

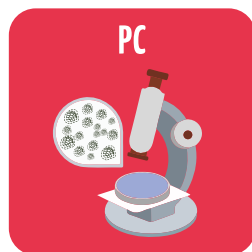


Resultados por Línea de Investigación y Extensión

Resultados de Investigación y Extensión

El constante cambio y la ventaja que se obtiene al utilizar la gestión de la información y el conocimiento, son algunos de los aspectos relevantes para mejorar la productividad y competitividad del sector palmero, mediante la innovación y la adopción de tecnologías para una agricultura comprometida con el entorno y con sentido humano. Es así como el enfoque de trabajo articulado de Cenipalma por Líneas Estratégicas de Investigación y Extensión, soporta la generación de conocimiento y brinda elementos, actividades, procesos y análisis que constituyen la base de la competitividad.

A continuación, mostraremos los resultados más relevantes por líneas estratégicas, interdisciplinarias e interáreas. Los detalles de la ejecución técnica y financiera por proyectos, pueden ser consultados en el Informe de Labores de los Fondos Parafiscales Palmeros 2022.



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

Su principal objetivo se centra en “Superar la problemática fitosanitaria asociada a la Pudrición del cogollo en Colombia”. En 2022, las acciones de investigación y extensión de esta línea estuvieron encaminadas a la búsqueda de soluciones tecnológicas, y a la gestión e implementación de acuerdos gubernamentales que contribuyeron a mejorar la adopción de estrategias de manejo integrado, así como la prevención y mitigación de los principales riesgos fitosanitarios, de acuerdo con el enfoque en los productos principales.



2.1.1. Sistema integrativo de gestión fitosanitaria

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

Durante el 2022, el Programa de Manejo Fitosanitario (PMFs) de la Dirección de Extensión, continuó con la planificación y ejecución de los convenios regionales en las zonas Norte y Central, que tienen como objetivo fortalecer el sistema fitosanitario unificado a fin de contener, mitigar las problemáticas y evitar afectaciones negativas en la productividad, calidad y rentabilidad del cultivo de palma de aceite en Colombia. Esto, gracias a la articulación efectiva entre las instancias empresariales, la Federación y las entidades públicas y privadas.

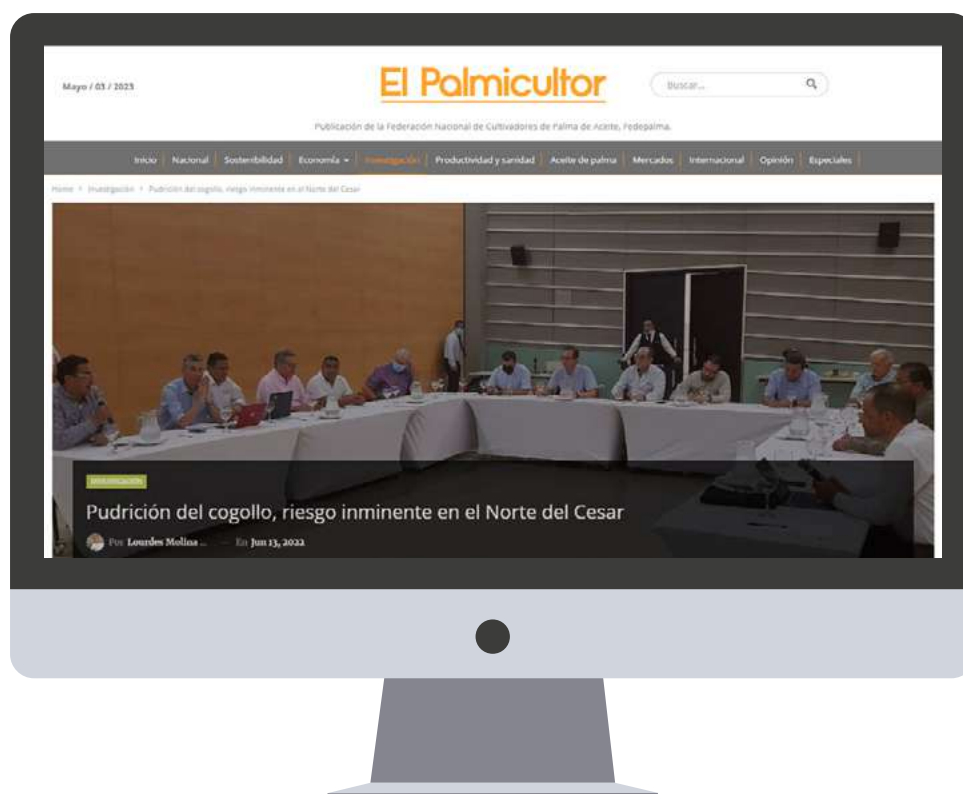
Comité de Gerentes para Asuntos Fitosanitarios en el Norte del Cesar, realizado en junio de 2022. Consulte el artículo completo en <https://elpalmicultor.fedepalma.org/pudricion-del-cogollo-riesgo-inminente-para-norte-del-cesar/>

Zona Norte

Se mantuvo el Convenio de colaboración empresarial y administración de recursos n.º 013/21, celebrado con las empresas Palmeras de la Costa S.A., Extractora y Palmas Sicarare S.A.S., Palmas Oleaginosas de Casacara Ltda., Palmagro S.A. y Palmas Oleaginosas del Ariguani S.A., con cobertura en el Departamento del Cesar.

Una de las principales acciones es consolidar y analizar la información fitosanitaria de las empresas participantes, donde las enfermedades más comunes son: Pudrición del cogollo (146.472 casos), Pudrición seca del estípite (43.292), Pudrición húmeda del estípite (1.408 c), Pudrición basal del estípite (2.607) y Anillo rojo – hoja corta (2.530).

Además, se adelanta la actualización del Sistema de Información Geográfica, se conciertan principios básicos de manejo fitosanitario, y se realizan verificaciones y auditorías cruzadas fitosanitarias, brigadas y acciones propias de la campaña de comunicación del riesgo.





Zona Central

Desde el 2017, la Zona Central cuenta con el Convenio n.º 031 de colaboración empresarial entre Cenipalma y palmicultores de la zona. El 2022 cerró con 17 núcleos vinculados (tres nuevos). Esta alianza se ha enfocado en fortalecer anualmente la gestión y planes de trabajo en el marco de la estrategia de contención y mitigación de la Pudrición del cogollo (PC) en Santander, sur del Cesar y sur de Bolívar.

Durante el año, se logró el cubrimiento de 1.956 plantaciones en 183.000 ha de cultivo de palma de aceite, con verificaciones enfocadas en detectar las oportunidades de mejora en el manejo preventivo y curativo de las enfermedades priorizadas en la zona. Se ha evidenciado la contención de la PC en las áreas de protección, con una incidencia actual del 1,3 % en

el sur de Santander (Barrancabermeja, San Vicente de Chucurí y Puerto Parra), 0,9 % en el sur del Cesar y 2,7 % en el sur de Bolívar. Sin embargo, en algunas subzonas se han detectado áreas brote de PC, controladas mediante acciones conjuntas entre los productores, equipos técnicos de núcleos y asociaciones en el entorno del manejo regional. En Santander, los municipios más afectados son Sabana de Torres con una incidencia del 18 % y Rionegro con 3,5 %. Para contenerla, se han organizado grupos veredales con trabajos de sensibilización, seguimiento y acompañamiento en el manejo de la enfermedad.

Se avanzó en el establecimiento de la Red regional de monitoreo y control de *Rhynchophorus palmarum*, con 7.468 trampas instaladas en 1.076 plantaciones, impactando directamente 119.418 ha (Figura 2).

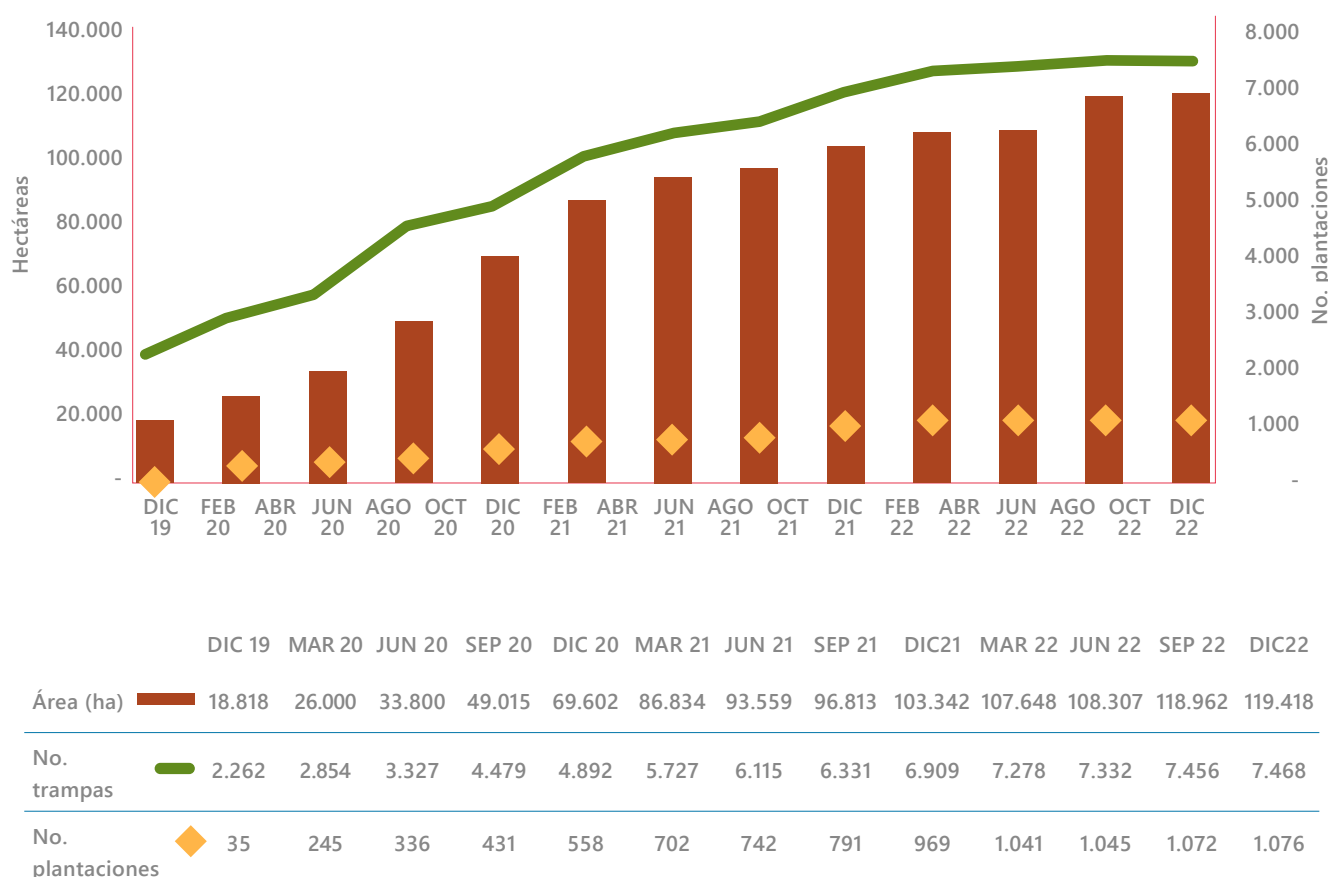


Figura 2. Avance del establecimiento de la Red regional de trampas para el monitoreo y control de *Rhynchophorus palmarum*, en la Zona Central.



Indicadores fitosanitarios para superar la PC (Figura 3)

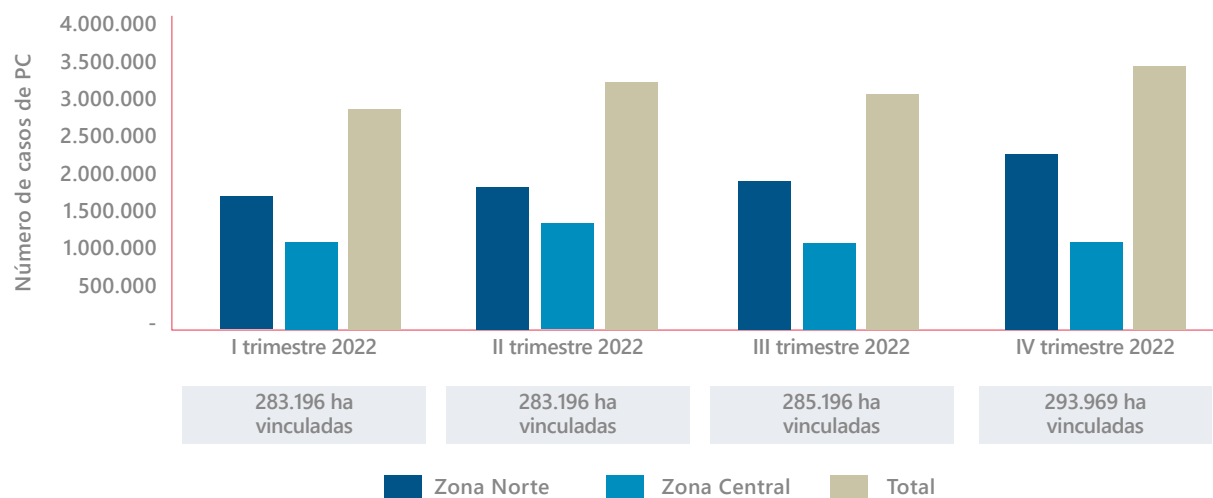


Figura 3. Número de casos de PC/ zona, con datos trimestrales 2022.

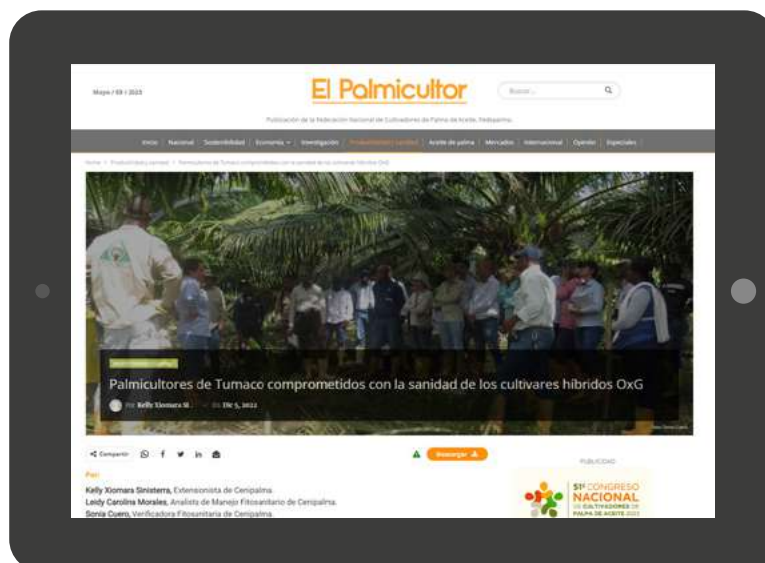
Zona Suroccidental

A través de la articulación con el comité de gerentes de la zona y el agrónomo, y el fortalecimiento de la mesa de PC, se logró construir el Plan de trabajo regional para el manejo de la PC en cultivares híbridos, en el que los cinco núcleos palmeros, de manera organizada, unificaron criterios mínimos para el control y mitigación de esta enfermedad.

Tras el seguimiento a dicho plan, se consolidó la información de PC de los cultivares híbridos interes-

pecíficos OxG en 15.643 ha (equivalentes a más del 70 % del área sembrada en la zona), identificación de áreas foco y aquellas sin manejo de la enfermedad, que fueron priorizadas por los núcleos y Cenipalma, para el fortalecimiento técnico de censadores y productores de pequeña escala, en diagnóstico y manejo de la PC. Es importante resaltar que, a partir de la puesta en marcha del plan, se cuantificó una incidencia del 1,02 para el II semestre del 2022, en el que se identificaron más de 10.347 palmas enfermas y más de 1.500 eliminadas.

Productores de la Zona Suroccidental participantes de actividad de campo dentro del Plan de Manejo Regional para la Pudrición del cogollo (PC). Artículo completo en: <https://elpalmicultor.fedepalma.org/palmicultores-tumaco-hibridos-oxg/>





Plan de eliminación y reactivación económica en zonas de emergencia fitosanitaria

En el marco del Convenio de asociación n.º 20220562 celebrado entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR, y Cenipalma, con el aporte de recursos del MADR por \$ 4.200 millones, y cuyo objeto era “Aunar esfuerzos técni-

cos, 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) en los departamentos de Magdalena, Santander, Bolívar y Cesar”, se logró disminuir la presión del inóculo a través de la eliminación de 215.000 palmas de aceite en áreas brote de la enfermedad (Figura 4).

Convenio de asociación n.º 20220562 celebrado entre la Nación, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR, y la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma

1. Eliminación palmas afectadas por PC



\$ 4.200.000.000

Recursos MADR

\$ 430.000.000

Contrapartida (especie)



100 %

Avance técnico

215.000
Palmas eliminadas

148
Beneficiarios

Impactos de apoyo según escala del productor

63 % Pequeña escala menos de 50 ha
32 % Mediana escala 50-500 ha
5 % Gran escala más de 500 ha

Departamento	n.º beneficiario	n.º palmas
Bolívar	1	2.006
Cesar	7	24.779
Santander	29	41.508
Magdalena	111	146.707

Figura 4. Disminución de la presión del inóculo.

Proyecto de Ley n.º 393 de 2022

En 2022, con el apoyo técnico y sustentación de Cenipalma, el Senado de la República aprobó el Proyecto de Ley n.º 393 de 2022 (Cámara de Representantes 242 de 2021), que busca declarar de interés social nacional y como prioridad sanitaria, la prevención, mitigación, erradicación, contención y renovación de la marchitez de plátano y banano (musáceas), la Huanglongbing (HLB) de los cítricos, y la Pudrición del cogollo y la Marchitez letal en la palma de aceite. Esta ley permitirá tener un marco de generación del sistema integrativo de gestión fitosanitaria en palma de aceite, para aunar de manera contundente los esfuerzos de diferentes actores e instituciones.

2.1.2. Tecnologías para el manejo integral de la PC

Evaluación de estrategias de control químico y biológico de *P. palmivora*

Se avanzó en la evaluación en plántulas de productos químicos para el control de *P. palmivora*, previamente analizados y seleccionados en la fase *in vitro*, con diferentes mecanismos de acción: T1. Síntesis o transporte de lípidos; T2. Inhibidores de la quinasa; T3. Biosíntesis de la pared celular, y T4. Inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos. Como resultado se obtuvo que los tratamientos T3, T1 y T2, presentaron el mayor efecto sobre las lesiones generadas, conte-



niendo el área afectada por debajo de los 40 mm², y mostrando el alto potencial de estos ingredientes activos en comparación con el tratamiento T4 y el testigo, que tuvieron un área de lesiones de 92,29 y 139,61 mm², respectivamente (Figura 5).

Los productos de los tratamientos T3, T1 y T2 continuarán a la fase de evaluación en campo.

En cuanto a las estrategias de control biológico para el manejo de la PC, se evaluaron los extractos crudos de tres antagonistas y su efecto preinocula-

ción y posinoculación: dos de *Trichoderma* sp. Tr9 y Tr4 y uno de la bacteria Bact 1, sobre el desarrollo de la lesión causada por *P. palmivora* en cogollos de cultivares híbridos OxG (Figura 6).

10 días después de la inoculación, se observó que los mayores porcentajes de inhibición se presentaron en T5 con un 51,48 % para la aplicación pre y 44,49 % para la pos, comparado con el testigo. Los demás tratamientos pre estuvieron dentro de un rango del 43,63 al 54,3 % y los pos del 28,27 al 37,61 %.

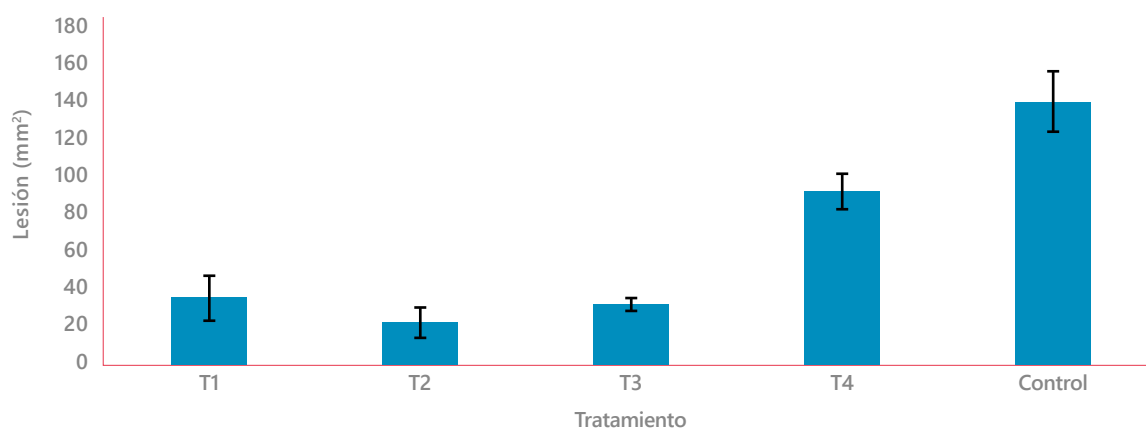


Figura 5. Evaluación de productos químicos, sobre el desarrollo de la lesión causada por *P. palmivora* en plántulas de vivero *E. guineensis*.

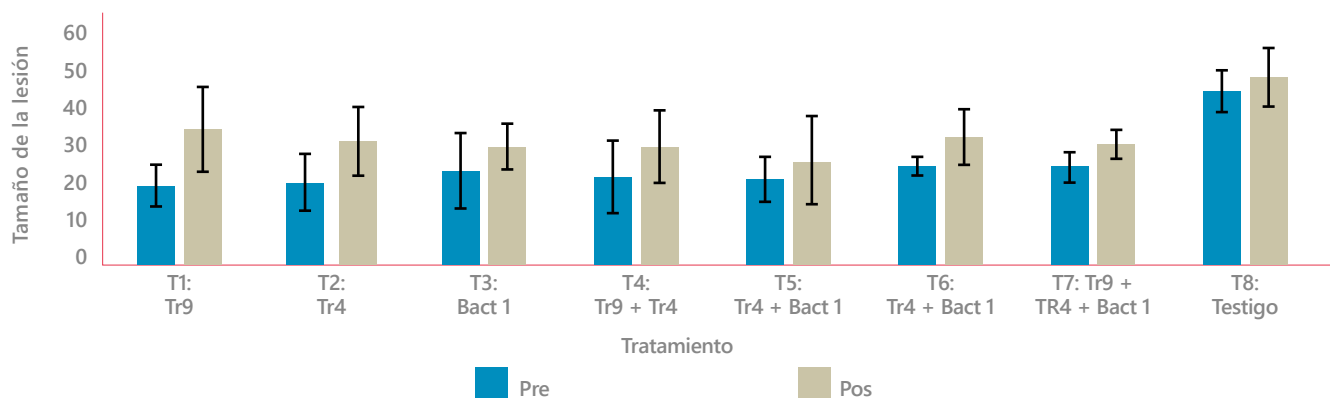


Figura 6. Evaluación de extractos crudos sobre el desarrollo de la lesión causada por *P. palmivora* en cogollos de híbrido.

