover la adopción de tecnología. Charla magistral, XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Mosquera, M., & Ayala, I. M. (2021). ¿Puede ser el negocio de la palma más competitivo? (híbrido OxG y *E. guineensis*). Charla magistral. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Camperos, J. (2021). Polinización artificial: ¿pagar por hectárea? o ¿pagar por inflorescencia? Presentación. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Romero, H. M. (2021). Innovación en el diagnóstico y manejo de enfermedades de palma de aceite. Charla magistral. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Loaiza, L. F. (2021). Nuevas herramientas Tecnopalma para incrementar la competitividad. XVII Reunión Técnica Nacional en Palma de Aceite, virtual.

Bustillo, A. E. (2021). Perspectivas en el desarrollo y uso de controladores biológicos para el control de plagas de la palma de aceite. Conferencia magistral. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 69-70.

Contreras, L. J., & Morales, A. (2021). Colección de hongos entomopatógenos del Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, la naturaleza al servicio de la palmicultura colombiana. Conferencia. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 52-54.

Montes, L. G., & Morales, Anuar. (2021). Hongos y virus entomopatógenos, una alternativa promisorio para el control de insectos plaga. Conferencia. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 55-57.

Rosero, M., Bustillo, A. E., & Morales, A. (2021). Nematodos y bacterias entomopatógenas en agroecosistemas palmeros de Colombia y su potencial uso en el manejo de insectos plaga de la palma. Conferencia. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 58-60.

Castillo, N. J., Barrios, C. E., & Morales, A. (2021). Biología y hábitos del barrenador del fruto *Caphys bilineata* (Stoll, 1781) (Lepidoptera: *Pyrilidae*) en palma de aceite. Presentación. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 86.

Pastrana, J. L., Matabanchoy, J. A., Bustillo, A. E., & Morales, A. (2021). Dinámica poblacional de [*Opsiphanes cassina*] Felder, 1862 (Lepidoptera: Nymphalidae) y sus enemigos naturales en un cultivo de palma de aceite híbrida. Presentación. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 92.

Vidal, V., Morales, A., Bustillo, A. E., Aldana, R., Chegwin, C., Sierra, C. A., Bento, M., & Romero, A. (2021). Identificación de los componentes de la feromona macho-específica liberada por el escarabajo-plaga *Strategus aloeus* (L., 1758) (Coleoptera: Scarabaeidae). Presentación. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 94.

Barrios, C. E., Barletta, R., Mesa, E., Sepúlveda, P. A., & Morales, A. (2021). Determinación de la unidad de muestreo adecuada para el monitoreo de *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner, 1977 (Hemiptera: Tingidae) en palma de aceite. Presentación. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 101.

Vidal, V., Bustillo, A. E., Morales, A., Aldana, R., Chegwin, C., Sierra, C. A., Peña, D., Sinuco, D., Bento, M., Rodríguez, A., Romero, A. (2021). Comunicación química para el manejo integrado de plagas en cultivos de interés comercial. Presentación. 48 Congreso Sociedad Colombiana de Entomología, SOCOLEN, virtual. Publicado en Memorias Congreso, 106.

Cooman, A. P. (2021). I+D+i de la cadena Palma de Aceite Factores de éxito Cenipalma. Conferencia. Simposio Patriotismo Agrario y Futuro del campo en Colombia.

Díaz, C. A. (2021). Sistema PIA en línea: determinación de la cantidad y calidad de aceite como camino hacia la excelencia productiva del gremio palmero colombiano. 7° Congreso internacional de ingeniería agroindustrial.

Barrera, J. C. (2021). Bioenergía en la era de la economía circular: El rol de la agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Conferencia. II Encuentro iberoamericano de ingeniería energética.

Mosquera, M., & Hernández, D. (2021). Bioeconomic Model for Decision-Making on Staying in Business for Colombian Oil Palm Crops Attacked by Lethal Wilt. Conferencia. International Pal Oil Economic Colloquium, OPEJ.

Enriquez, G. E. (2021). Retos hacia una cultura de innovación sostenible en el sector palmicultor en Colombia. Conferencia. XII Congreso de la Facultad de Ciencias y Tecnologías “Gestión del Cambio en Entornos Vica* para Latinoamérica (Volatilidad, Incertidumbre, Complejidad y Ambigüedad).

Vélez, J. C., & Gañan, B. (2021). Perspectivas en relación con el cierre de brechas de capital humano. Retos de la virtualidad en la capacitación. Seminario web Colombia Palmera en Línea.

Arias, N. A., & Pérez, W. A. (2021). Suelos y agroecosistemas biodiversos como elementos diferenciadores de la palma de aceite en Colombia. Seminario web Colombia Palmera en Línea.

Díaz, C. A., Cortés, I. L., & Caballero, K. (2021). Decisiones estratégicas a partir de herramientas para la medición del potencial industrial de aceite PIA en línea y MPD en planta de beneficio. Seminario Colombia Palmera en Línea.

Mosquera, M., & Ruiz, E. (2021). Escalamiento de resultados de investigación, parte integral del proceso de innovación. Seminario web Colombia Palmera en Línea.

Delgado, T. E., & Zapata, A. D. (2021). Gestión del agua en el cultivo de la palma de aceite bajo condiciones de variabilidad climática. Seminario web Colombia Palmera en Línea.

Cooman, A. P. (2021). Tres décadas de investigación y extensión al servicio de los palmicultores. Seminario web Colombia Palmera en Línea.

Torres, J. L., & Barrera, O. (2021). XMAC – Geopalma: datos meteorológicos al servicio del gremio palmero. Seminario web Colombia Palmera en Línea.

Sanabria, O., & Hinestroza, A. (2021). Avances en el conocimiento del perfil socioeconómico de los productores de palma de aceite. Seminario web Colombia Palmera en Línea.

Barrera, E. I. (2021). Campos Experimentales: Una inversión estratégica que impacta las regiones palmeras. Seminario web Colombia Palmera en Línea.

Otros

Hernández, D. A. (2021). Modelo bioeconómico para la toma de decisiones de renovación y reconversión productiva de palma de aceite afectada por la Marchitez letal (ML) en la región oriental colombiana. Tesis de maestría en Desarrollo Rural, Pontificia Universidad Javeriana

Mondragón, A. I., & Baena, M. A. (2021). *Boletín Salud & Nutrición*, 33, 14.

Camperos, J. (2021). Estimación de la defoliación del dosel en la palma de aceite: Una propuesta metodológica. Tesis de Maestría en Estadística Aplicada de la Universidad de Santander.

Fedepalma. (2021). Chinche de encaje: otro enemigo de la palma de aceite que debemos manejar. *PalmaSana*, 32.

Mondragón, A. I., & Baena, M. A. (2021). *Boletín Salud & Nutrición*, 34, 14.

Mondragón, A. I., & Baena Santa, M. A. (2021). Grasas funcionales, complemento clave para la buena salud. *El Espectador*, 27 de junio.

Barrios, C. E. (2021). Determinación de la unidad de muestreo adecuada para la estimación de la población de *Leptopharsa gibbicarina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae) en plantaciones de palma de aceite. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias de la Universidad del Magdalena.

Fedepalma. (2021). Hito en la investigación colombiana sobre palma de aceite: Cenipalma identifica agente causal de la Marchitez letal. *PalmaSana*, 33. Mosquera, M., Silva, A., Ruiz, E., Munévar, D., Estupiñán, C., & Díaz L. (2021). Seguimiento a los costos de producción para el fruto de palma de aceite y el aceite de palma 2020: para 27 empresas de más de 500 hectáreas. Brochure.

Mondragón, A. I., & Baena Santa, M. A. (2021). *Boletín Salud & Nutrición*, 35, 11

Fedepalma, (2021) Los híbridos OxG siembran de esperanza la Zona Norte. *PalmaSana*, 34.

Castillo, N., Barrios, C., & Morales, A. (2021). Evite que *Caphys bilineata* se coma su negocio. Afiche divulgativo.

Barrios, C. E., & Morales, A. (2021). Identifique los instares larvales de *Opsiphantes invirae* y realice su manejo a tiempo. Afiche divulgativo.

Barrios, C. E., & Morales, A. (2021). Identifique los instares larvales de *Opsiphantes invirae* y realice su manejo a tiempo. Folleto.

Barrios, C. E., & Morales, A. (2021). *Opsiphantes invirae* puede comerse su inversión. Infografía.

Rincón, A. H. (2021). Beneficios de las coberturas leguminosas. Afiche divulgativo.

Vélez, J. C., Pérez, W. A., Gañán, B., & Beltrán, J. A. (2021). Aproveche la biomasa disponible y mejore la productividad y sostenibilidad del cultivo. Afiche divulgativo.

Mondragón, A. I., & Arévalo, C. (2021). *Boletín Salud & Nutrición*, 36, 11.

Ruiz, E., Mosquera, M., Munévar, D. A., & Estupiñán, M. C. (2021). Indicadores de productividad laboral en cultivos de palma de aceite en Colombia. Brochure.

Fedepalma. (2021). Renovación de palma de aceite: un tema de ciencia y de conciencia. *PalmaSana*, 35.

Fedepalma. (2021). Inversiones por \$ 4.654 millones para incentivar la reactivación económica de zonas afectadas por la PC. *PalmaSana, Esp. Zona Norte*.

Fedepalma. (2021). Inversiones por \$ 4.654 millones para incentivar la reactivación económica de zonas afectadas por la PC. *PalmaSana, Esp. Zona Central*.