Avances biotecnológicos

Durante el 2022, se continuó con la tecnología PCR en tiempo real, para la identificación de genes del género *Elaeis* y de *P. palmivora* asociados a la interacción planta-patógeno. Se encontraron genes

encargados de distintas funciones: inhibir las rutas metabólicas del sistema de defensa de las plantas, producir enzimas degradadoras de pared celular en plantas o activar la cascada de señalización de la resistencia a enfermedades y la muerte celular. Se validaron cinco: uno de *P. palmivora* asociado a un



efector citoplasmático, dos a efectores apoplásticos en dos aislamientos de *P. palmivora* y dos de palma vinculados a defensa en un cultivar resistente.

El uso de aislamientos de *P. palmivora* transformados genéticamente para emitir fluorescencia, permitió realizar inoculaciones controladas en nueve genotipos de palma de aceite y visualizar su respuesta a estos. Se observaron cuatro más susceptibles y cinco con una disminución en el área de colonización, en la generación de estructuras reproductivas y estancamiento en el crecimiento del patógeno.

Aspersión dirigida al paquete de flechas por medio de aeronaves remotamente pilotadas en el cultivo de palma de aceite

Desde el Programa de Agronomía se desarrollaron trabajos orientados a la optimización de los procesos, específicamente en la evaluación de un prototipo diseñado para la aspersión dirigida al paquete de flechas para el manejo preventivo de la PC. El prototipo se encuentra en fase de adaptación y ha llegado a tener cubrimientos del 70 %, gracias a una extensión que desplaza la boquilla alrededor de dos metros del equipo y minimiza la deriva de la aspersión. A nivel de costos, aún requiere ajustes en el proceso ya que análisis preliminares arrojan un valor

por palma de \$ 12.896, sin contar el costo del producto asperjado. La siguiente fase abordará la evaluación de la eficiencia de la aplicación.

2.1.3. Cultivares resistentes a la PC

Pruebas de evaluación agronómica (PEA)

El Programa de Biología y Mejoramiento de Cenipalma está generando progenies de *Elaeis guineensis* DxP y material clonal con características agronómicas sobresalientes, que se evalúan bajo el esquema de pruebas de evaluación agronómica (PEA) en diferentes zonas de Colombia, con el objetivo de identificar los cultivares adecuados en cada uno de los ambientes. Además, que respondan a las necesidades del sector por su respuesta a la Pudrición del cogollo (PC). Las progenies para analizar proceden de semilla sexual (de palmas con características promisorias) y material clonal (de palmas sobrevivientes en regiones afectadas por la PC en el país).

Durante la vigencia 2022 se establecieron en las zonas Norte, Central y Oriental, cinco pruebas en vivero y una en campo de PEA n.º 2, correspondiente a material clonal (DxP) con posible resistencia a la PC, y nueve de la PEA n.º 4, que corresponde a cultivares tenera (DxP), también con posible resistencia a la enfermedad (Figura 7).



Figura 7. Estado de las PEA referentes a cultivares con posible resistencia a la PC en las zonas Norte, Central y Oriental, durante 2022.



2.1.4. Campaña de comunicación efectiva del riesgo fitosanitario

Las acciones de comunicación efectiva del riesgo fitosanitario se mantuvieron en el marco de la campaña “De la mano contra la PC”, con el propósito de fortalecer el diálogo abierto con productores, asistentes técnicos, trabajadores y tomadores de decisión, y generar conciencia sobre la importancia de la aplicación de las tecnologías existentes para enfrentar la enfermedad. Dichas acciones fueron reforzadas mediante la ejecución del Convenio n.º 2022562, suscrito entre el MADR y Cenipalma.

En el marco de la divulgación y sensibilización, se destaca la realización del seminario virtual de actualización técnica ICA – Cenipalma titulado Buenas prácticas para la siembra y renovación productiva de palma de aceite, en el que se habló sobre la normatividad ICA vigente para viveros, la clonación como apuesta estratégica dentro del manejo integrado de la PC, *Strategus aloeus* y las claves para el incremento de la productividad en áreas de renovación. Al evento asistieron 310 personas. Las grabaciones están disponibles en el canal de YouTube de Cenipalma. (<https://www.youtube.com/watch?v=-wCfQIWZaNs>)

Utilizando la metodología diseñada por el equipo de Educación y Capacitación de Extensión de

Cenipalma, se realizaron 11 talleres, ocho en la Zona Norte (162 participantes) y tres en la Central (89 participantes).

Se publicaron cuatro ediciones regulares y una especial del periódico PalmaSana y Productiva (<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/ppp/issue/archive>). Además, se desarrollaron 12 tarjetas con códigos QR que vinculan títulos de publicaciones técnicas relacionadas con la PC y aspectos relevantes para su control, alojados en el Centro de Información y Documentación Palmero.

Se adelantó un plan de medios con un total de 1.944 cuñas emitidas por 14 emisoras, en municipios de los departamentos de Magdalena, Santander, Cesar y Bolívar.

Dentro de la estrategia digital, se construyeron parrillas de mensajes para destacar en redes sociales los principios básicos de manejo de la PC. Con más de 100 post sobre temas de sanidad y productividad, en las cuentas de Twitter y LinkedIn, se lograron 11.164 impresiones y 1.058 interacciones. Por otra parte, se publicaron seis videoclips testimoniales sobre el control de la enfermedad y el impacto alcanzado, gracias al apoyo brindado por el Gobierno Nacional en las zonas altamente afectadas.



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

Su objetivo es desarrollar herramientas que ayuden a los palmicultores colombianos a superar la problemática fitosanitaria asociada a la Marchitez letal (ML). Para tal fin, durante 2022 se avanzó en los temas tecnológicos y de gestión fitosanitaria que se explican a continuación.

2.2.1. Tecnología para el diagnóstico temprano

Agente causal de la ML identificado y confirmado

Una vez establecido que *Candidatus Liberibacter* spp. es el agente causal de la ML, y entendiendo que el diagnóstico confiable y oportuno de palmas enfermas es una de las bases fundamentales de cualquier programa de manejo fitosanitario, se avanzó en la estandarización de protocolos de laboratorio, empleando técnicas de biología molecular para su identificación en tejido vegetal de plantas afectadas.

Se determinó que la PCR convencional no brinda la precisión suficiente para detección del patógeno, cuando este se encuentra en pequeñas cantidades. Por lo tanto, fue necesario trabajar con técnicas mucho más sensibles, pero a la vez más complejas, como la PCR en tiempo real (qPCR) y la PCR digital (ddPCR).

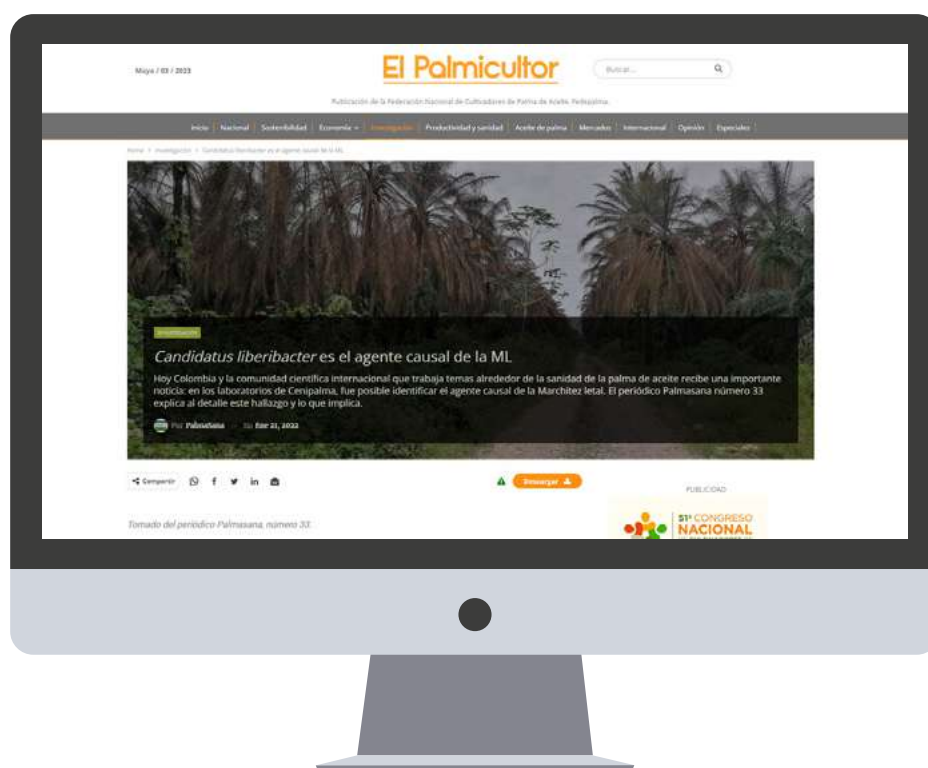
Para empezar con la estandarización de la qPCR, se trabajó inicialmente con muestras positivas y negativas de tres especies de *Ca. Liberibacter*: asiaticus, americanus y africanus en tejido vegetal de cítricos,



afectados por la enfermedad dragón amarillo o HLB. En el paso siguiente, para los tejidos de palma como hojas, inflorescencias, meristemo, estípites y raíces, se deberán establecer los umbrales apropiados y seguir optimizando la metodología. En cuanto a la ddPCR, se logró estandarizar la amplificación de un gen ba-

sal de palma de aceite, a partir de las secuencias del gen de la proteína S15 de la subunidad ribosomal 40S de *E. guineensis*; mientras que para la identificación de *Ca. Liberibacter* en palmas con ML, es preciso sintetizar un nuevo juego de *primers* y sonda para corroborar la eficiencia de esta técnica.

En los laboratorios de Cenipalma, fue posible identificar el agente causal de la Marchitez letal. Artículo completo en:
<https://elpalmicultor.fedepalma.org/cenipalma-marca-un-hito-en-materia-de-investigacion-candidatus-liberibacter-es-el-agente-causal-de-la-marchitez-letal/>



2.2.2. Metodologías para el manejo integral de la enfermedad

Identificación del vector de la ML

En el Campo Experimental Palmar de las Corocoras se sigue manteniendo la cría de *Haplaxius crudus*, insecto identificado como posible vector de la ML.

Durante la vigencia 2022, en las pruebas de adquisición y de transmisión de la enfermedad por adultos de *H. crudus* en condiciones de campo, se

realizó un seguimiento exhaustivo de las palmas inoculadas, registrando la aparición de algún síntoma sospechoso y midiendo parámetros fisiológicos, térmicos y espectrales. Sin embargo, después de 14 meses todavía no se observa alguna evidencia de transmisión de la enfermedad. Este ensayo continúa, y las palmas permanecerán en observación.

Con el fin de seguir acopiando elementos que permitan apoyar o descartar la posible participación de *H. crudus* como vector de la ML, se hicieron análisis de datos históricos para varios lotes en diferentes



plantaciones de la Zona Oriental. Hasta la fecha, no se han encontrado de manera consistente correlaciones positivas o negativas, entre las poblaciones de ninfas y/o adultos del insecto con los reportes de casos de la enfermedad en los meses siguientes (Tabla 2).

Adicionalmente, se intensificó el trabajo de búsqueda de otros insectos chupadores de follaje, que puedan ser sospechosos de transmitir la enfermedad. Para ello, se seleccionaron 304 lotes focos representativos de ML en 53 plantaciones afectadas,

en seis subzonas palmeras de la Zona Oriental, y se está estandarizando una metodología de muestreo estratificado, donde se estima el número de muestras adecuado, con nivel de confianza mayor al 95 % y margen de error de solo 10 %, en 42 plantaciones y 124 lotes. Para capturar todas las especies presentes, se emplearán dos metodologías: aplicación de un insecticida sistémico a palmas en foco de ML vía absorción por raíces, colecta y preservación de los insectos chupadores dos horas después del tratamiento, además del tradicional uso de jama a nivel medio del follaje.

Tabla 2. Correlaciones de Spearman (r) entre registro de casos de ML con el número de ninfas y de adultos de *H. crudus*. (*) Margen de error con el que se rechaza o no la hipótesis; el máximo para el estudio fue de 0,05.

Rezago (meses)	Ninfas		Adultos	
	r	Error (*)	r	Error
0	0,25187	0,1507	-0,07180	0,6866
1	0,25314	0,1552	-0,03775	0,8348
2	0,23432	0,1968	0,03219	0,8612
3	0,11306	0,5448	0,00826	0,9648
4	0,02654	0,8893	0,13362	0,4815
5	-0,09559	0,6218	0,00362	0,9851
6	-0,07589	0,7011	0,02397	0,9037
7	-0,01297	0,9488	-0,01012	0,9600
8	0,08466	0,6809	0,13552	0,5092
9	0,30611	0,1367	0,30169	0,1428
10	0,33643	0,1080	0,34772	0,0959
11	0,40192	0,0573	0,28222	0,1920
12	0,47120	0,0269	0,19551	0,3832
13	0,26206	0,2512	0,01805	0,9381
14	0,14383	0,5452	-0,21766	0,3566

Catálogo de productos efectivos para el control del vector

En la búsqueda de alternativas para el control de insectos chupadores, utilizando *H. crudus* como insecto blanco, se seleccionaron dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* por ser las más efectivas: una controla adultos y otra el estado de ninfa. Sin embargo, no se ha logrado establecer

una formulación que permita llevar estos productos a escala semicomercial.

En cuanto a controles químicos, se determinó que los ingredientes activos Clothianidin y Dinotefuran, del grupo químico de los neonicotinoides (categoría toxicológica III), han sido las mejores alternativas, tanto en aplicación por aspersión foliar como absorción por raíces.



Por aspersión, ambos insecticidas controlaron más del 90 % de la población tres días después de la aplicación, pero solo el Dinotefuran mostró buena capacidad por absorción por raíces. Con esta metodología, todas las dosis evaluadas evidenciaron mortalidades superiores al 80 % de los adultos.

2.2.3. Cultivares resistentes a la ML

Durante 2022, se realizaron los primeros trabajos encaminados a establecer la existencia de posibles mecanismos de resistencia a la ML. Debido a que esta expresión puede darse al patógeno o al vector, mediante prueba de antixenosis se estableció que insectos chupadores tipo *H. crudus* prefieren posarse en cultivares *E. guineensis* más que en los híbridos interespecíficos OxG (Figura 8).

Adicionalmente, por medio de pruebas de antibiosis, se encontró que adultos de insectos alimentados en cultivares de *E. guineensis*, lograron sobrevivir el

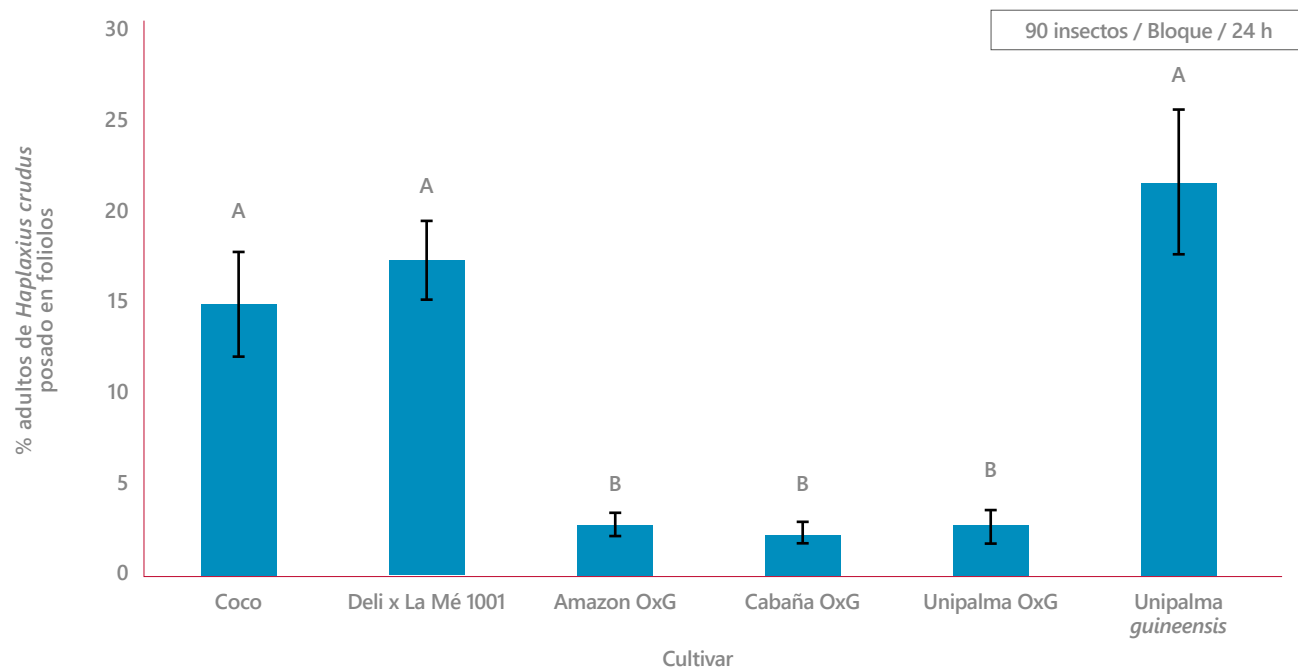
doble de tiempo que aquellos que lo hicieron en cultivares híbridos OxG.

De esta manera, se resalta en primer lugar, el desarrollo de metodologías para realizar pruebas de antixenosis y antibiosis de insectos chupadores de palma de aceite, que sean catalogados como posibles vectores de la enfermedad. Además, se evidencia cómo los cultivares híbridos OxG expresan algún grado de "resistencia" frente a estos mismos insectos.

2.2.4. Sistema integrativo de gestión fitosanitaria

SIG Fitosanitario ampliado y actualizado

14.500 nuevas hectáreas, fueron incluidas en el SIG Fitosanitario para ML durante la vigencia 2022. Se completaron así, un total de 149.110 hectáreas levantadas a nivel de lote, para los núcleos palmeros de la Zona Oriental (Figura 9).



T: $27,4 \pm 3,8$ °C y HR: $82,7 \pm 17,5$ %

Figura 8. Preferencia por cultivar de adultos de *H. crudus* en palma de aceite.

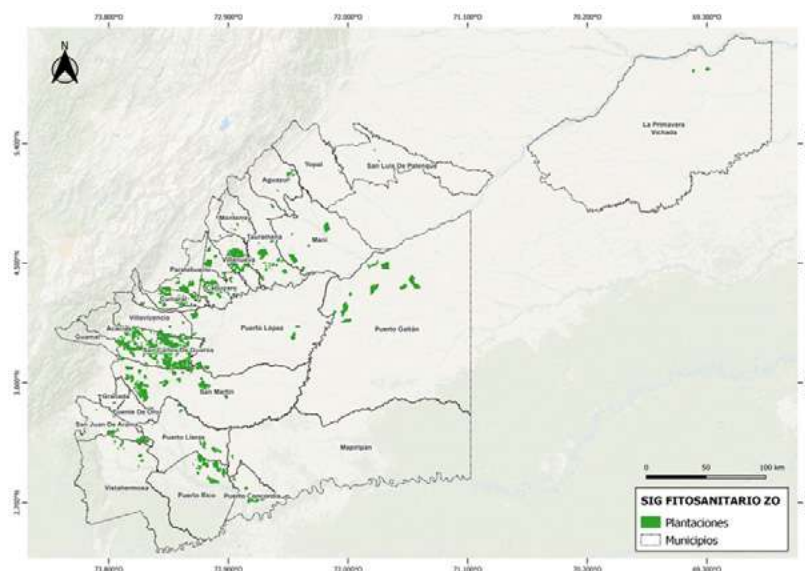


Figura 9. Cartografía de áreas de palma de aceite con ubicación geográfica, incluidas en el SIG Fitosanitario ML.

Marco normativo fitosanitario vigente

Se produjeron, en versión digital, dos publicaciones nuevas tipo infografía, para fortalecer el conocimiento y motivar la aplicación de la normatividad ICA vigente sobre registro de predios palmeros (Resolución ICA n.º 62151 de 2020) y sobre plagas de control oficial en el cultivo de palma de aceite (Resolución ICA n.º 092771 de 2021).

Además, la ML junto con la Pudrición del cogollo (PC), hacen parte del proyecto de ley del Senado de la República n.º 396 de 2022 (Cámara de Representantes, n.º 242 de 2021), que busca declarar de interés social nacional y como prioridad sanitaria, la prevención, mitigación, erradicación, contención y renovación de estas enfermedades en la palma de aceite, en todo el territorio colombiano.

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

La Marchitez letal fue catalogada como la principal problemática técnica para la Zona Oriental, como resultado del trabajo de priorización de temas de

investigación y extensión, llevada a cabo por los subcomités agronómicos locales y el comité asesor agronómico regional. De esta manera, Cenipalma continuará dedicando esfuerzos al desarrollo de productos que contribuyan a superar la enfermedad.

Durante la vigencia 2022, se mantuvo el seguimiento preciso y constante a la ML en un área significativamente representativa, a través de las empresas vinculadas al Convenio de manejo fitosanitario en la Zona Oriental.

200 plantaciones afectadas y con trazabilidad de datos, mostraron una reducción del 24 % con respecto al 2021 (Figura 10).

Se observa así que, durante cinco años consecutivos, se ha logrado la reducción en la incidencia de la enfermedad, gracias al trabajo constante y aplicado de las empresas, con el acompañamiento y apoyo de Cenipalma mediante la implementación de los Principios básicos de manejo concertados en la región.

2.2.5. Campaña de comunicación efectiva del riesgo fitosanitario

La gestión de la comunicación efectiva del riesgo fitosanitario se dio en el marco de la campaña De la

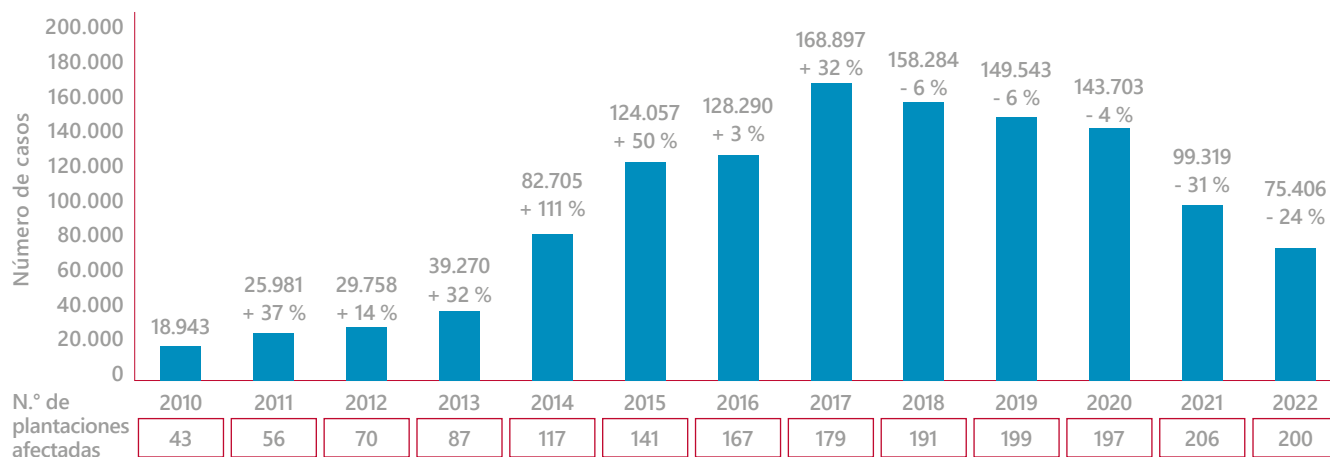


Figura 10. Casos de ML por año en plantaciones con trazabilidad de datos (24 núcleos vinculados al Convenio empresarial de manejo fitosanitario 192.600 ha).

mano contra la ML. Como parte de las acciones de sensibilización y concienciación, se llevaron a cabo tres seminarios de actualización técnica ICA – Cenipalma. La acogida de estos eventos se demuestra por su nutrida participación, que llegó a 1.114 asistentes virtuales, y por las visitas que estos contenidos generan al perfil de Cenipalma en YouTube, que ascendieron a 2.300.