Fedepalma. (2021). Alianza estratégica del ICA y Cenipalma da frutos en la Zona Oriental. *PalmaSana, Esp. Zona Oriental*



3 Campos Experimentales



Campos Experimentales

Cenipalma dispone de tres campos experimentales: Palmar de la Vizcaína, ubicado en la Zona Central, Palmar de las Corocoras en la Oriental y Palmar de la Sierra en la Norte; en la Zona Suroccidental se cuenta con la Estación Experimental La Providencia.

Los campos experimentales son infraestructuras estratégicas para el sector, con cultivos experimentales y colecciones biológicas de palma de aceite, laboratorios, equipos y oficinas. Su objetivo es prestar servicios de apoyo a las actividades de investigación y extensión que desarrolla Cenipalma. Están localizados estratégicamente en cada una de las zonas palmeras, para responder a su problemática, dada la oferta ambiental de cada región. En los campos experimentales, día a día se trabaja para posicionarlos como modelos de manejo agronómico y ambiental del cultivo, así como de gestión de negocio, para ser referentes de la agroindustria.

Durante el 2021, se recibieron de nuevo las visitas de palmicultores, estudiantes y otras instituciones, acatando las normativas dispuestas por el Gobierno Nacional en cuanto al aforo de personas, la utilización obligatoria de tapabocas y el requerimiento de presentar carnet de vacunación para el ingreso. Todo esto con el ánimo de recuperar rápidamente los canales de comunicación con el gremio y el entorno regional.

Historia y área

El Campo Experimental Palmar de la Vizcaína (CEPV) fue adquirido en 2001. Dispone de 803 hectáreas y un área establecida en el cultivo de palma de aceite de 238,5 ha, conformadas por colecciones genéticas de las especies *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera*, materiales comerciales, cruzamientos de *E. guineensis* y cultivares de híbridos interespecíficos OxG. La infraestructura desarrollada alcanza los 2.544 metros cuadrados, que incluye los módulos de oficinas, laboratorios de investigación, semillas, biotecnología y salón múltiple, y 1.400 metros cuadrados consolidado en cinco casas de malla.

El Campo Experimental Palmar de las Corocoras (CEPC) se estableció en el 2011. Cuenta con 410 hectáreas, de las que son cultivables aproximadamente 360 ha. En la actualidad están sembradas 220,5 ha, conformadas por colecciones de *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera*, materiales comerciales, cruzamientos

de *E. guineensis* y cultivares de híbridos interespecíficos OxG. Además, tiene 1.450 metros de espacios de oficinas y laboratorios provisionales. Durante este año finalizó la construcción del módulo de laboratorios, y se inició el traslado a los mismos de los diferentes programas.

El Campo Experimental Palmar de la Sierra (CEPS), adquirido en el 2009, abarca 410 hectáreas de las que son cultivables aproximadamente 280 ha. De estas, 107,9 ha están sembradas con cultivares *Elaeis guineensis* e híbridos interespecíficos OxG. Su infraestructura es de 1.780 metros, constituida por oficinas, laboratorios provisionales y áreas de captación y operación para el sistema de riego.

La Estación Experimental La Providencia fue adquirida en 2011, tiene una extensión de 41,7 hectáreas, de las que son cultivables 36,1 ha. Las 33,1 ha establecidas en la actualidad, están conformadas por híbridos interespecíficos OxG y clones de palma *Elaeis guineensis*, y una hectárea asignada al experimento de inductores de resistencia aplicados a *Elaeis guineensis*. La sede es un área en convenio de comodato de 243 metros cuadrados, distribuidos en oficinas y laboratorios y un área de zonas de verdes aledañas de 7,2 hectáreas. Adicionalmente se dispone de 30,2 ha asignadas al programa de Biología y Mejoramiento para la evaluación de material genético (Tabla 10).

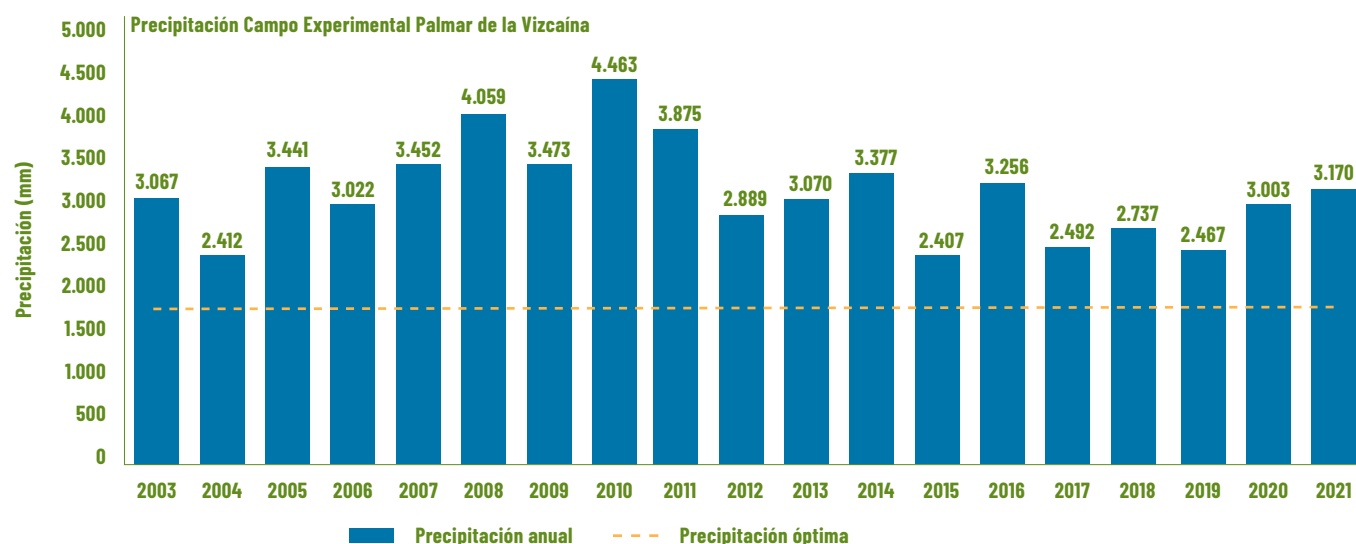
Tabla 10. Área en producción y crecimiento de los campos experimentales de Cenipalma.

Área	Campo Experimental Palmar de la Vizcaína	Campo Experimental Palmar de las Corocoras	Campo Experimental Palmar de la Sierra	Estación Experimental La Providencia	Total
Total	238,5	220,5	107,9	33,1	600,0
En producción	236,5	158,5	95,4	31,3	521,7
En crecimiento	2,0	62,0	12,5	1,8	78,3
Producción					
Total	5.787	3.637	1.746	1.026	12.196
En producción	5.749	3.396	1.746	989	11.880
En crecimiento	38	241	-	37	316
Rendimiento					
Total	24,3	16,5	16,2	31,0	20,3
En producción	24,3	21,4	18,3	31,6	21,4
En crecimiento	19,0	3,9	-	20,6	11,5

Precipitaciones

En el 2021, se registraron precipitaciones superiores a las del año anterior para el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína y La Estación Experimental La Providencia, e inferiores para los campos experimentales Palmar de la Sierra y Palmar de las Corocoras. Estas superaron ampliamente los 1.800 mm, definidos como un nivel óptimo para un cultivo adulto de pal-

ma de aceite, excepto para el Campo Experimental Palmar de la Sierra que, dada su ubicación geográfica y su oferta ambiental, es el encargado de la investigación y generación de oferta tecnológica entorno al manejo integrado del agua (Figura 49).

**Figura 49. Precipitación 2021 en los campos experimentales de Cenipalma. Continúa**

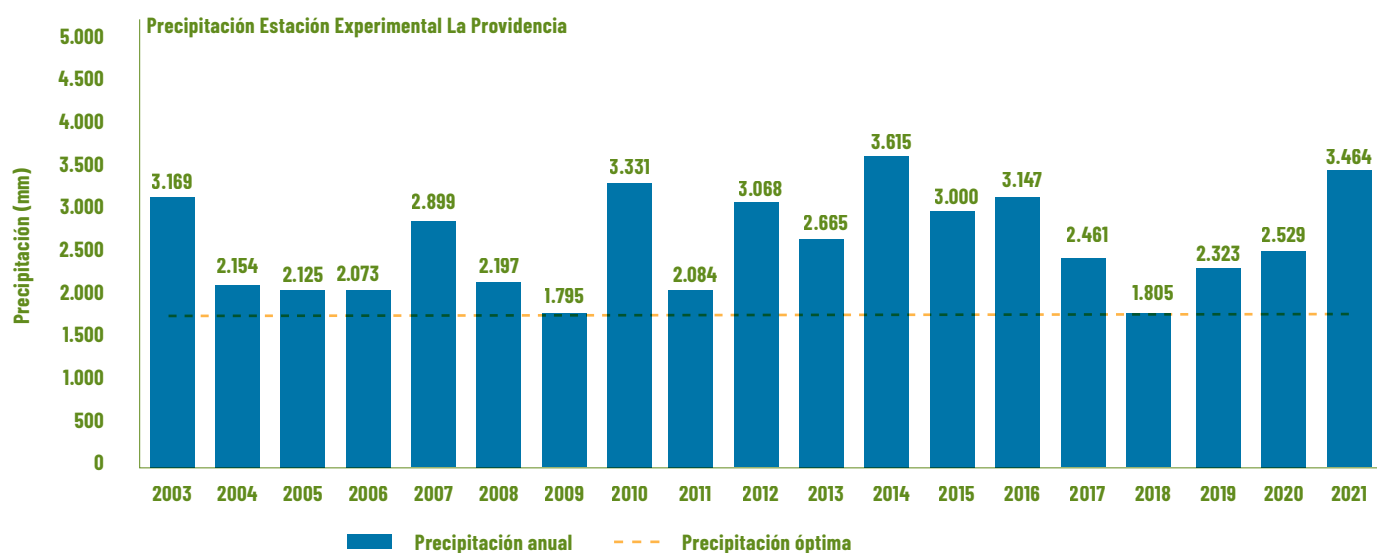
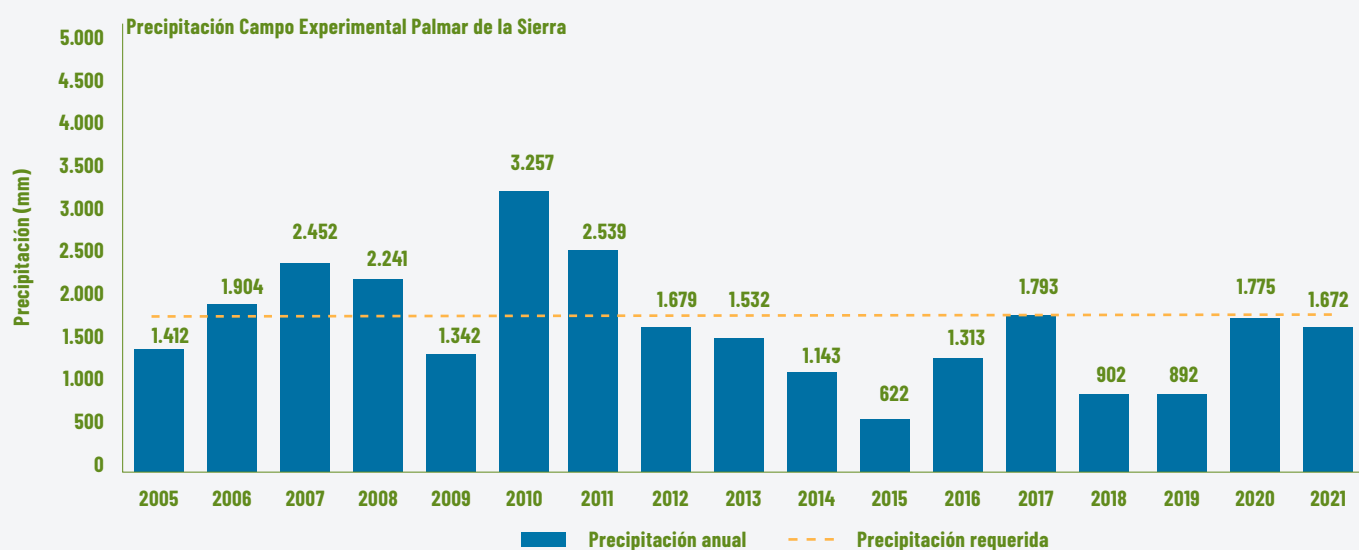
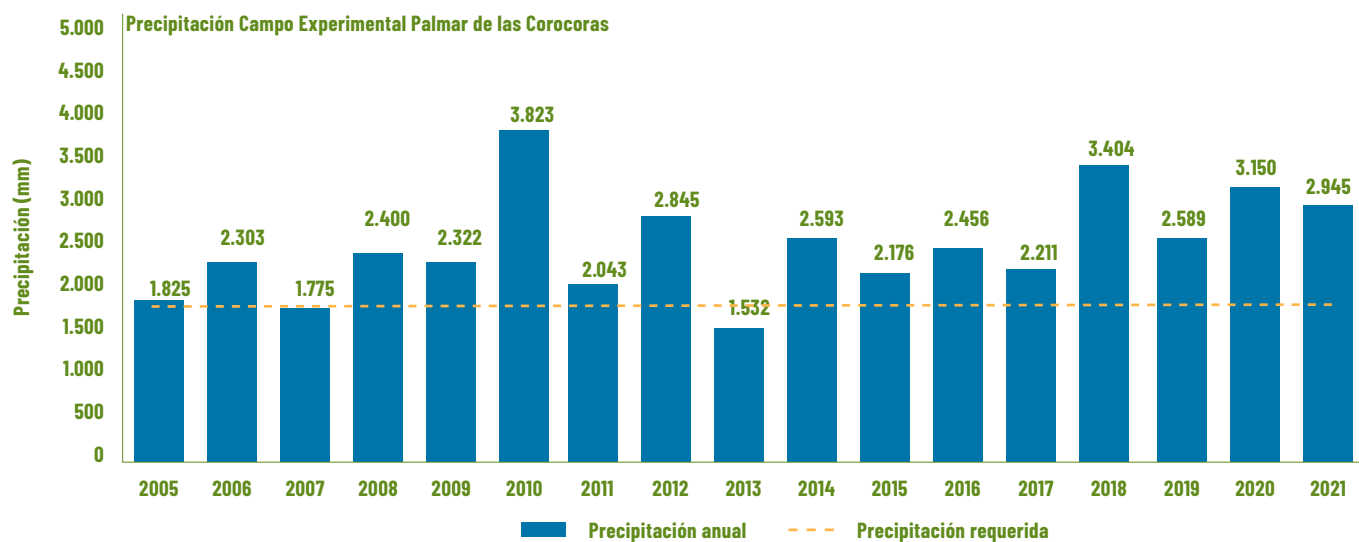


Figura 49. Precipitación 2021 en los campos experimentales de Cenipalma.

Producción

La producción total de racimos de fruta fresca (RFF) para los campos experimentales, alcanzó las 12.196 toneladas en 2021, incrementando en 1.008 t frente al 2020. Esto, dado el aumento de edad de los cultivos y su madurez fisiológica, así como la recuperación de los rendimientos en

la producción de cultivos *Elaeis guineensis*, siembras mayores a 15 años, que habían sufrido algunas mermas debido a condiciones de estrés por déficit hídrico en el CEPV.

Para el CEPC se ven disminuciones modestas, dependiendo del nivel de incidencia de la Pudrición del cogollo (PC), caso contrario a la Estación

Experimental La Providencia, donde los cultivos *Elaeis guineensis* corresponden a clones que se están evaluando bajo las condiciones de alta presión de inóculo. Para el CEPS también se observan incrementos en los rendimientos, demostrando la relevancia de la eficiencia del sistema de riego que esté beneficiando ese cultivar (Figura 50).



Figura 50. Rendimientos de cultivos *E. guineensis* en los campos experimentales de Cenipalma. Continúa

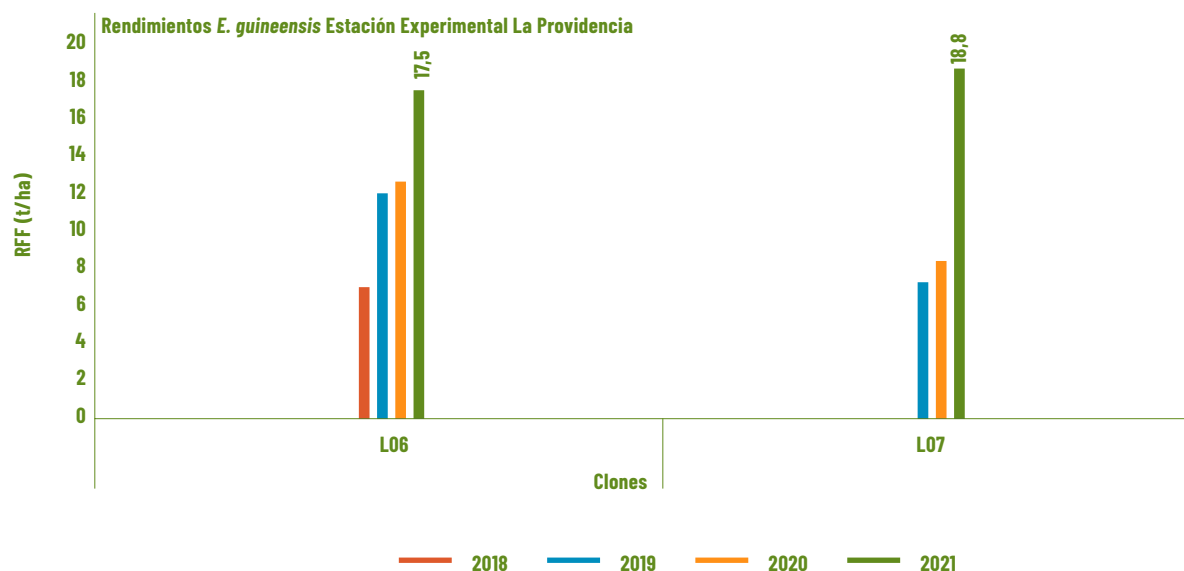
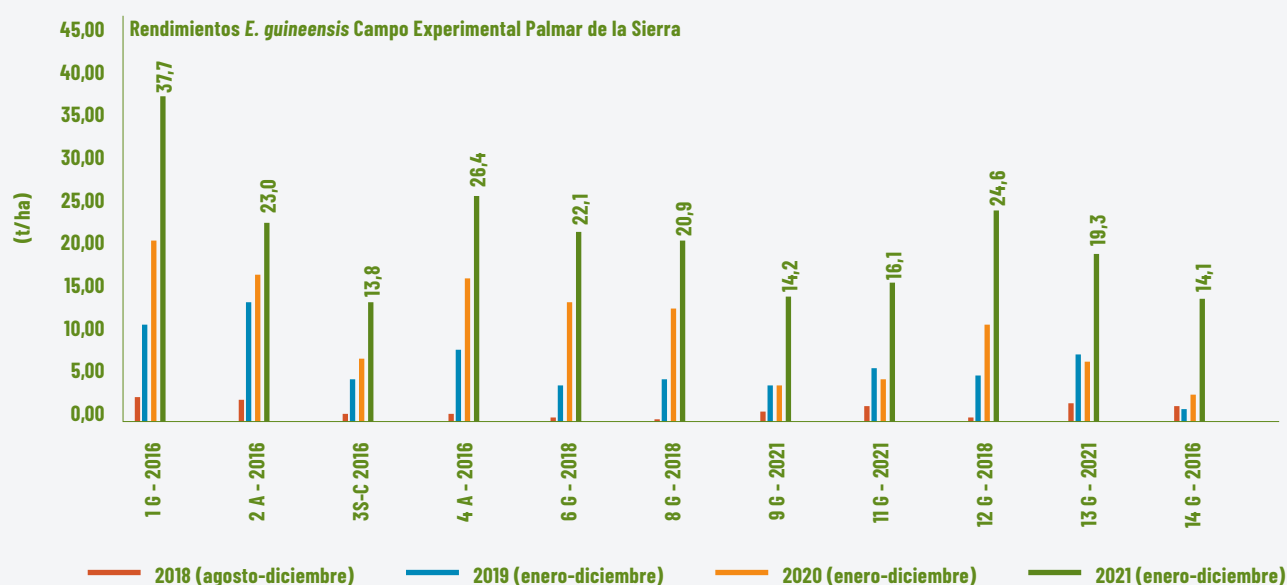