Se mantuvo la presencia en redes sociales, Twitter, LinkedIn y YouTube, mediante la publicación de 98 posts.

El nombre del periódico PalmaSana tuvo una transformación que obedeció a la decisión de incluir, además de los temas fitosanitarios, los de productividad. Así, cambió a PalmaSana y Productiva, del que se produjeron y distribuyeron cuatro ediciones regulares. En total se abordaron 20 temas fitosanitarios, 16 de productividad, 9 institucionales y un inserto especial, llegando a todas las zonas palmeras a través de 22.000 ejemplares de una publicación cuyo estilo editorial, permite acercar los contenidos técnicos de forma sencilla a los diferentes públicos objetivo.

Seminario completo en:
https://www.youtube.com/watch?v=wCfQIWZaNs&list=PLGyQMRyGsvbn9_bolWM4MBJZCcd-hlus&index=2





2.3. Línea de otras enfermedades de la palma de aceite

2.3.1. Diagnóstico de otras enfermedades

Pudrición seca del estípite

Se realizó la verificación de síntomas asociados a volcamiento de palmas cultivar híbrido, en las zonas Central y Oriental. Las plantas afectadas no mostraron indicios externos en la parte aérea, pero sí daños en el área basal del estípite principalmente. En algunos casos, se observó desprendimiento y pudrición de las bases peciolares de la base del estípite; en otros fueron detectadas por perder el anclaje e inclinarse hacia un costado. De igual manera, se evidenciaron raíces adventicias en la zona afectada, y en casos avanzados la presencia de cráteres. Internamente, el estípite presentó pudrición con lesiones secas de tonalidades marrón, y en estados extremos, la descomposición total del tejido con apariencia de turba negra y polvosa.

Se aislaron 11 colonias fungosas, de las cuales seis fueron probadas en plántulas para establecer su patogenicidad, encontrando tres que mantuvieron un nivel de daño en los meses analizados. Dichas colonias serán evaluadas en un nuevo ensayo de mayor duración, con el fin de verificar su asociación como agentes causales de este disturbio en híbrido.

Pudrición alta del estípite

El diagnóstico de la Pudrición alta de estípite se desarrolló en la Zona Norte (Figura 11). Los síntomas asociados fueron secamiento de las hojas bajas y clorosis del tercio superior de las hojas, aparición

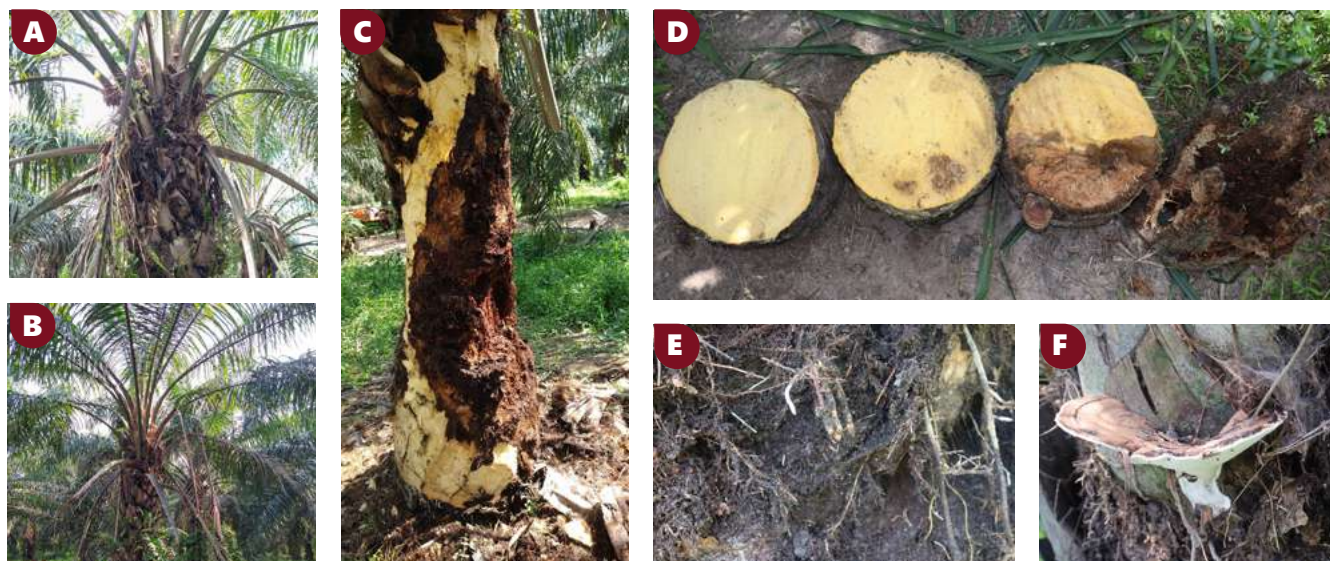


Figura 11. A y B. Secamiento foliar y clorosis en hojas del tercio superior. C. Pudrición en el estípote a 1 m de altura aproximadamente. D. Daño a nivel interno del estípote: áreas de color marrón claro rodeadas de zonas irregulares oscuras y lesiones de avance de tonalidad crema a amarillo. E. Raíces adventicias en la zona del daño. F. Presencia de basidiocarpio.

excesiva de inflorescencias masculinas y desprendimiento fácil de bases peciolares en el área de infección. Esta pudrición se dio a una altura de 1,2 m hasta 1,6 m, a partir de la base del estípote. Internamente, el tejido afectado presentó áreas de color marrón claro rodeadas de zonas irregulares oscuras, y lesiones de avance de tonalidad crema a amarillo. En estados más avanzados, se observó tejido en forma de turba y con abundante micelio blanco. Adicionalmente, crecimiento de raíces en la zona alta de la infección y la presencia de basidiocarpos.

Pudrición blanca del fruto en Tumaco

En la Zona Suroccidental se detectó, en 2022, la Pudrición blanca del fruto, y se realizó la verificación de síntomas. Se observaron frutos con pudrición, y la formación de micelio blanco creciendo desde el ápice hacia la base. En estados avanzados, fue posible evidenciar pequeños puntos de color marrón. Al igual que en Urabá, donde se registró esta enfermedad por primera vez, la pudrición se presentó en frutos sobremaduros (Figura 12).



Figura 12. Pudrición blanca del fruto en híbrido. A y B. Desarrollo de micelio y estructuras de resistencia. C. Estructuras de resistencia de color marrón a negro denominadas esclerocios. D. Aislamiento del hongo *Sclerotium* sp. en medio de cultivo.



De los frutos afectados, fue posible aislar el hongo *Sclerotium* sp., utilizado en las pruebas de compatibilidad somática que muestran que es diferente a los aislados de Urabá.

Secamiento del tercio medio

El estudio de síntomas y diagnóstico del Secamiento del tercio medio (STM), se desarrolló en la Zona Oriental, con seguimiento a 30 palmas afectadas. Se identificaron como indicios el amarillamiento y secamiento, que generalmente inician desde el ápice hacia la base de las hojas del tercer nivel, aunque en casos avanzados se observan en hojas del segundo nivel. El secamiento del 100 % del área de las hojas, en la mayoría de los casos (56 %) tardó de 15 días a dos meses; posteriormente, se enrruaron y cayeron. El 60 % de las palmas mostró de tres a seis hojas afectadas a través del tiempo.

Otras señales que se presentaron con menor frecuencia fueron acortamiento de hojas, malogro de racimos y acumulación de flechas. El 16,7 % de las palmas, de 50 disectadas, evidenciaron síntomas activos. Internamente, se observaron lesiones con cambios de coloración en bases peciolares, raquis de hojas con síntomas externos y pudrición de inflorescencias inmaduras.

Se colectaron muestras de 50 palmas (base peciolar, raquis, zona meristemática, inflorescencias inmaduras y estípite), para el aislamiento de microorganismos asociados. Se obtuvieron 17 morfotipos bacterianos y 28 fúngicos. Ninguno de los microorganismos inoculados a nivel *in vitro*, ha mostrado patogenicidad en tejidos de palma.

2.3.2. Estudios epidemiológicos de otras enfermedades

Pudrición basal del estípite

Se realizó la descripción epidemiológica de la Pudrición basal del estípite (PBE), en una plantación de

la Zona Norte que cuenta con un registro histórico de los casos, con el objetivo de identificar posibles factores asociados con la expresión y desarrollo de la enfermedad, a partir de la documentación y el análisis del comportamiento temporal y espacial de los casos reportados.

Se generó una metodología, basada en preprocesamiento y estudio de 1.799 datos seccionados de registros completos anuales, desde enero de 2015 hasta diciembre de 2021 (7 años), para la evaluación geoespacial en los lotes foco de la PBE, anteriormente identificados a partir del análisis descriptivo de la plantación. Esto, con el propósito de determinar los patrones de agregación.

Se evidenció el desarrollo de tres focos de diseminación, según los años de siembra en los que se centraron la mayoría de los casos detectados (2005, 2006-2007 y 2010). El análisis temporal de los registros históricos permitió establecer un rango de edad entre los 7 y 11 años, en el que una planta afectada manifiesta síntomas y signos típicos de PBE. Sin embargo, se encontró que este rango fue mayor en el primer foco (9 años), con una tendencia a disminuir la edad a medida en que fue aumentando el número de focos configurados en el tiempo.

Por su parte, el análisis espacial permitió identificar una agregación sistemática de lotes contiguos o vecinos a los lotes foco de diseminación. Este tipo de observaciones fueron más evidentes en aquellos con renovaciones tipo *underplanting* en comparación con los que no, sugiriendo que este tipo de prácticas tiene un alto peso en el establecimiento y desarrollo espacio-temporal de la enfermedad, independientemente del cultivar o su fecha de siembra (Figura 13).

Además, fueron identificadas dos fases distintas en el avance y crecimiento temporal de lotes foco: la primera se caracteriza por unas pocas palmas dispersas al azar; en la segunda, ocurre la diseminación focal de la enfermedad a partir de las palmas detectadas. Sin embargo, este tipo de comportamientos solo fue estadísticamente significativo en uno de los

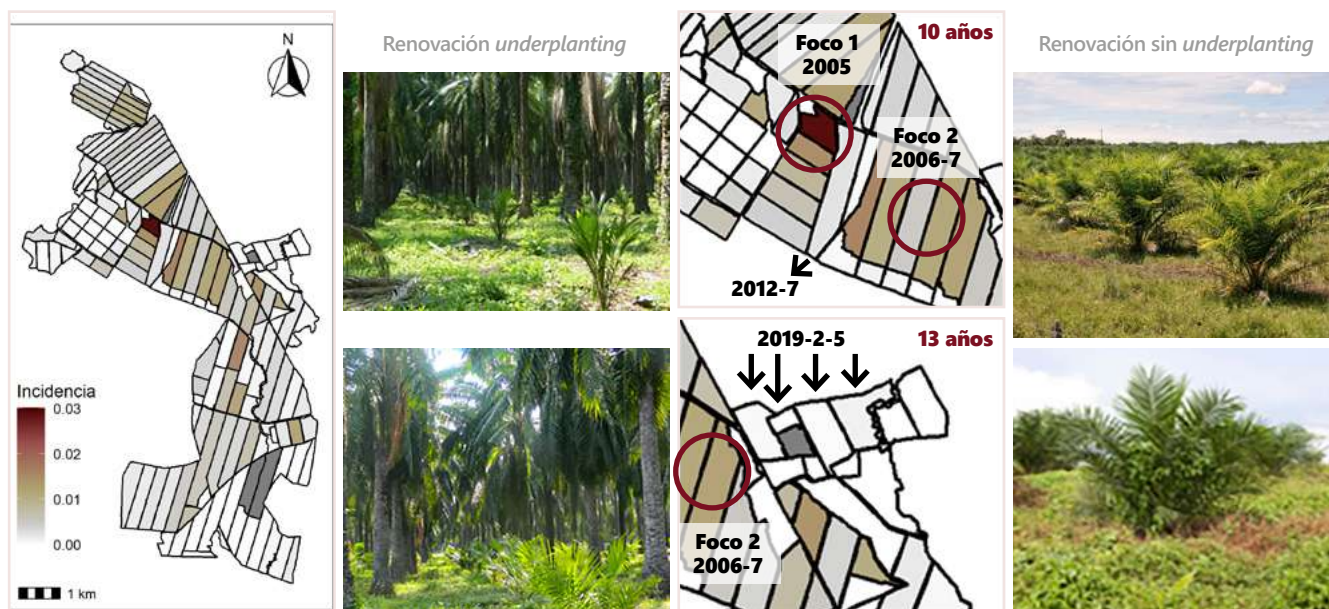


Figura 13. Análisis espacial de la información de PBE a nivel de plantación y lotes.

tres lotes evaluados. Se espera realizar un análisis mucho más robusto con los demás lotes seleccionados, para evaluar la concordancia de los resultados preliminarmente obtenidos.

En zonas con históricos de Pudrición basal del estípite, el manejo preventivo de la enfermedad sigue siendo la única alternativa efectiva a favor del palmicultor.

En las redes sociales de Cenipalma se promovió la participación en uno de los tres Seminarios de actualización de 2022, que trató el tema de las pudriciones de estípite. Video completo en <https://www.youtube.com/watch?v=CyGqCFJb850>





Cuantificación de esporas de *Ganoderma zonatum*, agente causal de la Pudrición basal del estípite

Se realizó el montaje de un sistema de monitoreo y cuantificación del inóculo de *Ganoderma zonatum*, agente causal de la Pudrición basal del estípite (PBE), a diferentes gradientes altitudinales, con el fin de identificar el papel de la velocidad y dirección del viento en la dispersión y diseminación de esporas infectivas. Los resultados demostraron que la concentración del inóculo en el aire varía de acuerdo con la estacionalidad del año, posiblemente asociados a eventos de formación de basidiocarpos en la base del estípite de las palmas enfermas, que a su vez se relacionan con la gran humedad en el suelo provo-

cada por altas precipitaciones. También se encontró que no existe una altura límite para la diseminación de las basidiosporas, pues se lograron realizar capturas inclusive por encima de los 10 metros, lo que demuestra que estas esporas tienen la capacidad de cubrir grandes distancias, cuando las condiciones ambientales le son favorables.

En cuanto a la estacionalidad de la captura de esporas, se encontró que la liberación y posterior diseminación de basidiosporas ocurre entre las 4:00 p.m. a 4:00 a.m., en condiciones de baja radiación solar y temperatura, así como alta humedad relativa. Las concentraciones tienden a disminuir entre las 8:00 a.m. y 3:00 p.m., rango horario en el que aumenta la radiación solar y la temperatura, y disminuye la humedad relativa (Figura 14).

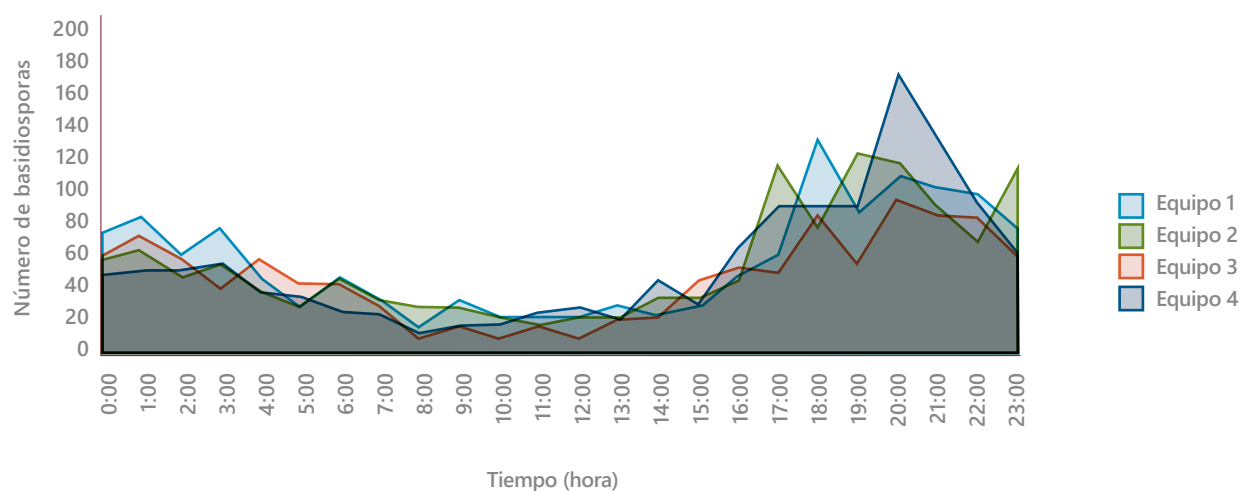


Figura 14. Estacionalidad de la captura de esporas de *Ganoderma zonatum*, de acuerdo con la línea de tiempo de 24 horas.

Estudios de compatibilidad somática de *Ganoderma*

En los estudios biológicos para identificar la procedencia y posibles mecanismos de diseminación de *Ganoderma*, se hizo una prueba de compatibilidad somática con 30 aislamientos de este patógeno. En total se realizaron 120 combinaciones, las cuales

se sembraron en PDA, tres cajas por combinación, empleando como testigos los autocruzamientos. Se observó que todos los aislados de palmas diferentes fueron incompatibles, y los de la misma, compatibles.

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten señalar que el patógeno se está diseminando por medio de basidiosporas, es decir por vía aérea.



2.3.3. Estrategias de manejo de otras enfermedades

Estrategias de control biológico de la Pudrición basal del estípite

En la evaluación *in vitro* de alternativas biológicas para el control de la Pudrición basal del estípite, se analizaron 30 aislamientos de *Trichoderma* endófitos sobre el crecimiento y control de *Ganoderma zonatum*: 19 en pruebas de competencia y 30 en pruebas de antibiosis (metabolitos volátiles y no volátiles). En la primera, los porcentajes de inhibición del crecimiento del patógeno estuvieron en un rango entre 65 y 77 %. En cuanto a metabolitos volátiles, 19 de los 30 aislamientos mostraron inhibición de 100 % al patógeno. Los demás registraron porcentajes del 80 al 93 %. En metabolitos no volátiles, solo un aislamiento presentó un porcentaje mayor al 60 %. Este aislamiento continuará en

las pruebas de inhibición de *Ganoderma zonatum* en plántulas.

Estrategias de control biológico de la Pestalotiopsis

Se colectaron muestras de suelo para la obtención de agentes de biocontrol de la Pestalotiopsis, hallando 48 morfotipos, de los cuales 29 resultaron ser bacterias gram negativas y 19 gram positivas. Estas últimas fueron evaluadas por su efecto *in vitro* sobre el desarrollo de *Pestalotiopsis* sp. Se identificó una bacteria con porcentaje de inhibición del 88,83 %; los demás tratamientos registraron porcentajes por debajo del 60 % (Figura 15).

En la evaluación del efecto de metabolitos volátiles, realizada con cuatro bacterias antagónicas, la misma del estudio anterior presentó el menor crecimiento, registrando un 86,94 % de inhibición, por lo que continuará su análisis en campo.

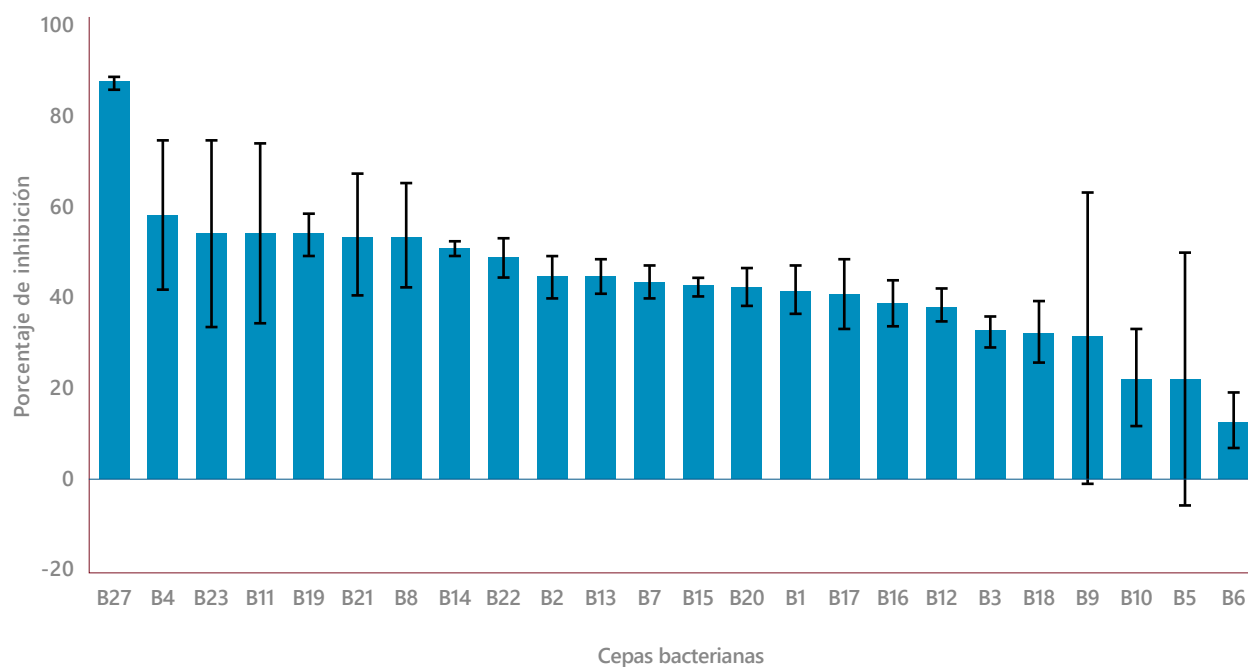
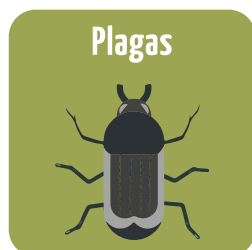


Figura 15. Porcentaje de inhibición del crecimiento *in vitro* de *Pestalotiopsis* sp. en presencia de cepas bacterianas antagónicas.



2.4. Línea de investigación y extensión: manejo integrado de plagas de la palma de aceite

2.4.1. Tecnologías para el manejo integrado de plagas

Colección de microorganismos entomopatógenos y artrópodos asociados al cultivo de palma de aceite

Durante el 2022, se aislaron y almacenaron 20 cepas de hongos entomopatógenos de insectos plaga de la palma de aceite: cuatro de *Cordyceps fumosorosea*, dos de *Metarhizium* sp., nueve de *Cordyceps* sp., una de *Beauveria bassiana*, una de *Torribiella* sp. y tres de un hongo que se encuentra en proceso de identificación. También, ingresaron a la colección 11 cepas de nematodos entomopatógenos del género *Heterorhabditis*, aislados de muestras de suelo procedentes de El Copey, Cesar.

Estudios biológicos de los principales insectos

Biología, tasa de consumo y enemigos naturales de *Brassolis granadensis*

En Colombia se han registrado aproximadamente 25 especies de insectos plaga de hábito defoliador, que afectan el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). La pérdida del área foliar que ocasionan estos insectos produce estrés en la palma disminuyendo el número y peso promedio de los racimos. Si la defoliación se presenta en hojas nuevas,



el impacto es aún mayor; las mermas en la productividad suelen durar entre dos y tres años después de la defoliación inicial.

Los insectos pueden adaptarse y prosperar en nuevos hospederos, como ocurrió con *Brassolis granadensis*. Este defoliador se ha consolidado como una plaga emergente en todas las plantaciones de la Zona Suroccidental. Sus larvas tienen un hábito gregario, y generan fuertes defoliaciones en las hojas del tercio superior de la palma. La información de su bioecología, enemigos naturales y la tasa de consumo foliar de la fase larval es relevante para la

construcción de umbrales de acción y de daño económico para esta especie.

Se determinó que en el cultivar híbrido Cereté x Deli, el ciclo biológico de *B. granadensis* es de 103,2 días en promedio (la duración de cada estado fue: huevo $19,6 \pm 0,5$ días, larva – pasando por seis estadios - $70,6 \pm 4,7$ días, prepupa $1,3 \pm 0,6$ días, pupa $11,8 \pm 0,9$ días y adulto $9,6 \pm 4,0$ días); mientras que en *Elaeis guineensis* fue de 95,8 días en promedio (la duración de cada estado fue: huevo $19,0 \pm 0,2$ días, larva $63,4 \pm 5,4$ días, prepupa $1,8 \pm 0,6$ días, pupa $11,6 \pm 1,2$ días y adulto $6,3 \pm 4,3$ días (Tabla 3).

Tabla 3. Ciclo de vida de *Brassolis granadensis* bajo condiciones de laboratorio y umbráculo. Fuentes de alimentación: palma híbrida (Cereté x Deli) y *Elaeis guineensis*.

Fase	Cereté x Deli			<i>Elaeis guineensis</i>		
	Número de individuos	Promedio (días)	Desviación estándar	Número de individuos	Promedio (días)	Desviación estándar
Huevo	161	19,6	0,5	77	19,0	0,2
Larva (total)	179	70,6	4,7	197	63,4	5,4
I estadio	179	8,5	0,8	132	8,12	0,33
II estadio	112	8,7	0,7	114	7,78	0,48
III estadio	112	8,8	0,6	93	8,33	0,52
IV estadio	103	10,8	0,4	83	10,18	0,59
V estadio	99	11,8	0,6	75	10,88	0,33
VI estadio	33	22,0	1,6	54	18,13	3,12
Prepupa	33	1,3	0,6	106	1,8	0,6
Pupa	22	11,8	0,9	93	11,6	1,2
Adultos	19	9,6	4,0	62	6,3	4,3
Total		112,8			102,1	

Los adultos de *B. granadensis* poseen una probóscide atrofiada y no funcional. La fecundidad potencial de las hembras, obtenidas bajo condiciones de umbráculo, fue de $91,6 \pm 29,0$ huevos/hembra. Se determinó que una larva entre el I y V instar, realiza un consumo foliar de $139,0 \pm 33,6$ cm².

Igualmente se identificaron cuatro parasitoides en sus fases inmaduras, dos para huevos: *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae) y *Anastatus* sp. (Hymenoptera: Eupelmidae), y dos para larvas: *Pare-*

palpus sp. (Diptera: Tachinidae) y *Billaea* sp. (Diptera: Tachinidae).

Tasa de consumo y preferencia de oviposición de *Caphys bilineata*

El barrenador del fruto *Caphys bilineata* (Lepidoptera: Pyralidae), es un insecto plaga que se encuentra presente en todas las zonas palmeras del país. El primer registro afectando palma de aceite en Colombia, fue en 2019. Inicialmente se reportó alimentándose



en el interior de los frutos del cultivar híbrido interespecífico (OxG), y recientemente también se registró causando daño en plantaciones de *E. guineensis*, por lo que se hace necesario realizar estudios de su biología, hábitos y tasa de consumo.

Para adelantar dichos estudios, fue indispensable contar con individuos sanos. Es así como se estableció una cría de *Caphys bilineata* a partir de colectas de frutos afectados por larvas de este insecto, y una en estado adulto para la obtención de huevos. Estos individuos se utilizaron en la determinación de la tasa de consumo de larvas y pruebas de preferencia de oviposición.

En el 2022, se determinó que las larvas durante sus seis instares, pueden llegar a consumir un promedio de $0,72 \pm 0,63$ gramos de fruto, disminuyendo el peso del mismo (el mayor consumo (47 %) se presentó durante los instares V y VI). Se realizaron pruebas de preferencia de oviposición en los diferentes estados de desarrollo del racimo del híbrido interespecífico Coari x la Mé, sin encontrar diferencias estadísticas significativas. No obstante, se logró evidenciar que las hembras pueden depositar sus huevos en racimos inmaduros, por lo que se infiere que las larvas de *C. bilineata* afectan estos racimos.

Se registraron tres especies de insectos parasitoides que afectan las larvas, dos pertenecen a la familia Tachinidae y una especie del orden Hymenoptera.

Ciclo de vida, tasa de consumo foliar y dinámica poblacional de *Phobetrion hipparchia*

Los insectos defoliadores, como *Phobetrion hipparchia* (Lepidoptera: Limacodidae), son de común ocurrencia en las plantaciones de palma de aceite en la Zona Norte. Sin embargo, se desconocen los aspectos básicos de su biología, taxonomía a nivel de especie, ciclo de vida y tasa de consumo foliar. Esta información es vital para el diseño de programas de manejo integrado, basados en el monitoreo

y el umbral de daño económico. Durante el 2022, se realizaron los estudios básicos de biología a partir de insectos colectados en campo y mantenidos en condiciones controladas de laboratorio (Figura 16).



Figura 16. Adultos de *Phobetrion hipparchia*, obtenidos en cría de laboratorio A. Macho B. Hembra.

El ciclo de vida de *P. hipparchia* duró en total $74,3 \pm 8,2$ días, así: huevo $6,3 \pm 0,7$ días; larva $49,1 \pm 5,3$ días pasando por nueve instares; pupa: $14,4 \pm 0,9$ días y adulto: $4,5 \pm 1,3$ días.

Se avanzó en la determinación del consumo foliar de este insecto. Hasta el momento, se ha determinado que en los primeros seis instares larvales consumen en total $99,2 \pm 11,5$ cm².

El estudio de dinámica poblacional muestra que el incremento en las poblaciones de *P. hipparchia* se presenta en los meses de febrero – marzo y septiembre – noviembre, y no se han encontrado correlaciones significativas entre esta y las variables climáticas (precipitación, humedad relativa y temperatura).



Dinámica poblacional de *Leptopharsa gibbicarina*

Leptopharsa gibbicarina (Hemiptera: Tingidae), es un insecto que se alimenta de las palmas de aceite *Elaeis guineensis* Jacquin (Arecaceae). Sus mayores poblaciones se han registrado entre las zonas Central y Norte del país. El daño lo ocasiona al alimentarse y ovipositar en el envés de los folíolos, generando puntos cloróticos en el haz. Esto favorece la colonización de un numeroso grupo de hongos. Uno de los más destacados es *Pestalotiopsis palmarum* (Cooke) Steyaert, que en asocio con el insecto plaga causa defoliaciones entre 19 y 66 %, lo que conlleva a una disminución en la producción de las palmas afectadas de hasta 36 %, efectos que pueden mantenerse hasta por tres años.

El estudio de la dinámica poblacional de *L. gibbicarina* y su relación con los factores climáticos, se desarrolló en dos lotes de *Elaeis guineensis* en los municipios Agustín Codazzi y El Copey, Cesar. Se realizaron muestreos secuenciales cada 20 días, registrando el número de adultos vivos e individuos afectados por enemigos naturales, así como las variables climáticas. Las mayores densidades poblacionales en Agustín Codazzi se presentaron en el mes de mayo. En El Copey se determinaron tres picos en diciembre- enero, abril- mayo y septiembre-octubre. Las correlaciones de Spearman no muestran una asociación con las variables climáticas de temperatura, precipitación y humedad relativa en ninguno de los lotes evaluados, lo que parece indicar que la fluctuación de *L. gibbicarina* está más relacionada con la duración de su ciclo de vida.

Ciclo de vida de los polinizadores *Elaeidobius kamerunicus* y *Mystrops costaricensis* bajo condiciones de laboratorio

Los insectos polinizadores prestan un servicio ecosistémico fundamental para la sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite.

Con el fin de conocer aspectos de su biología, se desarrollaron crías de los insectos polinizadores *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera: Curculionidae) y *Mystrops costaricensis* (Coleoptera: Nitidulidae), bajo condiciones de laboratorio y utilizando polen de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) como dieta. Para determinar el ciclo de vida, se realizaron colectas en diferentes lotes ubicados en dos plantaciones de El Copey y Agustín Codazzi, Cesar.

En el caso de *E. kamerunicus*, se observaron larvas del polinizador en el interior de las espigas. Su ciclo de vida es de $23,8 \pm 5,5$ días incluyendo la longevidad de los adultos que fue de $7,2 \pm 1,4$ días, huevo $2,1 \pm 0,7$ días, larvas $10,0 \pm 2,5$ días pasando por tres instares larvales, y la pupa $4,5 \pm 0,9$ días (Figura 17).

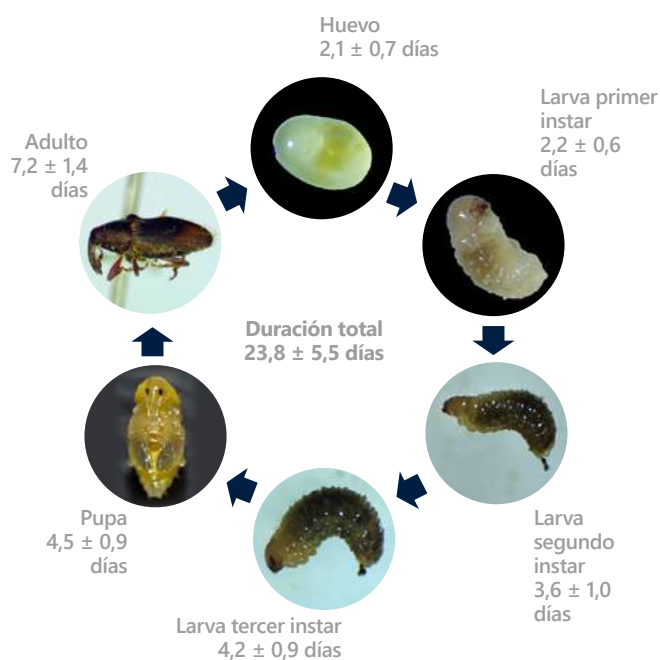


Figura 17. Ciclo de vida de *Elaeidobius kamerunicus* alimentado con polen de palma de aceite bajo condiciones de laboratorio.

La duración del ciclo de vida de *M. costaricensis* es de $29,0 \pm 6,6$ días con los estados de huevo $1,1 \pm 0,4$ días, larva $8,5 \pm 1,8$ días (pasando por tres instares larvales), pupa $3,4 \pm 0,4$ días y adulto $16,0 \pm 4,0$ días (Figura 18).

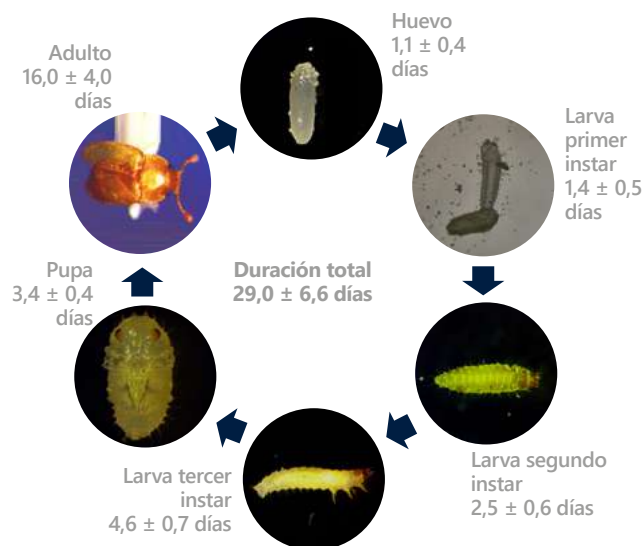


Figura 18. Ciclo de vida de *Mystrops costaricensis* alimentado con polen de palma de aceite, bajo condiciones de laboratorio.

Feromonas eficientes en el control de plagas de la palma de aceite

Manejo de *Rhynchophorus palmarum* mediante la feromona de agregación Rhynchophorol C.

Cenipalma, a través de Tecnopalma, ha venido ofreciendo a los palmicultores alternativas para el manejo de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae), mediante la feromona de agregación Rhynchophorol C. Esta, acorde a la información suministrada por su proveedor EGNO Chemie, tiene un periodo de vencimiento de 18 meses desde su fabricación.

Los resultados obtenidos en el experimento para reevaluar dicha fecha de vencimiento, a partir de cinco lotes de Rhynchophorol C fabricados entre 2018 y 2022, indican que la feromona es activa biológicamente para la atracción y captura de los adultos de *R. palmarum*, independientemente de la fecha de fabricación. Sin embargo, para que la actividad biológica no se pierda durante este periodo, se deben mantener las condiciones de almacenamiento recomendadas por el productor, y estar contenida en los envases originales y no en los dispensadores que se venden para las trampas.

Feromona sexual como estrategia para el manejo integrado de *Opsiphanes cassina* en cultivos de palma de aceite

El análisis químico por cromatografía de masas permitió detectar volátiles orgánicos (VOC) macho-específicos para las tres metodologías empleadas. La comparación con patrones confirma que tres de los VOC, que constituyen la feromona sexual producida por los machos de *Opsiphanes cassina* (Lepidoptera: Nymphalidae), corresponden al trans-Nerolidol, el (Z)-7-Heptadeceno y la vainillina.

Estos compuestos han sido identificados previamente como constituyentes de la feromona sexual producida por machos de *O. invirae* y *Tirathaba mundella*, especies que también son plaga de la palma de aceite. Fue posible establecer que los VOC vainillina, Nerolidol y (Z)-7-Heptadeceno, identificados previamente como macho-específicos, generan una reacción electrofisiológica en pruebas de respuesta sobre las antenas de hembras adultas de *O. cassina*, confirmando su importancia como componentes de la feromona. Sin embargo, no fue posible verificar su respuesta comportamental en túnel de viento.

2.4.2. Campaña de comunicación efectiva de riesgo fitosanitario

Durante el 2022 se atendieron desde el Área de Plagas, 47 actividades de capacitación, con una participación total de 1.045 palmicultores de modo virtual y/o presencial en las cuatro zonas palmeras del país.

Se destaca el Seminario nacional de actualización técnica en palma de aceite ICA- Cenipalma Herramientas para enfrentar las plagas, llevado a cabo el 7 de junio, en el que se trataron los temas *Eupalamides guyanensis*, reaparece el barrenador gigante de la palma de aceite y *Brassolis granadensis*, *Caphys bilineata* y *Strategus julianus*: plagas emergentes que requieren atención.



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

Su objetivo principal se centra en “Usar y manejar sosteniblemente el agua en el agroecosistema de la palma de aceite”. A continuación, se reportan los avances en esta línea en 2022.

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

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

Actualmente no se disponen de criterios técnicos para estimar el consumo de agua de la palma de aceite, y por consiguiente los riegos son ineficientes. Las plantaciones en general toman en algunos casos como referencia, la evaporación diaria medida en el tanque Clase A para estimar los requerimientos de las plantas. También se ha asumido un consumo promedio de agua de 5 mm/día para las palmas en estado adulto, o simplemente se ha optado por aplicar riegos cada 10 o 15 días por métodos superficiales o cada tres días por sistemas a presión, sin medir ni conocer la lámina de riego necesaria.

La determinación de la evapotranspiración se realizó para el periodo de marzo del 2019 a febrero del 2022, en los cultivares *E. guineensis* Deli x AVROS y Deli x La Mé (Millenium 7001), y en el cultivar híbrido OxG Coari x La Mé, establecidos en el Campo Experimental Palmar de la Sierra desde 2016. Los valores de evapotranspiración (ETc) corresponden al tercer año desde la siembra (estimados desde marzo a septiembre del 2019), cuarto, quinto y sexto año del cultivo (octubre del 2019 a febrero del 2022),



mientras que para el híbrido OxG, se inició desde septiembre del 2021 (Tabla 4).

De acuerdo con los análisis, tanto para los cultivos *E. guineensis* como para el híbrido OxG, no se observaron diferencias en el valor de evapotranspiración en el sexto año del cultivo, con un promedio de 5,4 mm/día. Menores valores de ET_c , se obtu-

vieron con el incremento en el déficit de humedad del suelo.

Los resultados, correspondientes al sexto año de siembra y sin importar el tipo de cultivo, desvirtúan la creencia de que el híbrido tiene un mayor consumo de agua respecto a *E. guineensis*. No obstante, se requerirá más tiempo de evaluación para corroborar los datos.

Tabla 4. Requerimientos hídricos de dos cultivares *E. guineensis* para cuatro años de producción, y un cultivar híbrido al sexto año.

Parámetro		<i>E. guineensis</i>								Híbrido OxG
		Deli x AVROS (Dami Las Flores)				Deli x La Mé (Millenium 7001)				(Coari x La Mé)
		3 ^{er} año	4 ^o año	5 ^o año	6 ^o año	3 ^{er} año	4 ^o año	5 ^o año	6 ^o año	6 ^o año
Evapotranspiración cultivo	ET_c (mm/día)	4,2	5,9	6,1	5,45	4,3	5,9	5,9	5,4	5,4
Coeficiente del cultivo (K_c)	$ET_c = K_c * ET_o$	0,7	0,85	0,9	0,9	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
Coeficiente del tanque (K_T)	$ET_c = K_T * EV$	1,0	1,4	1,41	1,2	1,2	1,4	1,4	1,2	1,2

Sistema de información para definir balance hídrico (BH)

Para aportar a la mejora de la productividad y la sostenibilidad de la agroindustria de la palma de aceite, en el Campo Experimental Palmar de la Sierra se ejecuta un proyecto para desarrollar un sistema de información piloto. Su objetivo es parametrizar los criterios para la adquisición, integración, almacenamiento y manejo de los datos asociados a la gestión de riego, por medio de una aplicación web que facilite el acceso al cálculo del balance hídrico periódico. Hoy se dispone de una aplicación para la generación del BH, que permite personalizar las unidades de manejo de riego (UMR) y el ingreso de variables de cultivo, suelos, precipitación efectiva y datos meteorológicos.

2.5.2. Programa de conservación y manejo de cuencas hidrográficas

Sistema de información geográfica del sector palmero: módulo de red de monitoreo agroclimático (XMAC)

El desarrollo de herramientas informáticas, que apoyen la gestión de los datos del cultivo de palma de aceite y la toma de decisiones acertadas de manejo, es un trabajo de Cenipalma desde 2007. De dichas herramientas, XMAC - eXtensión de Monitoreo AgroClimático- de Geopalma, dispone del diseño para la recopilación, análisis y presentación de datos estructurados en un marco espacial, permitiendo asociar variables de interés climático a una referencia geográfica, que a su vez sirvan como fuente de in-



formación con soporte de calidad para los estudios, investigaciones y la gestión asociada al avance local y regional del sector palmero.

La red cuenta con 44 estaciones activas (35 automatizadas, con transmisión de datos vía internet y 9 análogas, con descarga de datos manual). Durante el 2022, se realizaron 101 visitas para inspeccionar la integridad del conjunto de sensores de las estaciones meteorológicas, así como mantenimientos correctivos.

Se ajustó el menú del tablero de control del módulo XMAC (Figura 19), permitiendo acceder a los boletines agroclimáticos, y se generó una estrategia a través de los canales de Cenipalma en las redes sociales, integrando un enlace directo a GeoPalma.

Asimismo, se adaptó el mapa de estaciones y la funcionalidad de XMAC.

2.5.3. Tecnologías para la conservación del agua

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

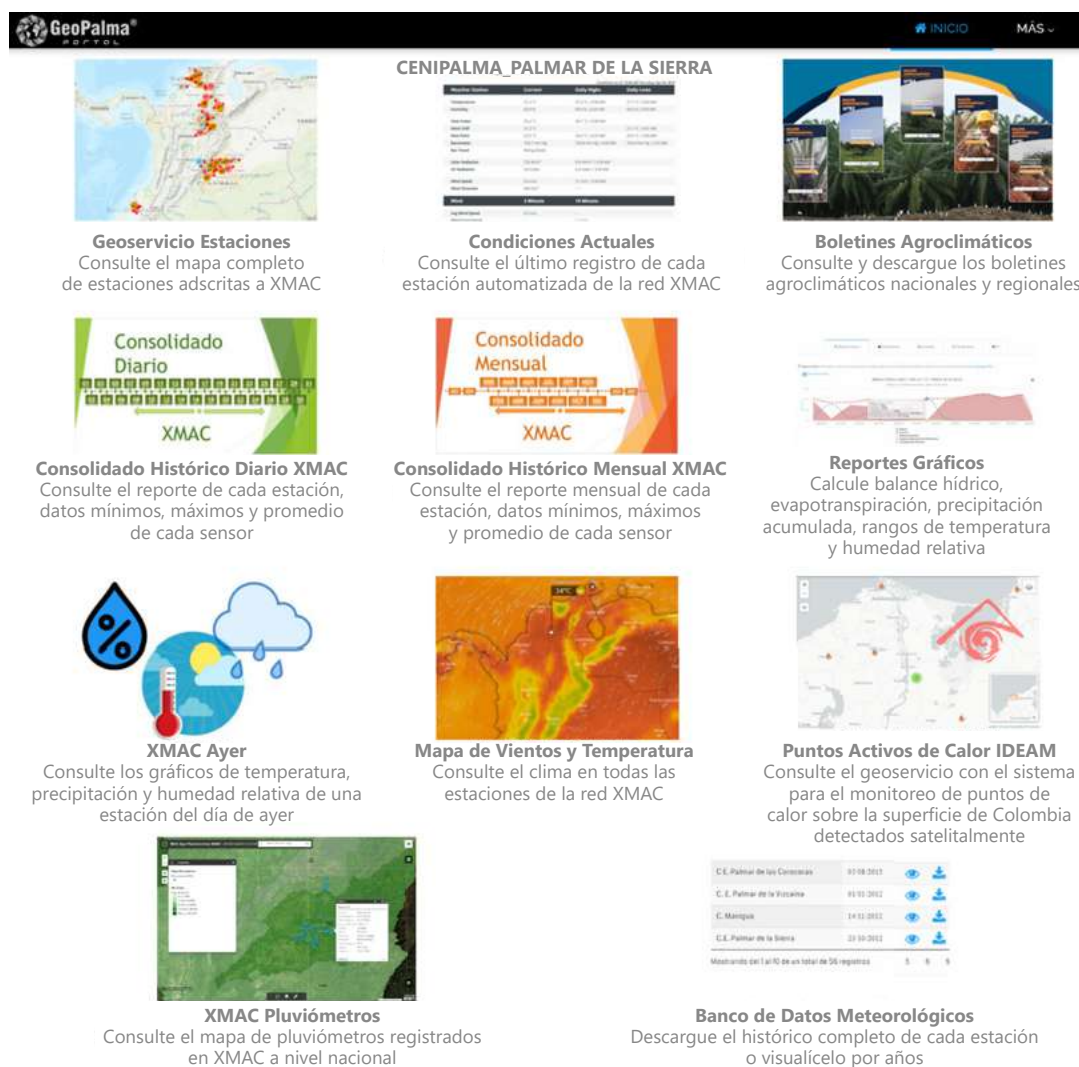


Figura 19. Tablero de control XMAC.



hoja ancha con diferentes manejos como poda y pase de rodillo.

Independiente del tipo, la humedad volumétrica del suelo se mantiene entre 10 y 12 % por encima del tratamiento de cobertura mínima, debido a la conservación de humedad que se da probablemente por la menor evaporación.