Figura 50. Rendimientos de cultivares *E. guineensis* en los campos experimentales de Cenipalma.

El mismo ejercicio se realizó para los cultivares híbridos interespecíficos OxG, establecidos en los campos experimentales, que corresponden a siembras entre 2011 y 2014 para el CEPV, entre 2011 y 2015 para el CEPC, en 2016 para el CEPS y en 2013 para la Estación Experimental La Providencia. Se observan reducciones importantes en los rendimientos del CEPC con respecto a los años anteriores, mientras para la Estación Experimental La Providencia se mantienen estables. El CEPS presenta aumentos considerables, demostrando el beneficio de sistemas de riego eficientes, y el CEPV rendimientos discretos, debido a limitantes como el déficit hídrico y la defoliación generada por la Pestalotiopsis, que plantea la necesidad de propuestas innovadoras de manejo para dicha problemática en esta zona del país (Figura 51).



Figura 51. Rendimientos de cultivares híbridos OxG en los campos experimentales de Cenipalma.

Manejo integrado del agua

En el CEPS se realiza seguimiento al contenido de humedad del suelo bajo tres condiciones de riego: goteo de alto caudal, aspersión y superficie. Los resultados como indicadores del proceso permiten obtener balances hídricos independientes representados. En riego por aspersión, el déficit hídrico anual acumulado es el menor de los tres métodos aplicados, seguido por el riego por goteo de alto caudal. Ambos representan el 19 % y el 36 % respectivamente, del obtenido mediante riego por superficie (el más alto de todos con 443 mm).

Manejo fitosanitario

En lo que concierne al manejo fitosanitario, la PC es considerada la enfermedad que reviste mayor relevancia en todos los campos experimentales. Durante el 2021, se realizaron las prácticas definidas en el protocolo de manejo de la enfermedad propuesto por Cenipalma: identificación temprana de síntomas de la enfermedad en flechas, remoción oportuna de tejidos afectados y recolección de residuos de

las cirugías enfocado en el plano curativo y la prevención de la dispersión de la enfermedad. Por otra parte, se administraron rondas de protección a las palmas intervenidas y circunvecinas en forma de anillos, franjas o áreas completas. La aplicación en estas últimas, acompañada de la nutrición oportuna del cultivo y el manejo integrado del agua con riego y drenaje adecuados, juega un papel determinante en el comportamiento de la tasa de infección de la enfermedad.

Los campos experimentales Palmar de las Corocoras y Palmar de la Sierra, registraron severos incrementos en la incidencia de la enfermedad. Para el CEPC, en los lotes sembrados con cultivares Angola descendientes de la colección biológica del mismo origen, cruzados por un polen de cultivar susceptible, se observaron valores de incidencia en aumento dada la susceptibilidad o tolerancia de la progenitora. Para el CEPS, se hicieron esfuerzos para bajar la tasa de infección del patógeno, ante una presión de inóculo alta a nivel regional. En la Estación Experimental La Providencia se observó la aparición esporádica de casos de PC en los cultivares híbridos, con buenos niveles de recuperación con los tratamientos. En el

CEPV se reportó una disminución de cerca del 30 % respecto al año anterior, en el número de intervenciones (cirugías) requeridas para el manejo curativo de la enfermedad.

Sostenibilidad

El área de reserva natural del CEPV, es catalogada por la Corporación Autónoma de Santander (CAS), como alternativa para desarrollar la disposición final de fauna silvestre nativa decomisada, aprehendida previamente o restituida de acuerdo con la Resolución 2064 de 2010. Durante el 2021, en este campo experimental fueron liberadas 79 especies de diferentes géneros: 36 boas, un tigrillo, 10 guacamayas, 25 tortugas morrocoy, seis micos y un chavarrí.

En Cenipalma tenemos la firme convicción de que en los territorios donde se siembra la palma de aceite, se pueden adelantar convenios con las instituciones de vigilancia medioambiental, para darle una segunda oportunidad a la fauna silvestre nativa recuperada, en un hábitat protegido y en armonía con el medioambiente. La experiencia en el CEPV lo confirma.

4 Tecnopalma



Tecnopalma

Tecnopalma pone a disposición del sector palmicultor una oferta de productos y servicios, fruto de la investigación de Cenipalma, como: análisis de laboratorio para muestras foliares, de suelos y de aceite; productos para el manejo y control biológico de plagas; regulador de crecimiento para la formación de frutos partenocárpicos, sistemas de información geográfica y trabajos de auditoría, asistencia técnica y capacitaciones para plantaciones y plantas de beneficio (Figura 52).

El 2021, la Gerencia de Innovación y Desarrollo de Productos obtuvo la patente de invención otorgada por la Sociedad de Industria y Comercio, SIC, al Método y sistema automatizado para determinar el potencial industrial de aceite de palma mediante un dispositivo de canal abierto tipo vertedero rectangular, con número de certificación 38998. Esta es fruto de la investigación de la línea de Plantas de procesamiento y valor agregado. La herramienta ya está en el mercado, y puede ser adquirida por cualquier planta de beneficio a través de Tecnopalma.

La prestación de servicios y productos en el cultivo de palma a nivel nacional presentó un incremento en ingresos del 128 %, pasando de \$ 4.079 millones en 2018 a \$ 9.313 millones en 2021. Tecnopalma ofrece precios especiales a los palmicultores colombianos registrados y descuentos adicionales a los afiliados.



Figura 52. Productos y servicios de Tecnopalma.

Con el fin de incrementar la adopción de tecnologías de Cenipalma, se emprendieron varias campañas de difusión en redes sociales, en diferentes eventos y en emisoras de radio, y se produjeron pósters y videos.

Adicionalmente, Tecnopalma participó en el XLIX Congreso Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite

como patrocinador oro, lo que permitió visibilizar la marca y realizar una charla técnica sobre el Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos, LAFS. Igualmente, se intervino en la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite, en el taller Oportunidades para el aceite de palma del alto oleico y en Agroexpofuturo, con el fin de resolver todas las inquietudes del gremio palmero en torno a la prestación de sus servicios.

El Área de Mercadeo desarrolló estudios de *benchmarking* en cada una de las líneas de productos y servicios, disponibles para los palmeros colombianos, con el fin de validar su beneficio en precios y en calidad, comparado con lo que se ofrece en el mercado.

Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos, LAFS

En el 2021, el gran reto asumido por el personal de Tecnopalma LAFS, fue el traslado del laboratorio desde Bogotá hasta el Campo Experimental Palmar de las Corocoras (CEPC) en Paratebueno, atendiendo el plan de descentralización y desarrollo de los campos experimentales. Esto implicó implementar un esquema de mitigación del riesgo, con el que se pudo cumplir con el análisis de las muestras en un 95 %, y con los tiempos de entrega en un 78 %.

Tecnopalma LAFS mejoró sus servicios, mediante la puesta en funcionamiento de un equipo de espectroscopia (ICP), que permitirá ser más ágiles y continuar con la precisión en los resultados de los análisis foliares. Otro logro fue el convenio con Servientrega, para el envío de muestras en forma gratuita, un gran beneficio para los palmicultores.

Se continuó trabajando en el sistema de gestión de la calidad, certificado por el ICONTEC en la norma NTC-ISO 9001:2015, y con los estudios de intercambio y referenciación de resultados a nivel internacional con los programas WEPAL (Wageningen Evaluating Programms for Analytical Laboratories) de Holanda y con el CALS (Control Analítico de Laboratorio de Suelos) de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Adicionalmente, finalizó el desarrollo y la fase de prueba del aplicativo para la solicitud de servicios de análisis y de pago en línea. Este permitirá a los clientes acceder a la cotización de los servicios, visualizar el detalle de los descuentos otorgados por afiliación y por volumen, el cargue de la relación de muestras para análisis y la administración de pedidos.

Bioinsumos

La línea de bioinsumos reportó durante 2021, varios logros que benefician al sector.

- ◆ Aumento en la fecha de vencimiento de la feromona Rhynchophorol C a 18 meses, lo que permitirá una mejor logística en las plantaciones que la utilizan.
- ◆ Ampliación del registro de venta de la feromona Rhynchophorol C a los cultivos de coco y chontaduro, e inicio de las pruebas de campo para el cultivo de caña.
- ◆ Consolidación de una nueva forma de producción de la feromona Rhynchophorol C, que propició un incremento en productividad del 18 % (Figura 53).
- ◆ Se implementó la estrategia de recordación del recambio de la feromona Rhynchophorol C, por medio de un *call center* con llamadas uno a uno.
- ◆ Se obtuvo la certificación ISO 9001 para los procesos de comercializa-

ción de feromonas y del regulador de crecimiento.

- ◆ Se incrementó el número de proveedores del regulador de crecimiento ante el ICA.
- ◆ Se presentó ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA, el primer informe del Plan de Manejo Ambiental del uso del Polinizador Artificial 98 %, lo que permite seguir contando con esta tecnología.

Continúa la búsqueda de un aliado estratégico que nos permita escalar a nivel comercial el cepario de microorganismos de Cenipalma.

Geopalmay Servicios al cultivo

En el 2021, se prestaron varios servicios al cultivo entre los cuales se destacan:

- ◆ Estudio detallado de suelos, que permite describir sus características, clasificarlos taxonómicamente, determinar su variabilidad y representarla geográficamente (en mapas), como insumo principal para el manejo del cultivo. Fue adquirido por cuatro plantaciones que iniciarán la siembra de nuevas áreas.
- ◆ Auditorías a plantaciones con las que se logra una evaluación cuantitativa de cada uno de los componentes de los procesos de manejo agronómico del cultivo, identificando puntos críticos, fallas o vulnerabilidades existentes, para establecer acciones en planes de mejora.

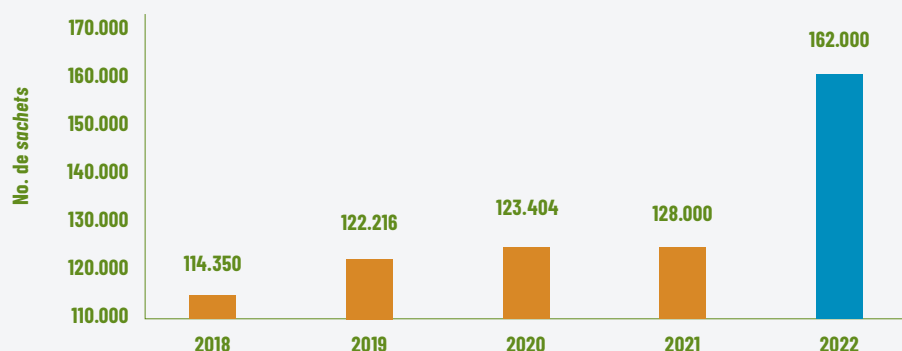


Figura 53. Número de sachets de Rhynchophorol C producidos del 2018 al 2021 y meta de crecimiento para el 2022.

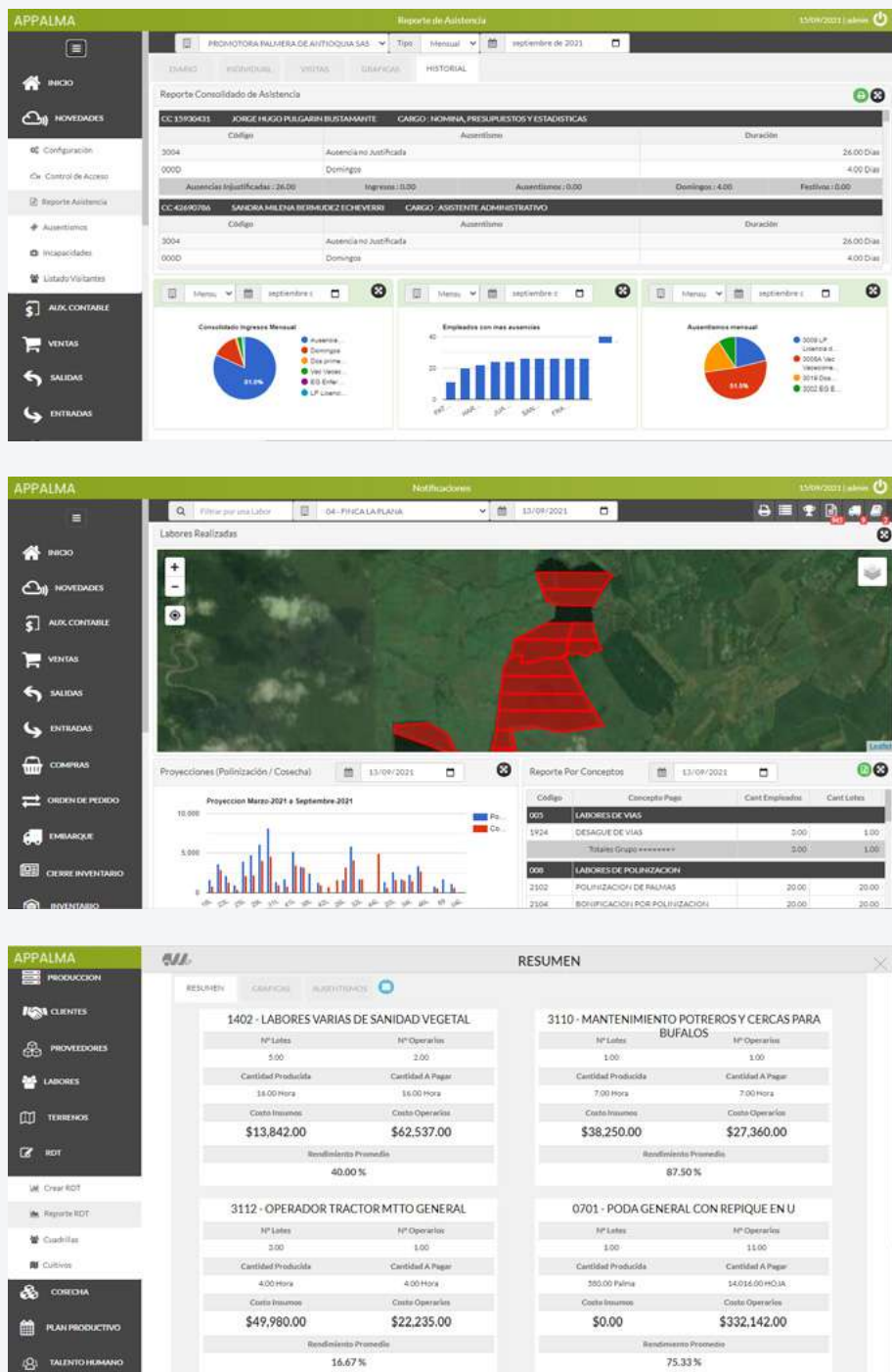


Figura 54. Nueva herramienta para la administración técnica y administrativa de los cultivos de palma de aceite.

◆ Acompañamiento a plantaciones, en el seguimiento al manejo técnico del cultivo, de acuerdo con un proceso de planificación, ejecución, control y evaluación, a través de metas definidas en conjunto con sus equipos técnicos y Cenipalma. Fue adquirido por cinco plantaciones, lo que les permitió aumentar su productividad (Figura 54).

Este año se dimensionó y preparó la estrategia del Laboratorio de Clonación, que prestará el servicio de entrega de clones con resistencia moderada a la PC a partir del 2022.



5 Unidad de Servicios Compartidos



Unidad de Servicios Compartidos

Durante el 2021, la Unidad de Servicios Compartidos brindó apoyo administrativo y financiero a sus clientes internos y externos, incorporando análisis y rediseños de procesos, con el fin de lograr eficiencias y ahorros en su gestión.

5.1. Infraestructura

En desarrollo del Plan Maestro, se continuó consolidando la infraestructura física de los campos experimentales, para apoyar el objetivo misional de Cenipalma.

En el 2021 se logró:

- ◆ Puesta en marcha y funcionamiento de los Laboratorios del Campo Experimental Palmar de las Corocoras, con el traslado exitoso del LAFS.
- ◆ Diseños técnicos, contratación de la construcción y dotación del proyecto de ampliación del módulo administrativo en el Campo Experimental Palmar de la Vizcaína.
- ◆ Estudios y diseños técnicos del módulo de servicio al cultivo y portería del Campo Experimental Palmar de la Vizcaína.
- ◆ Mejoramiento de la vía de acceso a la sede principal del Campo Experimental Palmar de la Sierra.

- ◆ Adecuación y ampliación de los laboratorios en el Campo Experimental Palmar de la Sierra.
- ◆ Acondicionamiento de oficinas, remodelación de baños y mejoramiento de cubiertas en la sede de Tumaco.

5.2. Gestión financiera

Fedepalma y Cenipalma contaron durante el 2021, con información financiera oportuna y de calidad para la toma de decisiones. En este año, se destacan las mejoras al proceso de programación presupuestal, mediante la estructuración de una herramienta tecnológica que permite la captura de información en tiempo real, brindando reportes oportunos y de calidad como soporte para la aprobación del presupuesto anual.