Las leguminosas o nativas tuvieron un comportamiento similar sobre el volumen de escorrentía (Tabla 5), que fue inferior respecto al de cobertura mínima, encontrando una reducción del 19 % en calle de cosecha y del 16 % en calle de riego. En condiciones de saturación de humedad (precipitaciones por encima

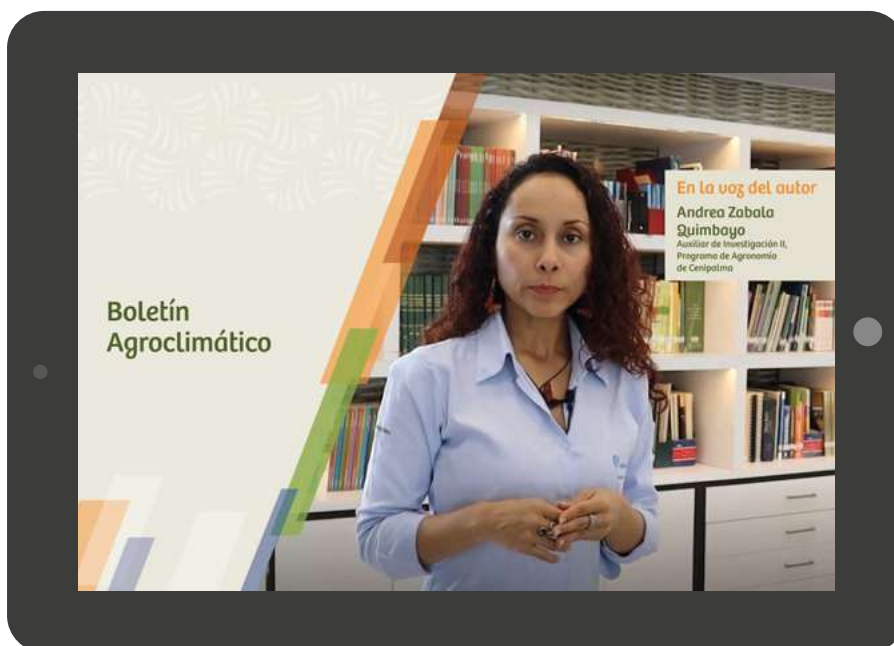
de 40 mm), los tratamientos redujeron el volumen entre 9 % y 14 %, en comparación con el suelo de cobertura mínima.

Junto con el escurrimiento del agua lluvia por la red de drenaje (escorrentía), ocurre la pérdida de suelo. Es así como en el tratamiento de cobertura mínima (T7), se presentan las más altas concentraciones de sólidos suspendidos en el agua de escorrentía, siendo mayor en la cosecha. En otras palabras, mayores pérdidas de suelo ocurren cuando se presenta una menor protección de este, la que contrasta con los otros tratamientos por efecto de las coberturas.

Tabla 5. Efecto de las coberturas en el volumen de escorrentía en condiciones de la Zona Norte.

Precipitación	Escorrentía (mm)					
	Coberturas leguminosas		Coberturas nativas		Cobertura mínima	
	Calle cosecha	Calle riego	Calle cosecha	Calle riego	Calle cosecha	Calle riego
20-30 mm	9,2	8,7	8,8	8,7	11,2	10,3
40-50 mm	16,5	15,1	16,4	15,2	18,5	17,8
≥ 60 mm	32,2	23,8	32,6	23,7	35,5	26,1

Para conocer más sobre el boletín agroclimático: <https://elpalmicultor.fedepalma.org/boletin-agroclimatico-herramienta-protoger-cultivo/>





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

Durante 2022, en esta línea se desarrollaron trabajos de investigación y extensión con el objeto de incrementar el uso eficiente de los recursos y la productividad, enmarcados en los productos que se enuncian a continuación.

2.6.1. Cultivares eficientes en el uso de nutrientes

Efecto de la fuente y disponibilidad del nitrógeno sobre la fisiología de plántulas de palma de aceite

Una de las estrategias que se pueden utilizar para mejorar la eficiencia en el uso de nitrógeno y reducir la contaminación que produce en los cultivos es proporcionar a las plantas la fuente más adecuada de N optimizando su absorción. El objetivo de este estudio fue analizar la respuesta fisiológica de cinco genotipos de plántulas de palma de aceite a la nutrición con amonio y nitrato, en tres concentraciones de N (5, 10 y 15 mM) y un control sin N.

Los resultados mostraron que la aplicación afectó positivamente el crecimiento de los cinco genotipos, en comparación con la condición de cero N. A una concentración de 5 mM, ambas fuentes fueron suficientes para satisfacer los requerimientos de la palma. No obstante, a concentraciones más altas, la nutrición con amonio funcionó igual o mejor que la de nitrato, lo que indica que las plántulas de palma de aceite son altamente tolerantes a los fertilizantes a base del primero.

Los cultivares *E. guineensis* y OxG frente a las aplicaciones de nitrógeno usando amonio, responden con una mayor biomasa, aminoácidos, contenido de



nitrógeno, niveles reducidos de azúcar y eficiencia en el uso del N, particularmente en la parte aérea. En este estudio, el genotipo Coari x La Mé mostró las diferencias más notables entre los tratamientos y los grupos de amonio frente a los de nitrato, en comparación a los cuatro de *E. guineensis*.

En general, las plántulas de palma de aceite tienen la ventaja de utilizar el amonio, que se refleja en un mayor crecimiento y desarrollo. Mejores respuestas de la planta en función de las fuentes significan un empleo más eficiente del nitrógeno, y esto es el primer paso para impactar de manera positiva los rendimientos y la productividad.

2.6.2. Tecnologías para el aprovechamiento de la física y la biología de suelo

Evaluación de metodologías para laboreo en suelos compactos, sobre el desarrollo y producción del cultivo

Este estudio se estableció en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras (CEPC), Zona Oriental, desde el 2017. Su objetivo es cuantificar los cambios en las propiedades físicas y mecánicas del suelo; evaluar las variaciones vegetativas entre tratamientos; comparar el efecto de los sistemas de labranza sobre el

rendimiento de fruta fresca y la tasa de extracción de aceite, para los primeros tres años de producción; y evaluar técnica y económicamente los métodos de labranza: aplicación de rastra, Cenitandem en línea de siembra, cincel rígido en área total y Cenitandem en línea de siembra más cincel rígido, 30 días después de la siembra.

Los resultados destacan los impactos de la labranza en variables del suelo: el tratamiento con menos profundidad presentó una infiltración inferior acumulada (rastra – 8,50 cm), seguido del área labrada con cincel (9,93 cm) y de las que emplearon la combinación de subsolador con cincel y subsolador (30,93 y 58,39 cm respectivamente). Lograr mayor infiltración de agua bajo condiciones de alta precipitación, como las registradas en la Zona Oriental, representa mejor aprovechamiento del agua y disminución de la erosión y la escorrentía.

Con relación a las variables de producción, el mayor número de racimos cosechados por palma fue en las establecidas en las áreas labradas con subsolador + cincel (T3: 17,85 racimos). Con el mismo tratamiento se registró, al cierre del 2022, una mayor producción de 14,64 t/ha (Figura 20).

Estos resultados indican la necesidad de implementar prácticas de labranza profunda, reflejada en variables físicas del suelo, el desarrollo de las palmas y los rendimientos.

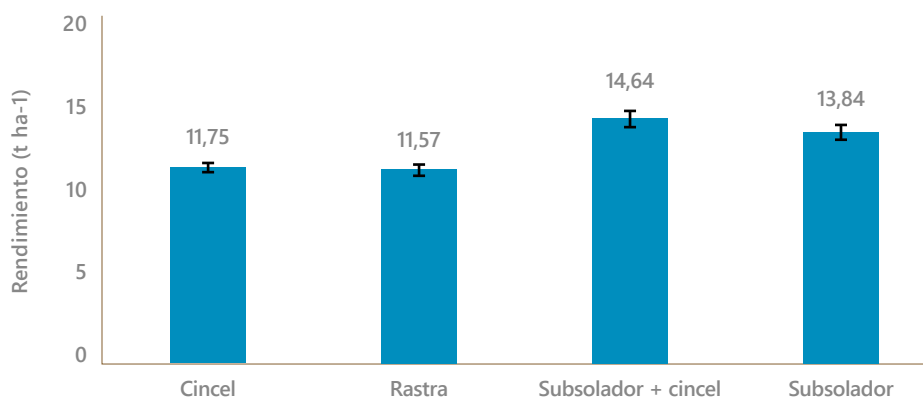


Figura 20. Rendimientos (t/ha) para los diferentes tratamientos de labranzas evaluados.



Metodología para el manejo de arvenses como coberturas potenciales para palma adulta en Zona Oriental, y su impacto en sanidad y productividad

Su objetivo es identificar nuevas coberturas, leguminosas y no, y prácticas de manejo más efectivas. El estudio se inició en junio de 2019, en una plantación ubicada en el municipio de Villanueva, Casanare, en lote de siembras 2011 de palma híbrida OxG (cultivar Coari x La Mé), con una cobertura promedio del

61,9 % de la especie *Asystasia* spp, principalmente en las calles de cosecha y de no tráfico, permaneciendo libre la zona del plato.

Los tratamientos evaluados están conformados por cuatro tipos de manejo de arvenses, con diferentes radios de control respecto al estípite (plato), que pueden ser de tipo químico, cultural o manual por igual para todos según las condiciones que se presenten en campo. Sin embargo, la prueba de Tukey al 5 % no reveló diferencias estadísticas significativas (Figura 21).

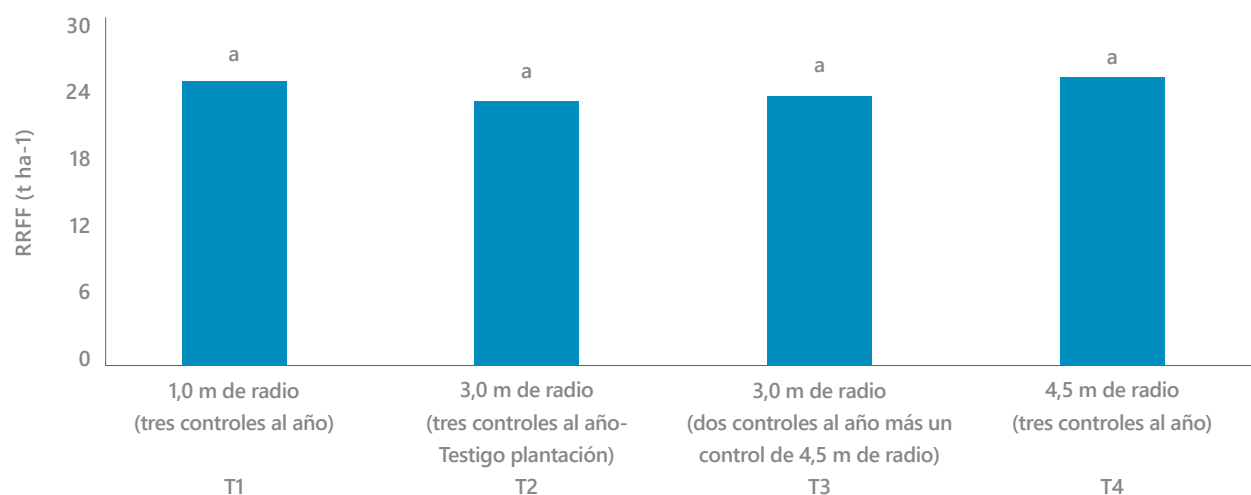


Figura 21. Productividad de RFF en respuesta a radios de control de arvenses respecto al estípite (cuarto trimestre de 2022).

Estudio y caracterización del microbioma asociado al suelo y tejidos en dos genotipos de palma de aceite, en suelos contrastantes de la Zona Oriental

Con el propósito de identificar la estructura y diversidad de comunidades microbianas asociadas a los genotipos *E. guineensis* y el híbrido OxG, usando abordaje independiente de cultivo, se desarrolló un estudio en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras en Paratebuena, Cundinamarca, con muestras de tejido de palmas de la misma edad y material, y en suelos contrastantes.

A partir de la secuenciación del ADN del suelo, rizosfera, raíces y hojas, se hallaron alrededor de 10 filos representativos dentro de las secuencias identificadas: *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Chloroflexi*, *Myxococcota*, *Firmicutes*, *Verrucomicrobia*, *Planctomycetota*, *Bacteroidota* y *Crenarcheota*, siendo los de las dos primeras, los más abundantes en todas las muestras analizadas. Adicionalmente, se observó un grupo significativo de secuencias no determinadas.

Lo anterior, refleja la presencia de bacterias que pueden estar desarrollando actividades metabólicas que favorecen la productividad de la palma, y en algunos casos aportan directamente nutrientes como el nitrógeno fijado de la atmósfera o por mecanis-



mos indirectos como el aumento de la eficiencia de los nutrientes por mejora en la disponibilidad, solubilización o absorción.

Con relación a los índices de riqueza de especies y de diversidad, se confirmó un nivel alto en las muestras correspondientes a suelo y rizosfera, principal reservorio de microorganismos.

En cuanto a la asignación taxonómica, se identificaron hongos conocidos por su ciclo de vida o funciones benéficas para el cultivo, como es el caso de los Agaricales, destacados por su alta capacidad de degradar lignina presente en la materia orgánica. Se caracterizan por tener cuerpos fructíferos de tipo setas, que muchas veces crecen sobre los cúmulos de biomasa, en donde ayudan a la degradación y reciclaje de nutrientes de forma natural.

Otros taxones identificados incluyen el orden de los Glomerales y el género *Glomus*, en el que se ubican varias especies de micorrizas, que colonizan tejidos vegetales y plantas de diversos cultivos.

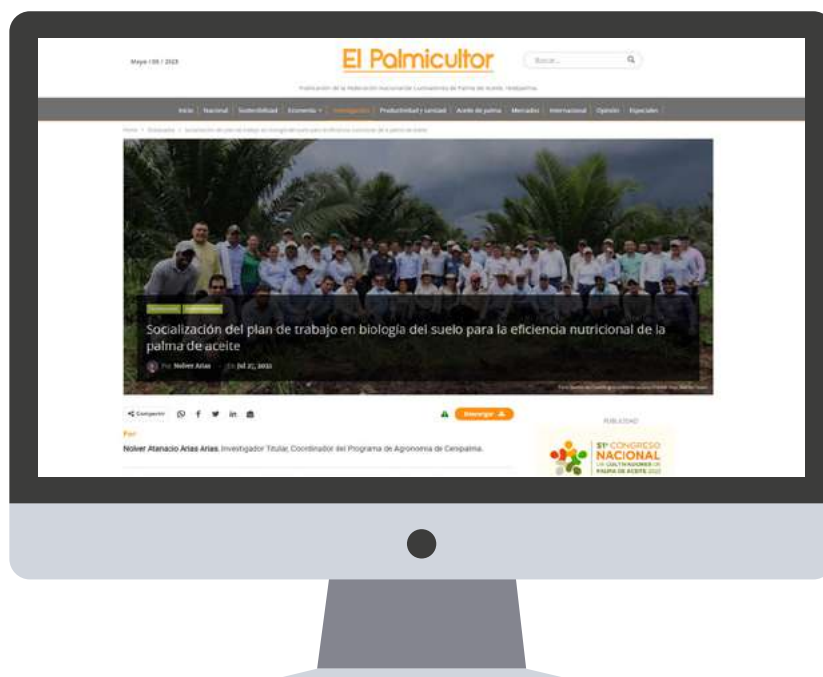
Del mismo modo se hallaron hongos claramente benéficos, y con funciones de promover el crecimiento vegetal y aumentar la productividad o sa-

nidad en algunos cultivos, como los *Trichoderma*, especie *T. asperellum* y *T. longipilis-spirale*, así como secuencias asociadas al género *Metharhizium*, del que se conoce su capacidad entomopatógena y su potencial uso como bioinsecticida para el control del plagas o insectos dañinos. También, secuencias asociadas al género *Fusarium*, que puede indicar la potencial presencia de fitopatógenos asociados al ecosistema de la palma o establecimiento de manera temporal en nichos específicos que facilitan su proliferación.

Caracterización de coberturas vegetales, con potencial técnico y económico para paisajes contrastantes en palma de aceite

Para identificar y describir la diversidad de las plantas de coberturas asociadas al agroecosistema de la palma de aceite, sus potenciales funciones y beneficios para el cultivo, así como estudiar aspectos relacionados con la compatibilidad de inoculantes y coberturas leguminosas usadas en palmicultura, se realizó un muestreo en seis plantaciones de la Zona

En el marco del Comité Asesor Agronómico de la Zona Oriental se socializó el proyecto sobre biología del suelo en los agroecosistemas palmeros, en la línea de investigación denominada Nutrición de la palma. Artículo completo en:
<https://elpalmicultor.fedepalma.org/socializacion-del-plan-de-trabajo-en-biologia-de-suelo/>





Norte (Cesar), mayores a cinco años, en calle de palmera o de no cosecha (calle alterna).

Se registraron 158 especies de 56 familias. Poaceae (23), Fabaceae (17), Asteraceae (8) y Malvaceae (7) fueron las de mayor riqueza específica.

Aunque la composición florística del sotobosque en plantaciones de palma de aceite en el Cesar es heterogénea, pocas especies fueron dominantes, lo que amerita especial atención en la gestión de sus poblaciones. En general, solo cuatro representaron el 60,2 % del índice de valor de importancia: *Panicum tricooides*, *Grona triflora*, *Acroceras zizanooides* y *Adiantum tetraphyllum*.

2.6.3. Tecnologías para el manejo eficiente de la nutrición del cultivo, enfocadas en el uso adecuado de las fuentes de nutrientes

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

Se desarrolló un trabajo de investigación para determinar el potencial productivo de *E. guineensis*, como

respuesta a la fertilización bajo un adecuado manejo agronómico del cultivo, sin aplicación de riego. En esta zona, la oferta ambiental (componente suelo) difiere de los requerimientos para que la palma de aceite exprese dicho potencial.

Con respecto a las variables de producción, el peso medio del racimo (PMR) presentó una tendencia al alza a partir de las dosis crecientes de nitrógeno, expresando su máximo valor (24,0 kg) en la de 232 kg/ha (200 %), cercano a 1,2 kg de N/palma. Por otro lado, la dosis central del 100 % presentó un PMR de 20,2 kg (Figura 22).

Por otro lado, la aplicación de potasio en el suelo promovió una respuesta positiva en el rendimiento de racimos de fruta fresca: sin este nutriente fue de 12,9 t/ha, mientras que con la dosis del 100 y 200 %, aumentó a 15,2 y 18,0 t/ha como su punto máximo.

Los resultados de la correlación alta y significativa con el nitrógeno se asocian con lo observado para las variables productivas e indican que, bajo condiciones de Altillanura, las principales respuestas en productividad tienen que ver con las dosis efectivas de nitrógeno y en segundo lugar, con las del potasio.

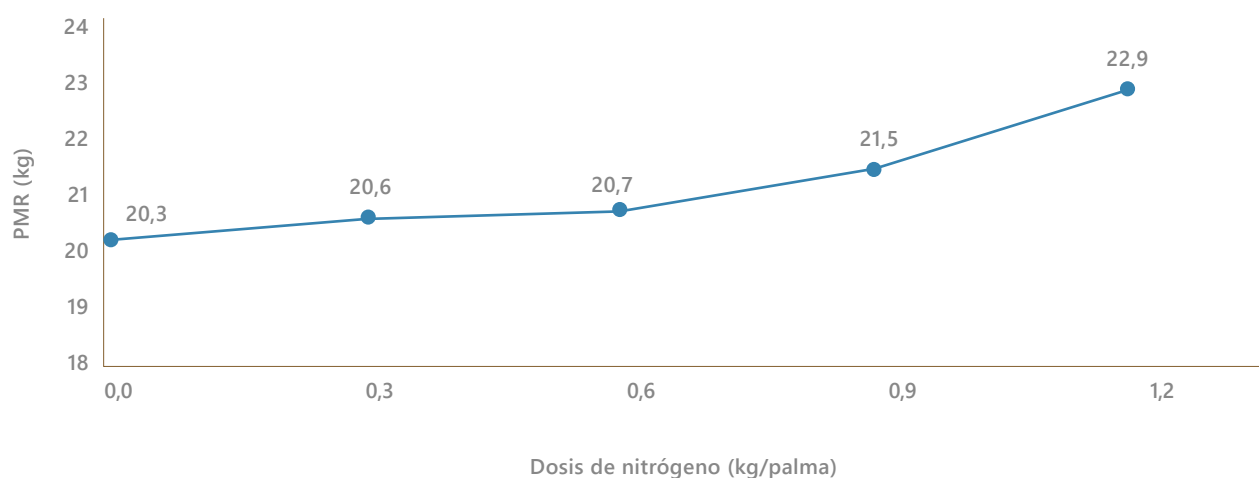


Figura 22. Respuesta del peso medio de racimo a las dosis crecientes de nitrógeno, bajo condiciones de la Altillanura, Zona Oriental.



Dosis óptimas de nutrientes con base en fuentes fertilizantes de liberación controlada, en condiciones de la Zona Oriental

El experimento inició en el 2017, en una plantación de Cabuyaro (Meta), Zona Oriental. El objetivo es seleccionar fuentes fertilizantes de mayor eficiencia agronómica, que permitan reducir el impacto ambiental de la fertilización en el cultivo, en siembras de híbrido Coari x La Mé de 2008. Se evalúan ocho tratamientos.

Se observaron pérdidas por volatilización entre el 2 y el 36 % del total aplicado, con diferencias entre las fuentes nitrogenadas (Figura 23).

Los ocho primeros días después de la aplicación son los más críticos, pues en promedio se pierde el

81 % del total de la volatilización registrada a los 23 días de iniciada la prueba.

A su vez, la Simplot presenta menores pérdidas por volatilización que la urea, tanto para las dosis del 50 como del 100 %.

Los mayores rendimientos de RFF para Simplot, se alcanzaron con el 75 % de la dosis (21,2 t/ha); mientras que, para el caso de la fuente del productor, se logró con la máxima dosis de nitrógeno (21,6 t/ha), sin diferencias estadísticas entre las demás excepto con el Testigo, que presentó un rendimiento de 11,9 t/ha (Figura 24). Por otro lado, se observa que, en promedio, la fuente de liberación controlada promovió un rendimiento descriptivamente mayor, cuando se compara con la del productor (de 0,9 t/ha de diferencia).

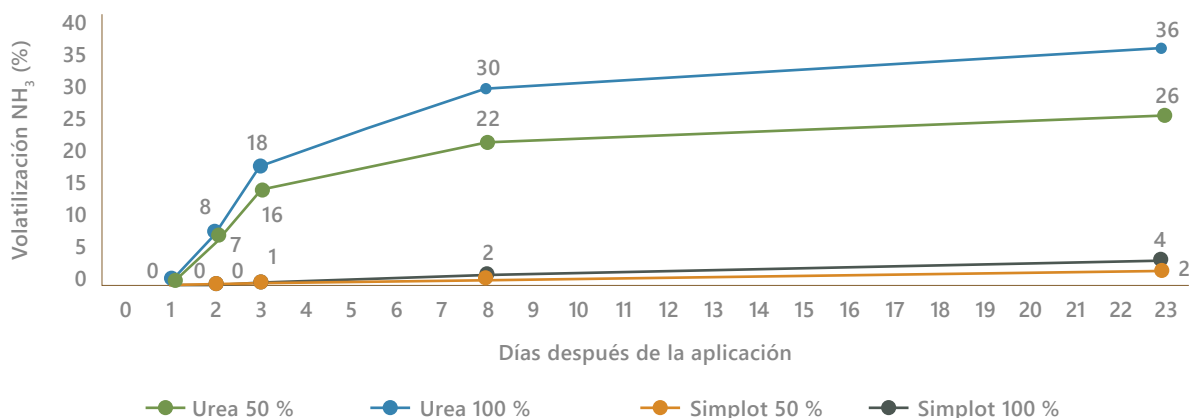


Figura 23. Volatilización de nitrógeno en forma de amoníaco (NH_3), en respuesta a la aplicación de dosis y fuentes de fertilizantes nitrogenados (cuarto trimestre de 2022).