Adicionalmente, se cumplió con todos los requerimientos exigidos por los entes de control y organismos gubernamentales, con la debida generación y entrega de informes. Se atendió la auditoría de cumplimiento de la Contraloría General de la República a los Fondos Parafiscales Palmeros, vigencia 2020, cuyo reporte final resalta el cumplimiento de todos los aspectos significativos evaluados, y el grado de madurez del sistema de control interno, gene-

rando un concepto sin reservas para ambos Fondos.

Así mismo, la Revisoría Fiscal adelantó la evaluación de los estados financieros de Fedepalma, Cenipalma y los Fondos Parafiscales Palmeros, conceptuando satisfactoriamente sobre los mismos, bajo los estándares internacionales y las normas emitidas por la Contaduría General de la Nación.

Por último, se actualizó el sistema de información SIFF, que apoya la gestión de los Fondos Parafiscales Palmeros, optimizando la captura de la información y validación, y se incorporó el módulo que permite el cargue de los soportes que demuestran las compensaciones.

5.3. Servicios administrativos y adquisición de bienes y servicios

Como parte del proceso de consolidación del modelo integral de gestión para el manejo eficiente de los activos fijos de la Federación, se adelantó el levantamiento y actualización de su inventario físico en todas las sedes a nivel nacional. Este es un insumo fundamental para la elaboración del presupuesto anual, y para garantizar el adecuado control y custodia de los activos fijos de la Federación.



En el 2021 se obtuvieron ahorros por \$ 337 millones, lo que significó un incremento del 44 % frente a los del 2020. De igual forma, se cerró la negociación de las 42 toneladas de ácido naftalenacético (ANA) requerido para 2022, obteniendo una disminución del 6,37 % frente a la última compra, equivalente a USD 54.180, logrando mejorar las condiciones comerciales.

5.4. Gestión humana

La Federación realizó la medición del ambiente laboral con la firma Great Place to Work®, mediante una encuesta que contó con la intervención activa de todos los colaboradores; para Cenipalma la participación alcanzó el 92,6 %.

La medición tiene como objetivo conocer el avance del ambiente laboral como una ventaja competitiva, identificando los mayores logros y oportunidades de mejoramiento, y a partir de ese entendimiento determinar los ejes del plan de acción.

Como resultado, Great Place to Work® certificó por segunda vez consecutiva que el ambiente laboral en Cenipalma se encuentra en un estado muy satisfactorio, lo que hace que la Corporación y Fedepalma, que también fue certificada, sean reconocidas como empleadores atractivos en el mercado, ya que cuentan con políticas y prácticas que generan confianza y compromiso, y contribuyen al bienestar de sus colaboradores para hacer de Colombia un mejor país.

5.5. Tecnología informática

Continuó destacándose la correcta y eficiente gestión de la infraestructura tecnológica de la Federación, que se fortaleció garantizando de manera permanente la estrategia de trabajo remoto para todos los colaboradores, como parte de la operación diaria; esto sin descuidar el servicio y funcionamiento tecnológico de nuestros sistemas de información en todas las sedes. Como parte de la estrategia de mejora permanente, se ampliaron de nuevo los canales de internet, tanto de la sede corporativa como de los campos experimentales, optimizando la experiencia del usuario en cuanto a la velocidad de navegación y a la respuesta de las páginas y servicios web (sistemas, correo electrónico, videoconferencias, *streaming*, Office 365, etc.).

5.6. Seguridad

La Federación ha estructurado y desarrollado el trabajo de seguridad en las dimensiones organizacional y sectorial.

Seguridad en lo organizacional

- ◆ Se actualizaron los estudios de seguridad de la sede corporativa, LAFS, CEPC y CEPS. Este esfuerzo permitió asesorar las medidas pasivas en las instalaciones del LAFS, en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras.
- ◆ Se generó el contenido del curso virtual de autoprotección, dirigido a los colaboradores de la Federación.

Seguridad en lo sectorial

- ◆ Se actualizaron los documentos de análisis con la variable seguridad en las zonas palmeras, insumo que permite tener un oportuno y mejor relacionamiento con las autoridades civiles y la fuerza pública, en apoyo a los agremiados en cada una de las zonas palmeras.
- ◆ Se realizó seguimiento a la situación de seguridad en las zonas palmeras, haciendo un registro de la información relacionada con el área de seguridad y acciones que impactan los municipios palmicultores.
- ◆ En coordinación con la Oficina Jurídica y el Área Ambiental, se estructuraron y se presentaron denuncias ante las autoridades competentes, dando a conocer áreas y actividades de deforestación en zonas protegidas.
- ◆ Se estructuró el sistema de seguimiento a situaciones especiales de orden social y de seguridad, con el fin de recolectar información en zonas palmeras, lo que permitió la priorización de acciones de coordinación con las autoridades.
- ◆ Se continuó con la participación en el frente de seguridad empresarial de la Policía Nacional, en el que la Federación se consolidó como un actor de primer orden. Este es un importante escenario de comunicación para el apoyo a la gestión de seguridad, tanto gremial como organizacional.

6 Informe Financiero





Gestión financiera 2021

Cenipalma continuó trabajando con los palmicultores, brindando los servicios que el sector requiere, para aportar a la sanidad, productividad y sostenibilidad de la agroindustria por medio de la investigación, generación de insumos y guías para la implementación de mejores prácticas.

Sus estados financieros son evaluados, auditados y aprobados por las siguientes instancias de control:

◆ **Dictaminados por Crowe Co S.A.S. en calidad de Revisor Fiscal.**

◆ **Aprobados por la Junta Directiva.**

Cenipalma cuenta con un sistema de gestión integral de riesgos y de control interno, que garantiza un adecuado seguimiento y monitoreo en la generación y consolidación de la información financiera, con estándares de calidad y oportunidad. Permitiendo, además, contar con la capacidad instalada para el desarrollo de proyectos financiados con recursos recibidos en administración, provenientes de entidades diferentes al Fondo de Fomento Palmero, que permiten realizar investigaciones y transferencia de tecnología en el sector. Los convenios que originaron estos ingresos se contabilizaron en el estado de resultados integrales bajo la denominación de subvenciones.

A continuación, se resumen los aspectos financieros más relevantes ocurridos en el 2021, los cuales permitieron alcanzar la situación robusta, estable y sólida que actualmente presenta Cenipalma.

La Corporación obtuvo excedentes por \$ 5.185 millones en 2021, cifra muy superior a los \$ 1.241 millones logrados en el 2020, lo que refleja un incremento del 318 %, es decir \$ 3.943 millones. Esto permitió fortalecer el Fondo Social y, por tanto, su capacidad para adelantar actividades en programas y proyectos meritorios de interés general para los palmicultores.

La situación financiera le permitió cumplir con sus obligaciones corrientes de manera adecuada. Dentro del análisis, es importante tener en cuenta que, a pesar de contar con capital de trabajo negativo y razón corriente menor a uno, tiene la liquidez para responder a sus compromisos. Lo anterior se explica en la dinámica contable de registro en los pasivos corrientes, de los ingresos recibidos de otras entidades para el desarrollo de programas de investigación, pasivos que contrario a convertirse en salida de recursos de Cenipalma para extinguir obligaciones, se constituyen en ingresos en el corto plazo, en la medida en que se ejecutan los proyectos, sin afectar su flujo de efectivo.

Previas las consideraciones planteadas para su análisis, a continuación se presentan los indicadores financieros al cierre del 2021.



Estado de resultados integrales

Los ingresos ordinarios de Cenipalma, crecieron en \$ 17.047 millones al pasar de \$ 46.276 millones en 2020 a \$ 63.323 millones en 2021, con un aumento del 37 %. Por su parte, los costos de ventas de fruto de palma, y los servicios y bienes comercializados por la división de Tecnopalma por \$ 9.579 millones, se incrementaron en \$ 3.069 millones (47 %). Esto, debido a la entrada de lotes en producción y mayor producción del polinizador ANA, respectivamente.

Se generaron egresos operacionales por \$ 48.438 millones, aumentando en \$ 10.159 millones (27 %) en relación con el 2020, principalmente por la inversión en proyectos financiados por el Fondo de Fomento Palmero. La diferencia entre ingresos y egresos operacionales generó un excedente de \$ 5.306 millones, cifra superior en \$ 3.818 millones a la obtenida el año anterior.

Los otros egresos por \$ 90 millones corresponden principalmente a impuestos asumidos \$ 47 millones, retiro de activos fijos e inventario por obsolescencia \$ 29 millones y a otros gastos por \$ 14 millones. A su vez, los otros ingresos por \$ 164 millones, están constituidos por arrendamientos \$ 38 millones, recuperaciones \$ 93 millones y diversos \$ 33 millones.

Los gastos financieros por \$ 273 millones, fueron inferiores en \$ 77 millones al 2020 (22 %), de los que se destacan los intereses de los créditos otorgados por Bancolombia y Banco de Bogotá por valor de \$ 217 millones, y los gastos bancarios, comisiones y otros intereses por \$ 56 millones, para la financiación de las operaciones de cultivos y Tecnopalma.

Los ingresos financieros por \$ 77 millones, proceden de los rendimientos de la fiducia en Bancolombia y cuentas de ahorro, cifra superior en \$ 43 millones a la registrada en 2020.