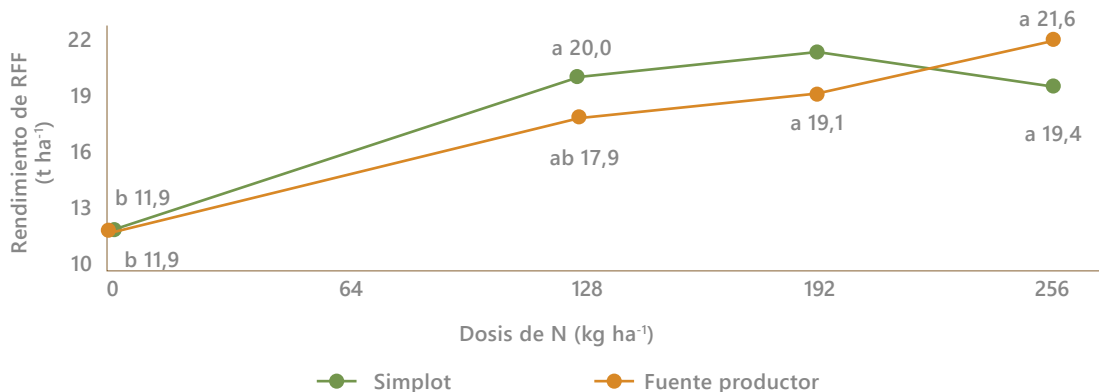


Figura 24. Rendimiento de racimos de fruta fresca en respuesta a la aplicación de dosis, fuentes y fraccionamiento de fertilizantes nitrogenados (cuarto trimestre de 2022).



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

Su objetivo principal es establecer y mantener cultivos de híbrido OxG competitivos y sostenibles. A continuación, se reportan los avances obtenidos en el 2022, en sus productos principales.

2.7.1. Tecnologías para inducir la formación de frutos

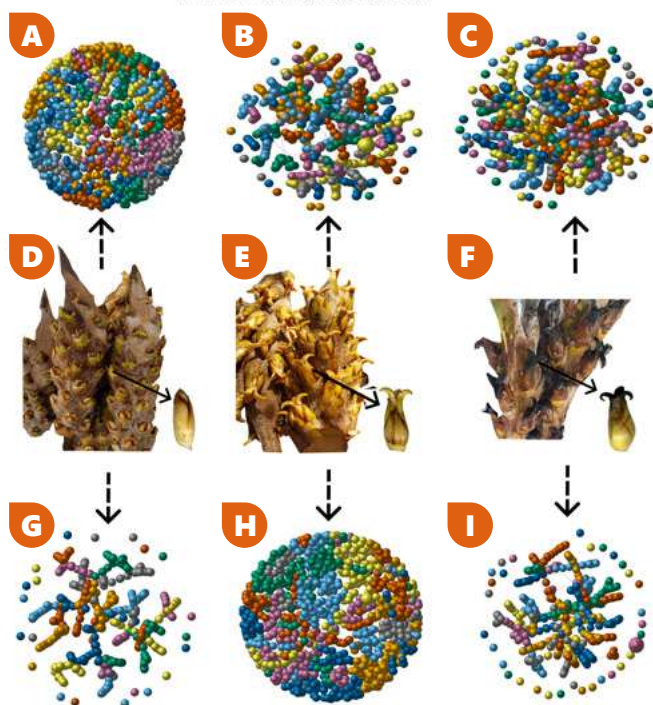
Genes relacionados con la partenocarpia inducida por ANA en el híbrido O×G

Se realizó un estudio de expresión de genes, para entender las bases moleculares ante la aplicación del ANA (ácido naftalenacético) en el híbrido Coari x La Mé, y la consecuente formación de frutos partenocárpicos. Los principales resultados mostraron diferentes patrones de expresión al aplicar ANA vs. polen, en los estadios fisiológicos de preantesis (603), antesis (607) y posantesis (700) (Figura 25). El perfil se estudió en tres momentos separados después del tratamiento: a los cinco minutos (T0), a las 24 horas (T1) y a las 48 horas (T2).

Los patrones distintos para cada tratamiento y estadio permitieron identificar los genes claves en la formación de frutos partenocárpicos al comparar la aplicación de ANA vs. polen. Este conocimiento sobre los mecanismos moleculares implicados en la partenocarpia podría utilizarse para el desarrollo futuro de técnicas de edición del genoma, que faciliten la producción de cultivares híbridos partenocárpicos O×G sin la aplicación de reguladores de crecimiento.



Tratamiento con ANA



Tratamiento con Polen

Figura 25. Red general de coexpresión de genes para cada etapa fenológica (D - 603 preantesis, E - 607 antesis y F - 700 posantesis), bajo tratamiento con ANA (A, B y C) y polen (G, H e I).

Respuesta de la aplicación polen-ANA-ANA en la composición física del racimo en el híbrido Coari x La Mé

Debido al éxito que ha tenido el uso del ANA en el híbrido, las plantaciones han realizado diferentes prácticas y en algunos casos modificaciones, con el fin de optimizar los procesos, incluyendo rendimiento en la labor en campo y a nivel de plantas de beneficio, y mejoras en el procesamiento de la fruta, por los problemas asociados con la carencia de la almendra y la palmistería.

Para ello, a nivel de campo, se ha trabajado en la polinización con polen como primera aplicación y ANA en segunda y tercera (P-A-A), modificando la metodología establecida por Cenipalma, de tres de ANA en estadios 607, 609 y 703 (A-A-A).

Se realizó un seguimiento a la metodología P-A-A, con seis tratamientos, incluyendo aplicación única de polen y combinaciones de polen y ANA, tanto líquida como en polvo, en inflorescencias del cultivar Coari x La Mé. A la fecha, se observa que la combinación P-A-A resulta en un menor potencial de aceite en el racimo, respecto a A-A-A. Adicionalmente, con la formación de frutos normales, el 12 % de estos no producen almendra. Los pesos de racimo no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados.

En conclusión, a pesar de producir marginalmente una mayor cantidad de nuez en la aplicación P-A-A en comparación con A-A-A, la cantidad de almendra es similar entre los tratamientos. En este sentido, se debe valorar el impacto económico para evaluar la pertinencia y/o viabilidad de los tratamientos.

2.7.2. Tecnologías para el establecimiento y desarrollo de cultivos sostenibles

Secuenciación del genoma de la especie *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés

En el 2022 se presentaron avances en el proyecto del genoma de *Elaeis oleifera* que realizan Cenipalma y Agrosavia. Se caracterizó la diversidad genética a nivel genómico, con el fin de optimizar la productividad del híbrido OxG. Para ello se llevó a cabo la secuenciación del genoma y la correspondiente anotación de genes.

A nivel de anotación funcional, a pesar del alto número de genes obtenidos, solo una tercera parte fue anotada. Para mejorar este aspecto, será necesario implementar una estrategia de filtrado, como el uso del mapeo de datos de RNA-seq y elementos transponibles. A nivel biológico, es interesante la cantidad de variantes intraespecíficas de *E. oleifera* y las diferencias a nivel genómico con su congénere *E. guineensis*.



Estos hallazgos serán el punto de partida para análisis posteriores, que permitan profundizar en la variabilidad y diversidad genética de *E. oleifera* y su uso como fuente de mejoramiento genético. A partir de este trabajo, se proyectan estudios de variantes genéticas para perfil lipídico de aceites, genes de resistencia y densidad del genoma, con el fin de descubrir regiones de interés.

Mesa de trabajo de híbrido OxG: caso de estudio en la Zona Norte

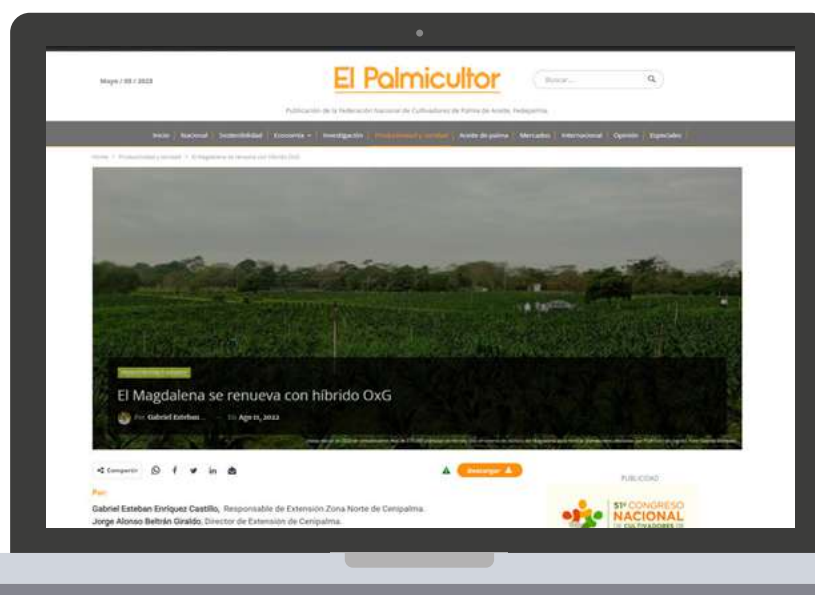
Los palmicultores de la Zona Norte están desarrollando procesos de renovación, especialmente en el Magdalena, con cultivares híbridos OxG como una alternativa genética a la Pudrición del cogollo (PC). A través de la Dirección de Extensión de Cenipalma, se estableció la Mesa de trabajo de híbrido OxG, estrategia de transferencia de tecnología dirigida a tomadores de decisión y técnicos de la región.

Esta iniciativa responde a la coyuntura y a necesidades específicas del Departamento del Magdalena, en una dinámica de coordinación conjunta entre Cenipalma y los productores.

La prioridad inicial es el manejo agronómico con las mejores prácticas en el proceso de renovación, en el que se han identificado viveros para la siembra de más de 3.000 hectáreas, sin dejar de lado otras fases del cultivo. Además, parte del enfoque tiene en cuenta aspectos ambientales, dado que existen decisiones que se deben tomar en el corto plazo para potenciar cultivos biodiversos, y contrarrestar el cambio climático.

En 2022 se realizaron cuatro eventos en temáticas inherentes al desarrollo de plantaciones sostenibles de híbrido OxG: tipos de sustratos y requerimientos hídricos para viveros; reconocimiento de palmas de aceite con anomalías en viveros y en campo; diseño de plantaciones sostenibles y manejo de áreas de conservación; establecimiento de coberturas; restauración ecológica e incremento de la biodiversidad con árboles dispersos; importancia del manejo de *Strategus aloeus* en fase de renovación; siembra de plantas nectaríferas y su beneficio para incrementar controladores biológicos; preparación de mezcla y polinización de cultivares híbridos OxG en plantación comercial; manejo de híbridos OxG en el Campo Experimental Palmar de la Sierra; y control

Cenipalma, en conjunto con ApsColombia, realizaron el levantamiento de la línea base de viveros con cultivares híbrido OxG en el Magdalena. El artículo completo en: <https://elpalmicultor.fedepalma.org/el-magdalena-se-renueva-con-hibrido-oxg/>





operativo y costos de riego eficiente, entre otros. En los días de campo participaron 370 personas entre productores, asistentes técnicos, operarios y gerentes de los núcleos.

Finalmente, se construyó con los directores agrónomos, los planes de renovación con cultivares híbridos OxG, teniendo como fuente las iniciativas de siembra de viveros de cinco núcleos. La proyección a 2024 es que en la Zona Norte se tendrán aproximadamente 20.000 hectáreas de híbridos establecidas en campo.

Pruebas de evaluación agronómica (PEA)

El Programa de Biología y Mejoramiento de Cenipalma está generando progenies de híbridos interespecíficos OxG (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), que se evalúan bajo el esquema de pruebas de evaluación agronómica (PEA) en diferentes zonas de Colombia. Su objetivo es identificar los cultivares adecuados en cada uno de los ambientes, y que además respondan a las necesidades del sector. Durante la vigencia 2022, se realizaron en etapa de vivero diferentes

PEA y parcelas de observación. De la PEA 3, que corresponde a cultivares híbrido OxG, se establecieron cuatro pruebas.

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

Obtención de concentrados ricos en fitoquímicos

En desarrollo del proyecto cofinanciado por Minciencias: "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", se hizo, por medio de la evaluación de dos técnicas de extracción, seguimiento al contenido de fitoquímicos antes y después del proceso de refinación física del aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico (HOPO, por su sigla en inglés). Lo anterior, en muestras recolectadas en una refinadora de Villavicencio, Meta (Figura 26).

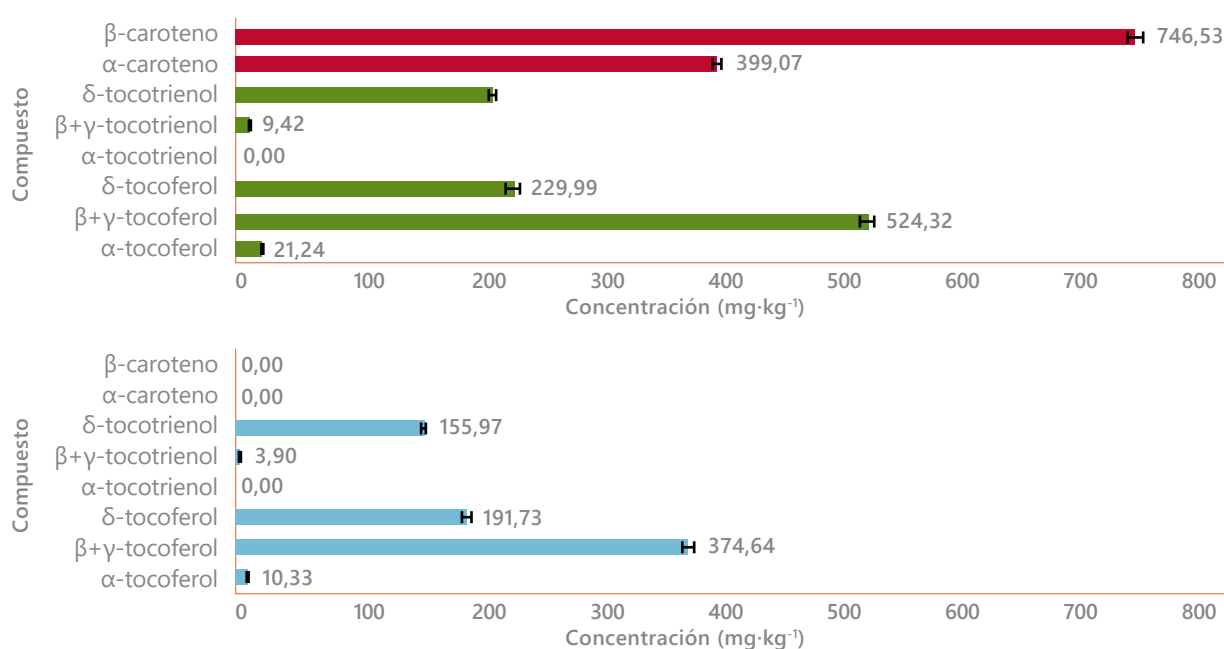


Figura 26. Tocoferoles + tocotrienoles (vitamina E) y carotenoides (α- y β-carotenos), en las muestras de aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico. A. sin refinar, B. refinado, blanqueado y desodorizado.



De los resultados obtenidos se destaca que entre el 26 % y el 30 % de la vitamina E (tocoferoles + tocotrienoles), se degradó durante la refinación física del aceite. Mientras que, en los ácidos grasos destilados del aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico, se presentó un factor de concentración superior al 5 % para este mismo tipo de compuestos (Figura 27).

El anterior es un hallazgo prometedor, que resulta potencialmente provechoso a la hora de proponer a los ácidos grasos destilados de aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico, como una materia prima especial para la obtención de vitamina E.

El estudio permitió establecer que, bajo las condiciones evaluadas, el contenido de carotenoides se degrada hasta más del 98 % durante la refinación del aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico, ya que es retenido en las tierras de blanqueo diseñadas para tal propósito, y no queda como remanente en los ácidos grasos (AGD).

También se determinó la capacidad antioxidante frente al radical libre y el contenido de fenoles y de

polifenoles totales, antes y después de su refinación, incluyendo a los AGD-HOPO como subproductos de valor potencialmente aprovechable.

Evaluación de procesos de concentración de fitonutrientes del aceite de palma crudo con mayor contenido de ácido oleico (O×G Coari × La Mé), para uso alimentario

Se realizaron ensayos de ultrafiltración y de nanofiltración, con la finalidad de conocer el comportamiento de compuestos de interés como son los carotenos. Para el proceso de ultrafiltración, se obtuvieron permeados con bajo contenido de compuestos de alto peso molecular, al retenerse como torta en la membrana (*fouling*), y el paso de otros a través de la membrana de ultrafiltración, principalmente carotenoides. Los extractos permeados de tales ensayos podrían ser considerados como materia prima para diversas aplicaciones en la industria alimentaria, incluso como colorante natural.

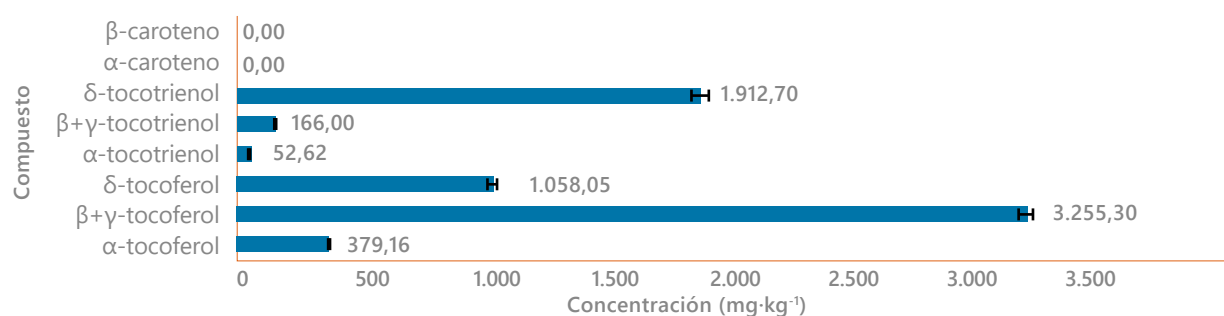


Figura 27. Tocoferoles + tocotrienoles (vitamina E) y carotenoides (α- y β-carotenos), en las muestras de ácidos grasos destilados de aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico.

Encuentre en la revista Palmas Vol. 43 Núm. 3 de 2022 el artículo *Producción de aceite de palma alto oleico (APAO) a partir de frutos partenocárpicos en híbridos interespecíficos de palma de aceite utilizando ácido naftalenacético*. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13914>





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

Su objetivo principal es obtener productos y subproductos competitivos de la agroindustria de la palma de aceite. Los principales avances de esta línea en el 2022, se reportan a continuación.

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

Alternativas para el procesamiento del híbrido

En la búsqueda de alternativas para el procesamiento de racimos de fruta fresca (RFF) híbridos, se trabajó en varios frentes.

Primero, se evaluó el uso de agregados (esferas de madera y tagua) a la sección de prensado, con el fin de contribuir a la mejora del proceso de extracción del aceite de palma. Se comprobó, en ambos casos, que esta es una opción válida y recursiva para procesar RFF de palmas híbridas.

Segundo, se analizaron los equipos adquiridos por dos plantas de beneficio (una en la Zona Central y otra en la Suroccidental), para valorar la alternativa de suprimir los agregados a través de la evacuación de los líquidos del digestor y del ducto que lleva de este a las prensas. En los dos casos se identificó con éxito que es posible procesar RFF de palmas híbridas, sin necesidad de agregar ningún elemento adicional. Dentro de los análisis de impregnación en fibra de



las prensas evaluadas, no se evidencian diferencias estadísticas en el aumento o disminución de las pérdidas de aceite en fibra de mesocarpio.

Se definió por primera vez el factor de sólidos en la prensa (SP), logrando tener un rango amplio de trabajo entre cultivares *E. guineensis* e híbridos. Plantas que ya se unieron a estos resultados, han mejorado su capacidad de prensado pasando del 50 al 85 %, y ahorros por más de \$ 60.000.000 mensuales al evitar la compra de tagua como coadyuvante de este.

Tecnologías y/o metodologías para determinación del potencial industrial de aceite (PIA), que integran variables desde plantación

Para la determinación del PIA, se han trabajado dos metodologías de investigación: i) tecnología TEMIS en línea (medición de cantidad y calidad del aceite) y ii) masa que pasa al digestor (MPD). Se resalta que la tecnología TEMIS permite un seguimiento cada cinco segundos, lo que reduce la incertidumbre de los datos obtenidos por proveedor. Adicional a la medición del PIA, posibilita controlar el consumo de agua de dilución del licor de prensa, disminuyéndolo en alrededor de 6.000 m³ en el 2022 comparado con el 2021 (en pruebas en una PB). También, proporcionó mejoras en la toma de información (APP en dispositivos móviles) y generación de informes de indicadores por proveedor.

En la metodología MPD se evaluó la opción de reducir el tiempo de análisis en planta, a través de la validación de modelos de regresión que estiman el potencial de aceite en función de la humedad para racimos híbridos OxG y *E. guineensis* (DxP). Al término del 2022, se consolidaron más de 100 datos para los dos cultivares. Considerando que también se cuenta con sistemas de esterilización no convencional en planta de beneficio, se realizaron las primeras pruebas para observar el comportamiento de pérdida de humedad de RFF de *E. guineensis*, empleando

esterilización oblicua. Se encontró de manera preliminar que, a diferencia de la horizontal, es posible que la posición del racimo dentro del esterilizador tenga un efecto sobre dicha pérdida.

En cuanto a la integración de las variables agronómicas para la determinación del potencial de aceite y las metodologías previamente descritas, se determinó que con TEMIS se puede identificar el PIA de plantaciones afectadas con incidencia de PC. Igual sucede con la MPD, que permite evaluar el efecto que tiene el manejo de la PC sobre el contenido de aceite, ya que es factible medir las características de cada uno de los componentes del racimo.

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

Método de evaluación de nuevo criterio de calidad de racimos en tolva

Se evaluaron tres alternativas para la calificación de fruto: i) metodologías para la identificación de fruto interno y nuevos criterios de valoración de racimos de híbridos OxG; ii) tecnología para automatizar la calificación de racimos mediante inteligencia artificial y espectroscopía NIR; y iii) estimación del tamaño de muestra para determinar la calidad de la cosecha/conformación del racimo (*E. guineensis*).

La primera se trabajó en conjunto con el comité de plantas de la Zona Suroccidental, con el fin de identificar los criterios de evaluación para la conformación interna de racimos utilizados por cada una. Se estableció como 1) buena conformación (bien polinizado) 80 % y 2) mala conformación (mal polinizado) 20 %. De igual forma, se identificaron y cuantificaron los componentes individuales del racimo (tusa, humedad, fruto normal, partenocárpico y no aceitoso, e impurezas) y la calidad por parámetros de maduración y potencial de aceite en aquellos polinizados con ANA.