El resultado entre ingresos y gastos financieros generó un déficit de \$ 196 millones, cifra inferior en \$ 121 millones (38 %) a la de 2020.

Estado de resultados Expresado en millones de pesos		
Rubros	2021	2020
Ingresos ordinarios	63.323	46.276
Costo de ventas	9.579	6.509
Gastos de operación	48.438	38.279
Excedente operacional	5.306	1.488
Otros gastos	90	104
Otros ingresos	164	174
Excedente no operacional	5.380	1.558
Costos financieros (Ingresos), neto	196	317
Excedente del ejercicio	5.185	1.241

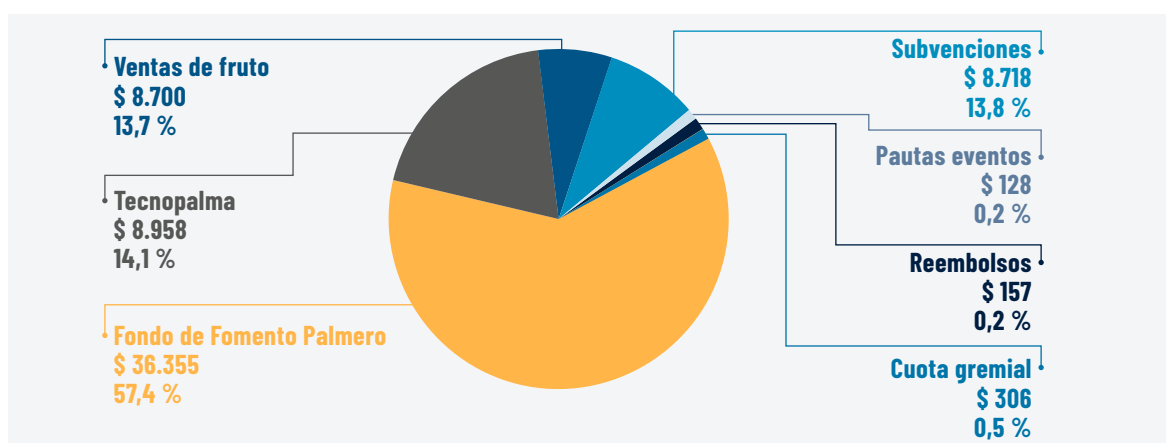
Composición de los ingresos al 31 de diciembre de 2021

Los ingresos ordinarios de Cenipalma están compuestos principalmente por:

- ◆ Recursos asignados por el Fondo de Fomento Palmero para la ejecución de proyectos de investigación y extensión por \$ 36.355 millones, superiores en \$ 4.343 millones (14 %) respecto de lo asignado en 2020, debido a la mayor inversión en programas de interés sectorial, junto con la reactivación de actividades propias de la operación, que por la emergencia sanitaria se habían reducido.
- ◆ Ventas de Tecnopalma por \$ 8.958 millones, \$ 2.872 millones (48 %) más en comparación con 2020, principalmente por el aumento en las ventas del polinizador ANA.
- ◆ Ventas de fruto de palma de aceite por \$ 8.700 millones, superiores en \$ 3.823 millones (78 %) con relación a los \$ 4.877 del 2020. Estas presentaron la siguiente distribución: Campo Experimental Palmar de la Vizcaína \$ 4.192 millones, Campo Experimental Palmar de las Corocoras \$ 2.617 millones, Campo Experimental Palmar de la Sierra \$ 1.209 millones y Estación Experimental La Providencia de la Zona Suroccidental \$ 682 millones.
- ◆ Las subvenciones y otros financiadores por \$ 8.718 millones en 2021, aumentaron en \$ 5.988 millones debido a los aportes recibidos por entidades públicas y privadas, destacando a la Gobernación del Cesar y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, para ejecutar los diferentes convenios. Este concepto presentó un incremento de 219 % con relación al 2020.

Los otros ingresos obtenidos ascienden a \$ 592 millones, \$ 20 millones más que en 2020, que correspondieron a cuota gremial (\$ 306 millones), pautas publicitarias y stands para la XVII Reunión Técnica Anual (\$ 128 millones) y reembolsos (\$ 158 millones).

A continuación, se presenta el desagregado de los ingresos al cierre del 2021.



Estado de situación financiera

Activo

Al 31 de diciembre de 2021, los activos ascendieron a \$ 41.784 millones, incrementando un 18 % respecto del valor registrado al finalizar 2020 (\$ 35.544 millones.) Su composición se resume a continuación.

Activo corriente por \$ 13.158 millones, con una participación del 31 % en el total, aumentando 66 %, es decir \$ 5.242 millones frente a los \$ 7.915 millones registrados en 2020. Dentro de este grupo de cuentas se incluyen:

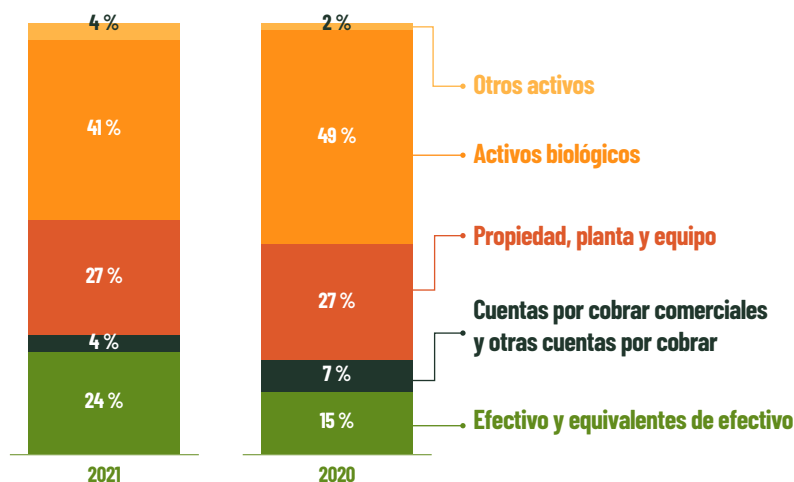
- ◆ El efectivo y equivalentes de efectivo por \$ 9.963 millones, con una participación en los activos del 24 % y un aumento del 88 %, es decir, \$ 4.666 millones respecto al 2020, recursos generados por el desembolso de la Gobernación del Cesar - SGR para la ejecución del Contrato No. 2019 02 1363, y recaudo de cartera por ventas de Tecnopalma y de fruto, recibidas al cierre del año.
- ◆ Cuentas por cobrar comerciales y otras cuentas por cobrar por \$ 1.554 millones, con una participación en los activos del 4 %. Presentan una disminución de \$ 408 millones frente al 2020, es decir del 21 %, debido a la optimización en los procesos de recaudo.
- ◆ Los inventarios del Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos y de Bioproductos, registraron un saldo por \$ 1.616 millones, con una participación en los activos del 4 %, y un incremento de \$ 979 millones, es decir, el 154 % con respecto al año anterior. Esto como consecuencia de la alta comercialización del polinizador ANA.

Activo no corriente por \$ 28.626 millones, con una participación del 69 % en el total. Este rubro se incrementó en \$ 997 millones, 4 % en comparación con el 2020. Dentro de este grupo se destacan:

- ◆ Propiedad, planta y equipo por \$ 11.122 millones, 27 % del total y un aumento \$ 1.540 millones (16 %) con respecto a lo registrado en el 2020, especialmente por la compra de equipos científicos y de cómputo.
- ◆ Activos biológicos por \$ 16.967 millones, 41 % del total, rubro que disminuyó en \$ 479 millones en comparación con 2020, debido a la amortización de estos.

Composición del activo

A continuación se presenta la estructura del activo, así como su evolución en el periodo 2020 y 2021.





Pasivo

El pasivo consolidado ascendió a \$ 18.656 millones, con un incremento de \$ 1.055 millones frente al año anterior. Dentro de las obligaciones se destacan:

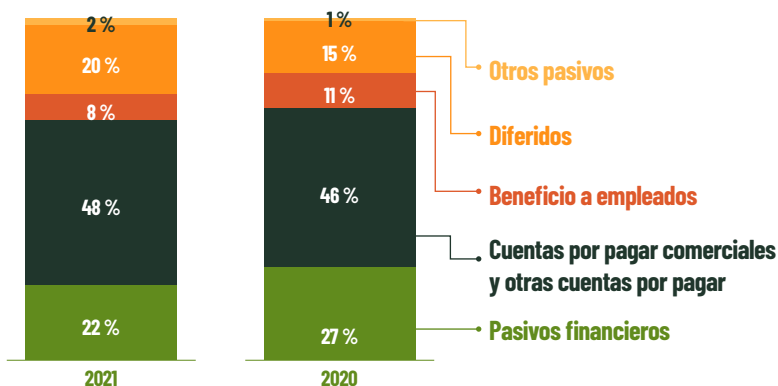
Pasivos corrientes que representan un 84 % del total, por \$ 15.744 millones, concepto que aumentó en un 14 % (\$ 1.885 millones) con respecto al 2020, discriminado en:

- ◆ Obligaciones financieras por \$ 1.202 millones, 8 % del total y un aumento de \$ 239 millones, es decir el 25 % en comparación a lo registrado en el año anterior. De estos, \$ 897 millones corresponden a la porción corriente que se amortiza en el 2022 por los préstamos otorgados por Bancolombia y Banco de Bogotá, para financiar cultivos, muebles, equipos de laboratorio y compra del regulador de crecimiento; saldo por pagar de tarjetas de crédito corporativas e intereses de los préstamos.
- ◆ Cuentas por pagar comerciales y otras cuentas por pagar, que incluyen compras de activos e insumos para los proyectos de investigación, cultivos y laboratorios por \$ 8.925 millones (48 % del total), con un incremento de \$ 860 millones, es decir, el 11 % con respecto al saldo de 2020.
- ◆ Pasivos por impuestos corrientes por \$ 128 millones, correspondientes al IVA e ICA del sexto bimestre de 2021.
- ◆ Beneficios a empleados por \$ 1.556 millones que representan el 8 % del total, rubro que disminuyó \$ 424 millones, un 21 % frente al saldo de 2020. Comprende el saldo de las prestaciones sociales consolidadas, aportes a la seguridad social en salud, pensión y parafiscales.
- ◆ Otros pasivos no financieros por \$ 3.934 millones, que representan el 21 %. Esta cuenta aumentó \$ 1.159 millones, 42 % con respecto al saldo del año anterior, debido a mayores recursos recibidos de otros financiadores para proyectos de investigación que desarrolla Cenipalma.