En la segunda, se logró avanzar en la adición de más de 150 imágenes, en promedio, para cada criterio de calificación asociado a maduración de racimos *E. guineensis* (verde, maduro, sobremaduro, podrido). Esto mejoró los indicadores estadísticos de detección y clasificación, alcanzando un nivel de error por debajo del umbral del 20 %, y mayor eficiencia para las variables verde y podrido. Esta tecnología, se acoplará al prototipo de visión artificial para complementar el esquema de detección conjunta entre clasificación y segmentación de imágenes, según la respuesta espectral identificada.

Los investigadores Jesús Alberto García Núñez y César Augusto Díaz Rangel, fueron reconocidos con

el segundo puesto del Premio Nacional al Inventor Colombiano, organizado por la Superintendencia de Industria y Comercio, SIC. El trabajo galardonado: Sistema para calificación de racimos de palma de aceite a través de inteligencia artificial y tecnologías 4.0 IA RFF, permitirá calificar la calidad de más del 70 % de los racimos que llegan por cada viaje, en términos de maduros, sobremaduros, verdes y podridos. Este es un gran avance, pues el porcentaje actual, sujeto al error humano, no sobrepasa el 6 %.

La Figura 28, muestra una representación del uso de las tecnologías para calificación de racimos, y seguimiento a la cantidad y calidad de aceite en las plantas de beneficio.

En el boletín *El Palmicultor* digital puede conocer detalles de la investigación por la cual los investigadores de Cenipalma recibieron el premio. <https://elpalmicultor.fedepalma.org/cenipalma-premio-inventor-colombiano/>

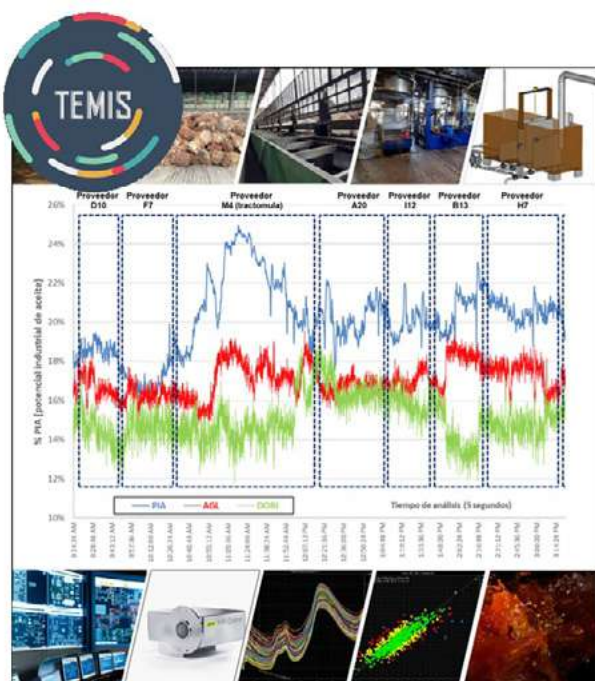


Figura 28. Representación del uso de tecnologías 4.0 en plantas de beneficio.



Tecnología para la mitigación de contaminantes a escala de laboratorio y/o planta

Debido a los nuevos requerimientos de calidad, exigidos al aceite de palma para su comercialización en los mercados internacionales, en la vigencia 2022 se inició la evaluación de procedimientos para la mitigación de contaminantes a escala de laboratorio y planta de beneficio.

Para el estudio, se especificó identificar las propiedades fisicoquímicas del aceite de palma crudo (APC) extraído del cultivar *E. guineensis* y su aceite refinado (RBD), principalmente la presencia de contaminantes clorados (3-MCPD, 2-MCPD, cloro y GE), metales (As, Pb, Cu y Fe) y derivados provenientes de aceites minerales (MOSH y MOAH). Luego de su evaluación, se corroboró que la metodología de separación de corrientes (condensados de esterilización, recuperado de prensa de tusas y aceite en florentinos), disminuye el nivel de precursores de contaminantes y contaminantes del APC.

Sin embargo, si la calidad de los racimos que vienen de las plantaciones es óptima y en las plantas se aplican buenas prácticas de procesamiento, no es necesaria la división de flujos, siempre y cuando el aceite que entra al proceso esté por debajo de 2 mg/l de cloro. Se pudo evidenciar que el aceite se deteriora fácilmente, con un solo proveedor que ingrese fruta en malas condiciones.

Metodologías analíticas estandarizadas para la determinación de contaminantes

Con respecto al control del proceso dentro de la planta de beneficio, tanto en aspectos de pérdidas de aceite como de la medición de los parámetros de calidad, se resalta la investigación en la creación de modelos para lograrlo. El trabajo con equipos de espectroscopía del infrarrojo cercano (NIR, por su sigla en inglés) en dos plantas de beneficio, arrojó

modelos que ayudan a mejorar la respuesta de las pérdidas de aceite, de 24 horas o más a unos pocos minutos. Así mismo, para determinar la calidad, no solo se minimiza el tiempo sino también el uso de reactivos y equipos.

Hasta la fecha, las metodologías consolidadas con modelos de predicción son: pérdidas de aceite en fibra seca y en fibra fresca para híbrido y para *E. guineensis*; AGL para *E. guineensis*, para híbrido y para mezclas; e índice de yodo para híbrido, para *E. guineensis* y para mezclas.

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

Modelo de la integración de una planta de beneficio con tecnologías alternativas de generación de energía - Año 1

El modelo de integración consideró un estudio del potencial de generación de energía eléctrica a partir de la biomasa de palma, tanto sólida (fibra, cuesco y tusa) como líquida (POME). Se evaluaron cuatro escenarios: i) uso de la biomasa actual y tecnologías más eficientes; ii) utilización del cuesco y fibra en cogeneración, y efluentes en digestión anaeróbica; iii) empleo de todo el cuesco y la fibra, el 30 % de la tusa en cogeneración y el restante de tusa, y efluentes en digestión anaeróbica; iv) uso de toda la fibra y cuesco en cogeneración, y todo el efluente y tusa en digestión anaeróbica.

De los resultados se destaca que el potencial energético promedio de toda la biomasa generada en planta de beneficio es de 4.409 MJ/t de RFF procesada. Para el 70 % de la producción nacional de APC analizada se tiene un potencial de 21.688 TJ/año, que equivale aproximadamente a 1.094 MW (87 % energía de la biomasa sólida y 13 % del biogás).



Luego de la conversión, humedad, tecnologías usadas, demanda térmica y eléctrica utilizada por escenario, se tienen excedentes de energía de entre 42 y 208 MW. Con estos valores, se estima que el sector palmicultor de Colombia podría contribuir al Plan energético nacional propuesto por el Gobierno para el 2050, con un 35 a 56 % de la meta fijada, que es de 401 MW de generación de energía con biomasa.

Metodologías, productos y alternativas de uso de la biomasa enmarcados en economía circular – Fase II

La agroindustria tiene una disponibilidad de biomasa, que debe ser valorizada de forma eficiente para disminuir la huella de carbono, al tiempo que sustituye el uso de carbono de fuente fósil. La captura de biogás y su empleo en la generación de energía, permite reducir hasta en un 50 % las emisiones de GEI de la cadena de producción del aceite de palma. Al ser necesaria la disminución del contenido de sulfuro de hidrógeno (H₂S) del biogás para la producción de energía, el uso de adsorbentes como el biocarbón puede contribuir a cumplir con los parámetros.

Se evaluó el biocarbón de cuesco (dopado con cobre y activado a 250 °C en varios pasos de pirólisis), tanto en columnas de adsorción como en fase acuosa, a nivel de laboratorio. Los resultados mostraron una reducción de más del 90 % del contenido de azufre, presente en fase acuosa. La producción de biocarbón y sus aplicaciones en la industria, puede variar según las características de la biomasa utilizada y el proceso de pirólisis.

Para establecer la utilización de biomasa de palma de aceite, en la generación de nuevos productos enmarcados en economía circular, se requiere de su caracterización previo a identificar el proceso de conversión que más conviene.

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

Dentro de los aspectos de investigación que se desarrollan en este proyecto, se destaca la generación de valor del aceite de palma con respecto a su potencial funcional, incluyéndolo en diferentes matrices alimentarias y fomentando el consumo de tocotrienoles, carotenos, fitonutrientes y ácidos grasos. Estos trabajos se realizaron a través de diferentes convenios y alianzas estratégicas con otras instituciones.

Una de las principales actividades está relacionada con la difusión de las características nutricionales, beneficios y usos de los aceites de palma y sus productos, como alimentos sin impacto negativo sobre la salud, y destacando sus cualidades desde un punto de vista técnico y soportado por evidencia científica.

Durante 2022, se adelantaron las siguientes actividades: participación en el 36 Congreso de Metabolismo y Nutrición Clínica, en el Simposio Tendencias alimentarias pospandemia y en el Mommy Fest, con una charla sobre alimentación en los primeros 1.000 días; realización de un seminario web sobre ácidos grasos saturados y aceite de palma, dirigido a médicos generales; y publicación de cuatro ediciones del boletín informativo Salud & Nutrición.

Consulte los boletines de Salud & Nutrición aquí:
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/salud/issue/archive>





En cuanto a la normatividad y al sistema regulatorio, se asistió al Comité 49 de grasas y aceites vegetales del ICONTEC, donde se discutió acerca de la actualización de la NTC 260 sobre aceite de palmiste, y se revisaron las observaciones posconsulta pública de la NTC 258 sobre aceite de oliva y aceite de orujo de oliva. Se participó en un seminario web sobre la inocuidad alimentaria y se estableció un plan de normas para 2023-2025 que incluye el interlaboratorio de contaminantes, liderado por Cenipalma. Se hicieron comentarios a la Resolución 810 de 2021 del Ministerio de Salud y sus modificaciones, y se gestionó ante al Invima el tema de las visitas de inspección a plantas de beneficio.



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

Esta línea está comprometida con generar y entregar conocimiento, que permita incrementar la eficiencia de los procesos en cultivo de palma de aceite y en planta de beneficio. Por eficiencia económica se entiende el uso óptimo de los factores de producción. En otras palabras, cada peso invertido en mano de obra, insumos, bienes de capital y tierra, debe generar el máximo beneficio para el palmicultor. El consolidado de los principales resultados, durante la vigencia 2022, indica que se abordaron todos los productos de largo plazo asumidos. A continuación, se describen.

2.9.1. Tecnologías para aumentar la productividad laboral

Metodología para la estimación del rendimiento laboral en palma de aceite: casos de la polinización artificial y la cosecha

La optimización de la mano de obra en Colombia se ha convertido en una prioridad para el sector palmicultor, dado que en 2021 esta participaba con más del 40 % de los costos de producción de racimos de fruta fresca (RFF). Los procesos de cultivo que concentran su demanda son la cosecha y la polinización. En la primera, representa el 90 % de los costos, y en la segunda el 60 %.

Se desarrolló una metodología para estimar el rendimiento de la mano de obra en las labores de cosecha y de polinización artificial con ANA en polvo, en conjunto con el equipo técnico de dos plantaciones de las zonas Central y Norte.



Debe resaltarse que, en dichas plantaciones, la polinización está a cargo de un operario de campo, quien realiza la identificación, apertura y aplicación del producto en las inflorescencias. Entretanto, la cosecha es desarrollada por un cortador, que reconoce racimos maduros y corta hojas/racimos, y un “bufalero” encargado de recoger el racimo y llevarlo al punto de acopio, recolectar frutos sueltos y disponer las hojas cortadas en las paleras o alrededor de los platos, según sea el caso.

La metodología aplicada, consta de cinco fases:

Fase 1. Estudio de movimientos: a partir de las actividades que los operarios llevan a cabo con mayor frecuencia, desde el inicio hasta el final de la jornada laboral (cada ciclo básico corresponde a los procesos requeridos para ejecutar la labor en una palma).

Fase 2. Estudio de tiempos: con base en el diagrama de procesos, durante 15 jornadas de trabajo completas se identificó el tiempo efectivo de labor (TEL), que corresponde a aquel en el que se realiza la labor asignada. Por ejemplo, el TEL de corte arrojó un valor de 2,27 horas,

mientras que en la polinización artificial fue de 3,41 horas.

Fase 3. Estimación del tiempo por palma: la duración del proceso de cosecha y de polinización en una palma, está dado en función del número de racimos/inflorescencias a cortar/tratar con ANA, en cada una de ellas.

Fase 4. Distribución de palmas por hectárea por categoría: para estimar el rendimiento de las labores, de acuerdo con el cultivo (t RFF/ha), según el número racimos a cosechar/inflorescencias a tratar, importante para considerar la estacionalidad de la producción durante el año.

Fase 5. Estimación del tiempo por hectárea: partiendo de aquel que lleva realizar la labor en una palma.

Fase 6. Estimación del rendimiento de la labor: para esto se divide el tiempo efectivo de labor (TEL) en el tiempo por hectárea.

Las figuras 29 y 30, presentan el rendimiento de las labores, para diferentes valores de densidad de inflorescencias/racimos por hectárea.

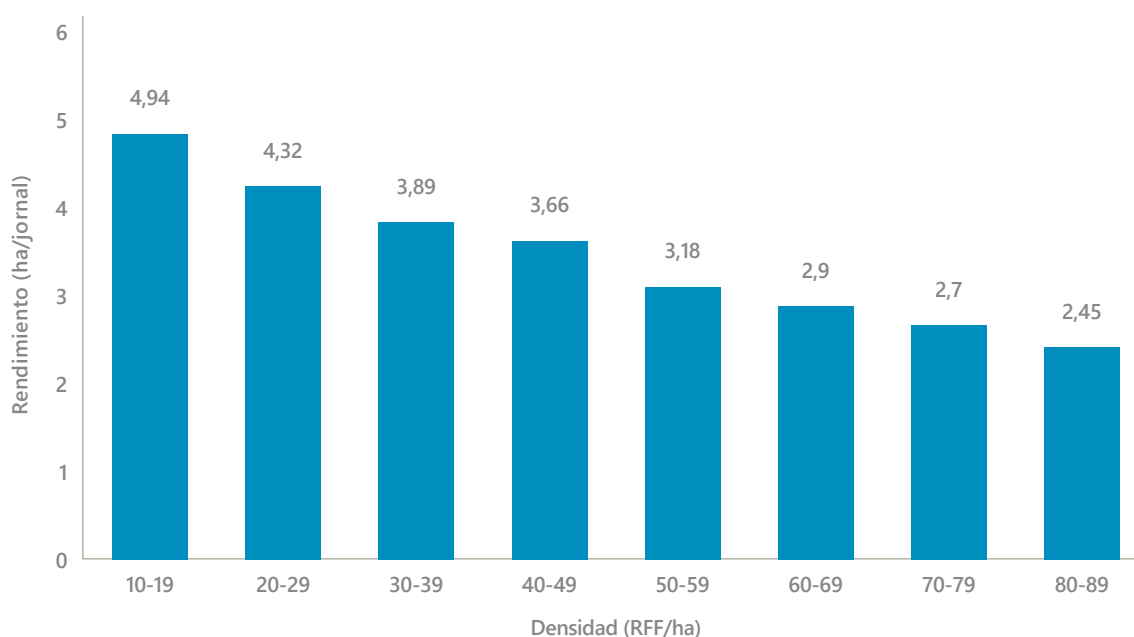


Figura 29. Estimación del rendimiento para el cortador, según densidad de racimos por hectárea.

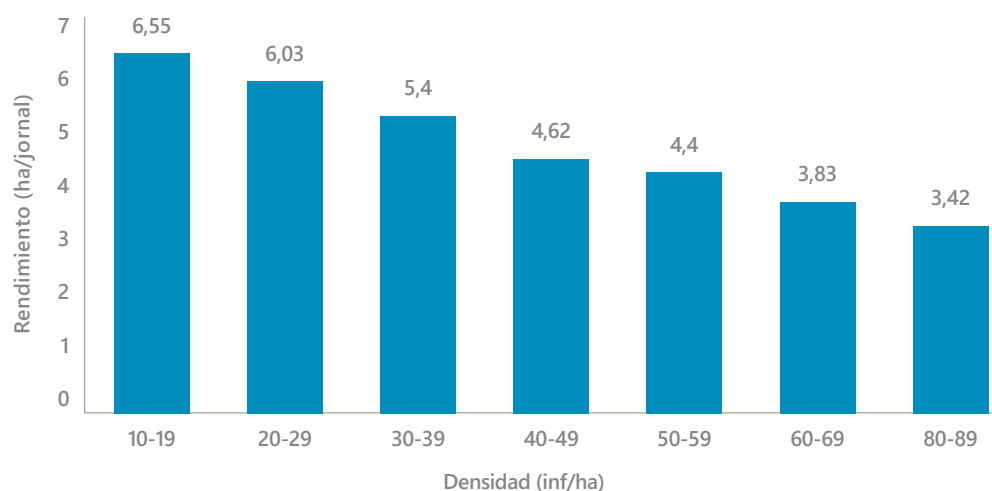


Figura 30. Estimación del rendimiento para el operario de polinización artificial con ANA en polvo, según densidades de inflorescencias por hectárea.

Se evidencia una tendencia a la disminución del área atendida por día, conforme aumenta la densidad de racimos/inflorescencias a cosechar/polinizar con ANA. Lo anterior indica que el rendimiento que debe exigirse a los operarios tiene que establecerse en términos de palmas tratadas y no en área cubierta.

2.9.2. Tecnologías para pronosticar el rendimiento

El déficit hídrico y su influencia en la producción de cultivos de palma aceite Deli x AVROS

El rendimiento potencial en el cultivo de palma de aceite, expresado en toneladas de RFF por hectárea, se determina por diversos factores: cultivar sembrado, prácticas de manejo, nutrición, textura del suelo y disponibilidad de agua. Este trabajo tuvo el propósito de entender cómo el déficit hídrico afecta la producción de RFF, analizando los registros de una plantación localizada en Agustín Codazzi (Cesar).

Se estudiaron los datos de cinco años (octubre 2014 - octubre 2019), de 106 lotes sembrados con el cultivar Deli x AVROS (siembras 1998, 1999, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2016), para un área total de 1.130 ha. Estos corresponden a valores mensuales para las

variables de producción, precipitación, estado fitosanitario (plagas y enfermedades) y déficit hídrico (resultante del cálculo del balance hídrico). Asimismo, se consideraron medidas vegetativas bianuales, análisis foliares anuales y de suelos cada dos años. Inicialmente, se describieron las variables para cada lote en términos de mínimos, máximos, promedios, medianas y coeficientes de variación o en frecuencias absolutas, según el tipo de estas (cuantitativas o cualitativas). También, se realizaron análisis de correlación entre las variables de producción anual con análisis foliares y de suelos, y variables vegetativas.

Para identificar relaciones entre precipitación y déficit hídrico con las variables de producción, se estimaron correlaciones de Spearman entre los dos grupos de variables. Se encontraron patrones de correlación, estadísticamente diferentes de cero, en 87 de los 106 lotes considerados en el estudio.

Las correlaciones entre el déficit hídrico con las variables de producción fueron negativas, indicando que a mayor déficit tiende a bajar la producción, en tanto que, a menor, aumenta. Los rezagos en los que se encuentran correlaciones estadísticamente significativas incluyen entre 12-14 meses, 17-22 meses y 35-40 meses, que corresponden a aquellos entre los racimos maduros y su estadio de desarrollo en su fase reproductiva (escala BBCH).



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

2.9.3. Tecnologías para establecer y cultivar palmas de manera sostenible

Cuantificación de las pérdidas causadas por el raspador de frutos *Demotispa neivai* en el cultivar híbrido interespecífico OxG (Coari x La Mé)

Demotispa neivai (Bondar, 1940) (Coleoptera: Chrysomelidae), es una de las plagas que más afecta al cultivo de palma de aceite, debido al daño que causa al alimentarse de la epidermis de los frutos. Sin embargo, su impacto en cultivares híbridos OxG no se había reportado en la literatura. Esta investigación se orientó a evaluar las pérdidas ocasionadas por el insecto en los RFF provenientes de lotes sembrados con Coari x La Mé, en una plantación de la Zona Central.

Los racimos seleccionados en campo se evaluaron mediante la calificación cualitativa de la severi-

dad del daño asociado a *D. neivai*, usando la escala propuesta por Aldana *et al.* (2004), que considera racimos sanos (grado 0) hasta los afectados entre el 80 % al 100 % de la superficie de sus frutos (Grado 5). Los resultados arrojaron que, si el 80 % de los frutos de los RFF presentan raspado por el ataque de *Demotispa neivai*, las pérdidas en términos de la productividad (t RFF/ha) pueden llegar a 4,7 t RFF/ha al año, y la del contenido potencial de aceite en fruto al 20 % (Figura 31).

Uso del ácido naftalenacético en cultivares comerciales de *Elaeis guineensis* DxP

En varias localidades de las zonas Central y Oriental, se adelantan trabajos tendientes a probar los efectos de la aplicación de ANA en cultivares *E. guineensis* en posantesis (estadio 609). En los ensayos de 2022 en tres plantaciones, se registró el peso medio de los racimos, se calculó el llenado de racimo y se midió el contenido de aceite en el laboratorio, mediante la metodología Soxhlet.

Los resultados mostraron que los racimos formados con polinización natural tuvieron un peso medio que no presenta diferencia estadísticamente significativa con respecto al de aquellos polinizados de manera artificial con ANA. Sin embargo, los tratados

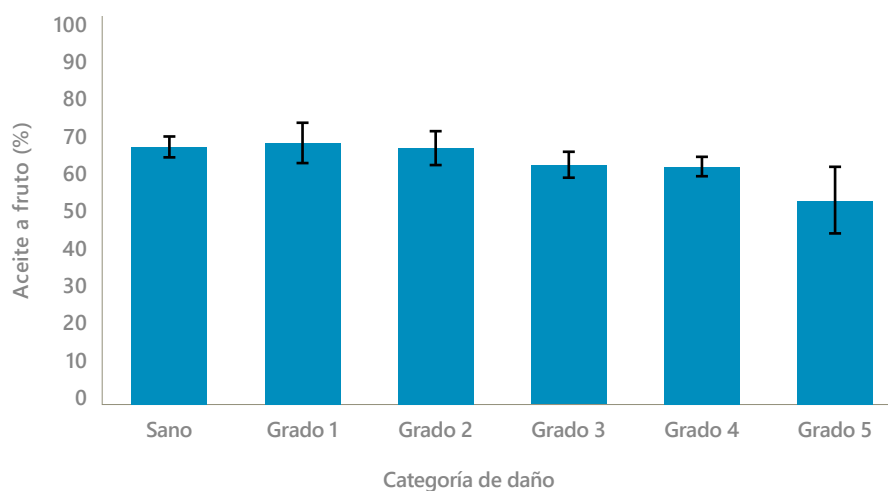


Figura 31. Contenido de aceite por categoría de daño.



con ANA comparados con los polinizados naturalmente evidenciaron: 1) aumento en el número de frutos partenocárpicos aceitosos, 2) una menor proporción de frutos abortados y 3) una disminución en el porcentaje de frutos normales.

En cuanto al potencial de aceite en laboratorio, no se halló una diferencia estadísticamente significativa entre los dos.

Con estos resultados se avizora que en palmas *E. guineensis*, si la polinización natural ocurre sin mayores contratiempos, seguramente no va a ser necesario implementar la polinización artificial. No obstante, Cenipalma avanza en estas investigaciones para tener una respuesta definitiva a la viabilidad del uso del ANA en *E. guineensis*, resultados que se entregarán a la comunidad palmera oportunamente.

Pruebas de evaluación agronómica (PEA)

El programa de Biología y Mejoramiento de Cenipalma está generando progenies de *Elaeis guineensis* DxP con características agronómicas sobresalientes, que serán evaluadas bajo el esquema de pruebas de evaluación agronómica (PEA) en diferentes zonas de Colombia. Esto, con el objetivo de identificar los cultivares adecuados en cada uno de los ambientes, y que además respondan a las necesidades del sector: mínimo crecimiento y alta producción de aceite. Durante la vigencia 2022, se establecieron en las zonas Norte,

Central y Oriental, de la PEA 1, que corresponde a cultivares *tenera* de bajo porte, 11 pruebas en vivero.

2.9.4. Sistema de información para el seguimiento y toma de decisiones

Costos de procesamiento en planta de beneficio

Desde 2019, Cenipalma y los comités asesores regionales de investigación en plantas de beneficio, vienen realizando la estimación del costo de procesamiento. Para el ejercicio de referenciación, se contó con la participación de ocho empresas de la Zona Central (departamentos de Santander, Cesar, Norte de Santander y Bolívar), las cuales procesaron el 68 % del total de la fruta en la zona, provenientes de cultivares *E. guineensis* e híbridos OxG.

El levantamiento de los datos se hizo mediante la aplicación de un formulario y el desarrollo de entrevistas al personal táctico, así como visitas técnicas. Se incluyeron variables relacionadas con producción (RFF procesado, TEA), eficiencia (rendimiento, disponibilidad, calidad proceso) y consumo de servicios industriales, mano de obra, mantenimiento y gestión ambiental, entre otros.

De los resultados más importantes se resalta la relación entre costo de procesamiento y la disponibilidad de la planta de beneficio (Figura 32).

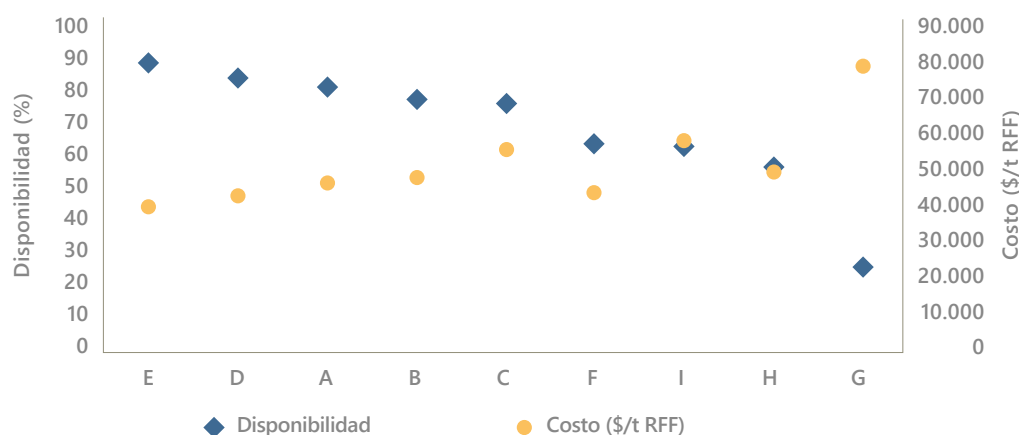


Figura 32. Contenido de aceite por categoría de daño.

Tabla 6. Coeficientes técnicos para cultivos *E. guineensis*.

Proceso productivo	Mano de obra (%)	Insumos (%)	Bienes de capital (%)	Servicios y mantenimiento (%)	Combustible (%)	Tierra (%)	Total (%)
Fertilización	2,15	27,06	1,23	0	0,31		30,75
Control de malezas	2,3	0,78	0,03	0	0		3,11
Podas	1,46	0,01	0,16	0	0		1,63
Control fitosanitario	2,9	0,92	0,2	0	0		4,02
Operación sistemas de riego	1,22	0	0	6,11	1,72		9,05
Mantenimiento de vías y drenajes	1,96	0	0,72	0	0,94		3,62
Cosecha	15,98	0	2,2	0	0,18		18,36
Transporte de RFF	0,51	0	0,65	3,26	2,83		7,25
Planeación	6,85	0	0	0	0		6,85
Asistencia técnica	1,86	0	0	0,21	0		2,07
Otras laborales	0	1,65	0,45	0,11	0		2,21
Tierra	0	0	0	0	0	11,08	11,08
Total	37,19	30,42	5,64	9,69	5,98	11,08	100

Con el índice se dispondrá de información oportuna acerca de las variaciones de precios de la canasta sobre el costo de producción de una tonelada de RFF y contribuirá a tomar decisiones oportunas. Es importante monitorear modificaciones en los patrones tecnológicos anualmente, que den lugar a cambios y afecten las ponderaciones estimadas.

2.9.5. Centro de educación y capacitación agroindustrial de palma de aceite

Evaluación y certificación de competencias laborales

En la vigencia 2022 se adelantó la certificación del saber hacer de los operarios, en tareas específicas como la polinización artificial, corte y recolección de fruto,

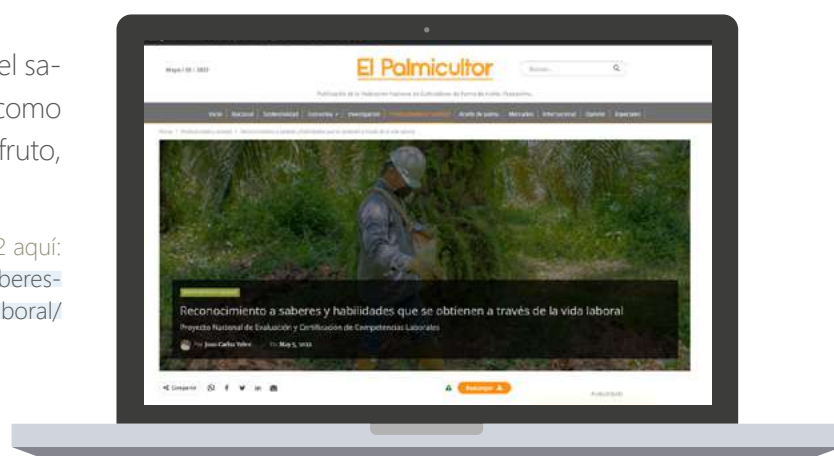
Conozca más sobre los avances en este tema en 2022 aquí: <https://elpalmicultor.fedepalma.org/reconocimiento-a-saberes-y-habilidades-que-se-obtienen-a-traves-de-la-vida-laboral/>



entre otras. El objetivo es reconocer sus competencias laborales, que no se avalan mediante un título formal. En otras palabras, se certifica la experiencia y el conocimiento de los trabajadores del sector.

A la fecha hay seis procesos de cultivo que cuentan con normas. Se resalta que, al cierre del 2022, doce normas adicionales para labores de cultivo y otras 14 para procesos de extracción de aceite, estaban en revisión.

Lo anterior es muy importante porque, en el marco de las certificaciones de sostenibilidad, se requiere demostrar que los trabajadores están bien entrenados para adelantar sus tareas.





2.10. Línea de investigación y extensión: 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 un gran reto. Por ello, ha surgido la necesidad de adoptar mecanismos que se ajusten a sus particularidades, identificar vacíos estructurales, así como reconocer las oportunidades, para hacerla eficiente y sostenible.

Establecer las causas de la baja adopción de tecnologías aporta a un mayor entendimiento de la realidad y ayuda a definir las estrategias focalizadas, toda vez que los impulsores críticos de esta también afectan su difusión.

Esta línea surge de la necesidad de incrementar la implementación de mejores prácticas en cultivo y planta de beneficio. Los resultados más relevantes en el 2022 se reportan en los cuatro productos que se enuncian a continuación.

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

Durante el 2022, se avanzó en la consolidación de información con enfoque cuantitativo, registrando a nivel nacional un total de 3.975 palmicultores caracterizados, agrupados alrededor de 43 núcleos y asociaciones de palmicultores. Esta información representa el 53 % de los productores de la base del Registro Nacional Palmicultor (RNP), y ha permitido establecer con precisión diferentes características socioeconómicas que revelan su realidad social.

Más del 60 % de los productores están por encima de 50 años, situación que merece especial atención



en relación con procesos futuros de renovación de la palmicultura, y la necesidad de transición y relevo generacional con jóvenes motivados que lideren procesos productivos.

Los datos demográficos muestran que el 69 % son hombres y el 31 % mujeres, cifra que evidencia el importante rol que tiene la mujer liderando emprendimientos en el cultivo de palma. En esta misma línea, la caracterización socioeconómica señala que del total de hogares caracterizados (3.975), la jefatura femenina es del 28 %, indicando nuevamente la primacía de los varones en la administración de la economía familiar.

En cuanto al tipo de hogar predominante, de acuerdo con la definición del Departamento Nacional de Planeación y sus características, se ha identificado que el 56 % son de tipo nuclear, mientras que el 34 % son unipersonales.

Otro de los rasgos característicos de la población palmicultora es su educación. En su mayoría

(75 %) no cuentan con estudios de educación superior (Figura 33).

Al comparar el último grado cursado de todos los individuos de los hogares registrados, se observa que a partir de quinto los palmicultores tienen un nivel educativo inferior que el promedio general. Solo el 41 % cursó por lo menos uno de los grados de la educación secundaria.

Las condiciones de vida hacen referencia al bienestar o circunstancias que constituyen la base de una existencia digna. La información recolectada indica que el 11 % de los productores se encuentran en condiciones de pobreza. Estas cifras son comparativamente similares a la pobreza multidimensional, que señala que el 9 % está dentro de dicha franja, haciendo alusión no solo a la escasez de dinero, sino a la prevalencia de condiciones de vida no dignas.

Es importante reseñar que, si bien el 65 % de los productores no residen en el predio de actividad palmera, el 69 % viven en áreas rurales.

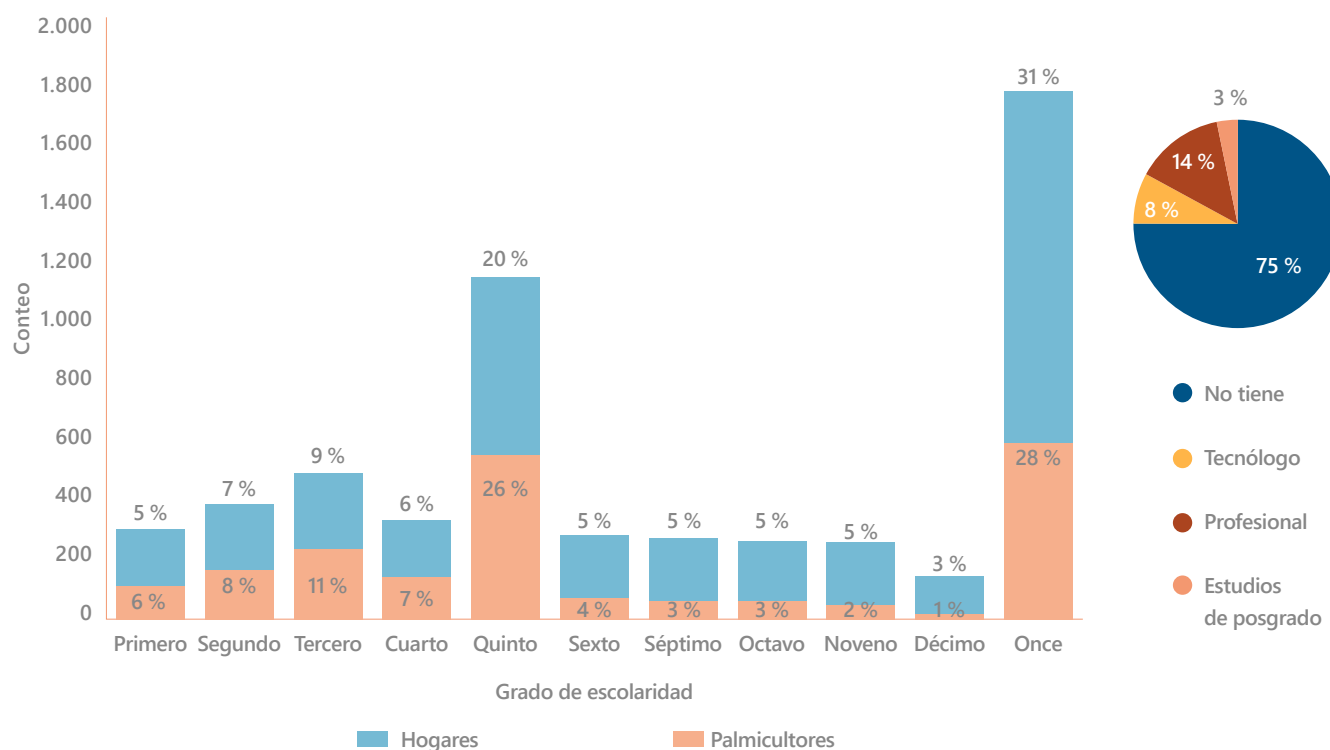
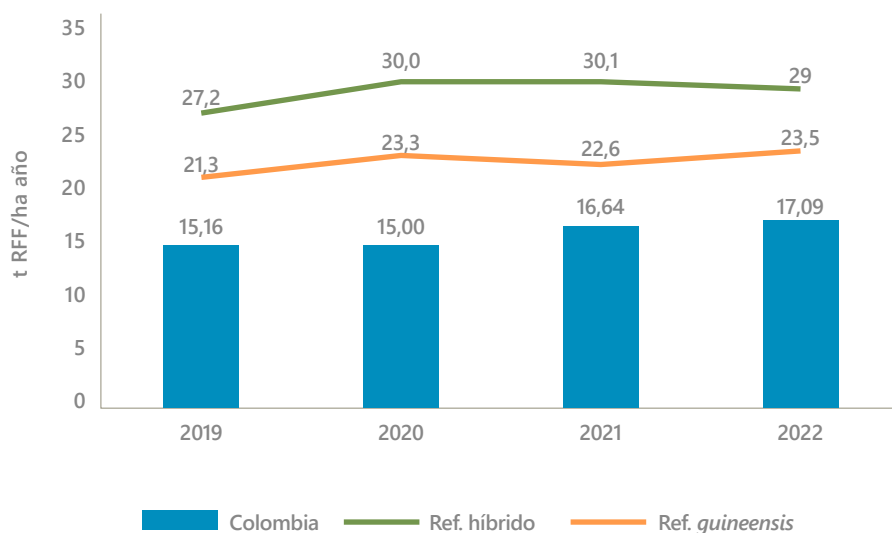
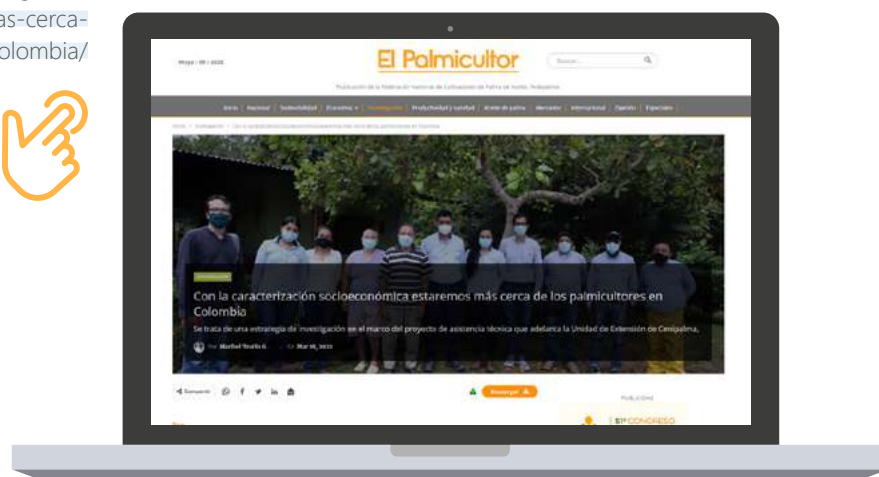


Figura 33. Nivel educativo de los palmicultores caracterizados.



Una condición primordial para el desarrollo de la palmicultura es la vinculación de fuerza laboral. A diferencia de otras actividades agrícolas, en la que la utilización de mano de obra familiar puede resultar significativa, en la agroindustria se requiere de un mercado laboral que brinde la fuerza de trabajo suficiente para realizar las diversas actividades. Los empleos generados se relacionan con los ciclos de cosecha y cuidado que necesita la palma de aceite. Es por ello, por lo que existe una importante incidencia de formas de remuneración por obra o labor, principalmente en los productores de pequeña escala.

El boletín *El Palmicultor* registró avances en tema el 18 de marzo de 2022: <https://elpalmicultor.fedepalma.org/con-la-caracterizacion-socioeconomica-estaremos-mas-cerca-de-los-palmicultores-en-colombia/>



64
productores
referentes:
20 gran escala
17 mediana
27 pequeña

50
productores
con cultivar
E. guineensis

24
con híbrido OxG

2.10.2. Adopción de tecnologías sostenibles en las diferentes zonas palmeras

Durante la vigencia 2022, se continuó con el análisis técnico de la productividad promedio general y la de los lotes demostrativos, y la precipitación en las zonas palmeras. Se observó un incremento del 2,7 % de productividad respecto al año anterior. Los lotes con implementación de las mejores prácticas agrícolas (MPA), presentaron una diferencia de 11,9 y 6,4 t RFF, si se compara con el promedio nacional (Figura 34). Se resalta que entre cultivares híbridos OxG y *E. guineensis* con MPA, hay una diferencia de 5,5 t RFF.

Figura 34. Rendimiento de parcelas con mejores prácticas agrícolas vs. promedio nacional de productividad a través de los años.



Esto indica que las mejores prácticas (uso de biomasa alrededor el plato, nutrición balanceada, coberturas, manejo del agua - riego o drenaje, control de enfermedades, punto óptimo de cosecha y aplicación de ANA para el híbrido OxG), permiten mejorar la calidad e inocuidad de los cultivos y hacer una distribución más eficiente de los recursos.

Implementación de tecnologías por los productores

Con respecto a la información suministrada por los núcleos palmeros en el 2022, el uso de biomasa se implementó en 9.840 ha adicionales con respecto al 2021; el riego en 6.517 ha; drenajes en 450 ha; nutrición en 24.842 ha; coberturas con leguminosas en 6.045 ha; manejo fitosanitario (PC, ML, MS, AR) en 16.506 ha; aplicación del punto óptimo de cosecha en 23.465; y finalmente polinización con ácido 1-naftalenacético (ANA) en 5.280. Es de resaltar el esfuerzo de los productores comprometidos en esta tarea (Figura 35).

En el acumulado de área en adopción de tecnologías se destacan como las más implementadas:

nutrición balanceada, punto óptimo de cosecha y aplicación de biomasa.

Observatorio de productividad

Analizando el aceite producido en el país en el 2022 (1.769 miles de toneladas APC), se presenta un aumento del 1,2 % respecto al 2021. Las zonas Suroccidental, Central y Norte, muestran incrementos, del 7 %, 9 % y 6 % respectivamente, atribuidos al mejor comportamiento de las lluvias (volumen y distribución), una mayor inversión en los planes de fertilización, y ajuste y adaptación de las metodologías de polinización artificial. Adicionalmente, la asistencia técnica planificada y mejor cobertura a través de núcleos y organizaciones palmeras, comienza a generar impactos en la productividad. La Zona Oriental disminuyó en 7 % respecto al 2021, debido principalmente a la reducción en la producción de cultivos *E. guineensis* de mayor edad, cultivares que abarcan el 89 % del área sembrada en la zona, exceso de agua en el suelo, escasez de mano obra para cosecha, y problemas fitosanitarios que originaron eliminaciones de palmas afectadas.

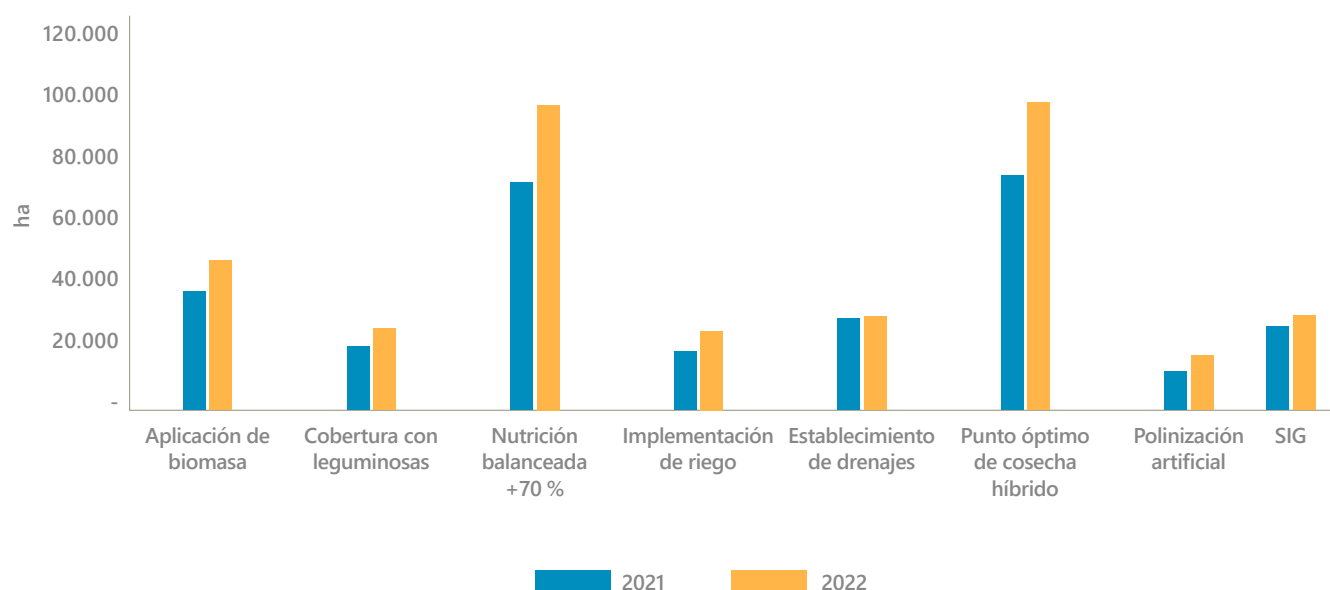


Figura 35. Adopción de tecnologías en los núcleos palmeros 2021-2022.



2.10.3. Modelos organizativos fortalecidos para la consolidación del servicio de extensión palmera

El fortalecimiento de la prestación de servicios (incluida la asistencia técnica) a través de las asociaciones de productores, núcleos palmeros u otros modelos de organización, ha sido estratégico para el desarrollo y consolidación de la producción de aceite de palma sostenible.

Estudios recientes han permitido identificar varios de dichos modelos, tal y como se presentan en la Figura 36.

En estos, se ha venido promoviendo el desarrollo de un servicio de asistencia técnica planificada que parte de la identificación de limitantes, planteando planes estratégicos y operativos enfocados al cierre de brechas económicas, ambientales y sociales.

Impacto del servicio de asistencia técnica planificada

Para la vigencia 2022, se alcanzaron 44 planes estratégicos vigentes y se ejecutaron 40 operativos, logrando impactar 250.476 hectáreas y beneficiando aproximadamente a 4.900 productores. La inversión total fue de \$ 27.000 millones, con un aporte por parte de los prestadores de asistencia técnica por valor de \$ 16.000 millones, uno adicional de los palmeros por \$ 4.300 millones y uno del Fondo de Fomento Palmero por \$ 6.700 millones.

Esto demuestra la acogida que ha tenido la estrategia de la asistencia técnica planificada en los núcleos palmeros y otros prestadores, fortaleciendo sus equipos técnicos y el portafolio de servicios a sus proveedores.

Modelos de prestación del servicio de asistencia técnica con núcleos y otros actores