Pasivos no corrientes por \$ 2.911 millones (16 % del total), con una disminución de \$ 829 millones, es decir el 22 % con relación al saldo de 2020. Corresponde a las obligaciones financieras cuyo vencimiento es superior a un año.

Composición del pasivo

A continuación se presenta la estructura del pasivo, así como su evolución en el periodo 2020 y 2021.



Patrimonio

El patrimonio de Cenipalma al cierre del 2021, ascendió a \$ 23.128 millones, cifra que presentó un crecimiento del 29 % con respecto a la registrada en 2020. Está compuesto por el Fondo Social para el Desarrollo Institucional, que tiene como objetivo constituir y mantener reservas patrimoniales orientadas a financiar proyectos de inversión en infraestructura física, adquisición y reposición de activos, y propender por el mantenimiento de la ejecución de programas y proyectos de investigación científica, divulgación y promoción de tecnologías, actividades meritorias propias del objeto social de la Entidad en beneficio del sector palmicultor colombiano, con un valor de \$ 17.944 millones más el resultado del ejercicio por \$ 5.185 millones.

Estado de situación financiera Expresado en millones de pesos		
Activo	2021	2020
Activo corriente	13.158	7.915
Activo no corriente	28.626	27.629
Total activo	41.784	35.544
Pasivo		
Pasivo corriente	15.744	13.860
Pasivo no corriente	2.911	3.741
Total pasivo	18.656	17.600
Fondo social		
Fondo para desarrollo institucional	17.944	16.702
Resultado del ejercicio	5.185	1.241
Total fondo social	23.128	17.944
Total pasivo y fondo social	41.784	35.544

Ejecución presupuestal

El presupuesto de ingresos aprobado por la Junta Directiva de Cenipalma para 2021, fue de \$ 67.415 millones. Los ingresos se ejecutaron en el 94 % (\$ 63.564 millones). Dentro de su estructura, la mayor fuente de financiación fue la asignación del Fondo de Fomento Palmero por \$ 39.093 millones, que se ejecutó en 93 % (\$ 36.355 millones).

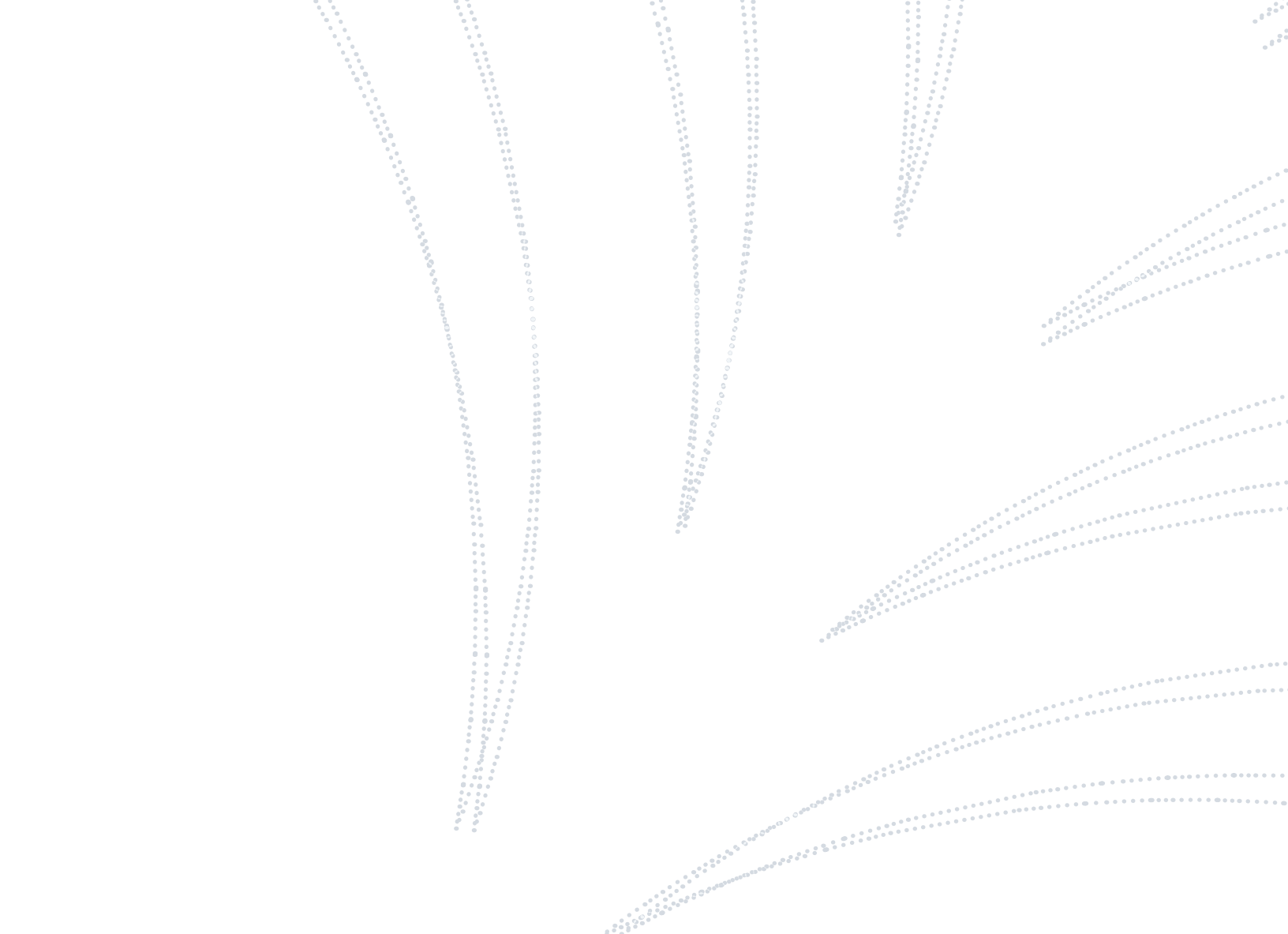
Dentro de los otros ingresos, los porcentajes de ejecución presupuestal fueron: venta de bioproductos, servicios técnicos y otros 89 %; ventas de fruto de palma 149 % y subvenciones 76 %.

La ejecución de los egresos totalizó \$ 58.380 millones, 87 % de lo presupuestado (\$ 67.130 millones).



Ejecución presupuestal 2021 Expresado en millones de pesos			
	Ejecución 2021	Presupuesto ajustado 2021	% de ejecución
INGRESOS			
Asignación FFP	36.355	39.093	93 %
Venta de servicios	8.958	10.052	89 %
Venta de fruto	8.700	5.853	149 %
Eventos y publicaciones	128	163	79 %
Cuota gremial	306	311	98 %
Reembolsos	157	385	41 %
Subvenciones y otros financiadores	8.718	11.544	76 %
INGRESOS DE ACTIVIDADES ORDINARIAS	63.323	67.402	94 %
EGRESOS			
Gastos de personal	24.324	27.817	87 %
Honorarios	15.625	18.321	85 %
Impuestos	504	508	99 %
Arrendamientos	1.625	1.640	99 %
Contribuciones y afiliaciones	222	274	81 %
Seguros	153	176	87 %
Mantenimiento y reparaciones	918	1.265	73 %
Gastos de viaje	1.282	2.304	56 %
Depreciaciones	1.239	1.245	99 %
Materiales e insumos	1.372	4.434	31 %
Diversos	1.161	1.319	88 %
Agotamiento	13	0	N/A
Costo de ventas Tecnopalma	3.092	3.100	100 %
Costo de ventas cultivo (*)	6.487	4.403	147 %
TOTAL EGRESOS DE OPERACIÓN	58.017	66.805	87 %
RESULTADO OPERACIONAL	5.306	597	888 %
INGRESOS Y EGRESOS NO OPERACIONALES			
Ingresos no operacionales	241	13	1.816 %
Gastos no operacionales	363	325	112 %
RESULTADO NO OPERACIONAL	(121)	(312)	39 %
RESULTADO DEL EJERCICIO	5.185	285	1.818 %

*Incluye costos de vigencias de años anteriores



Coordinación editorial Yolanda Moreno

Diseño y diagramación Ximena Díaz Ortiz

Fotografías Archivo Fedepalma

Mayo 2022
Bogotá D.C., Colombia

Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma

Calle 98 # 70-91, piso 14. PBX: (57+601) 313 8600

Bogotá D.C.

www.cenipalma.org

Síguenos en:

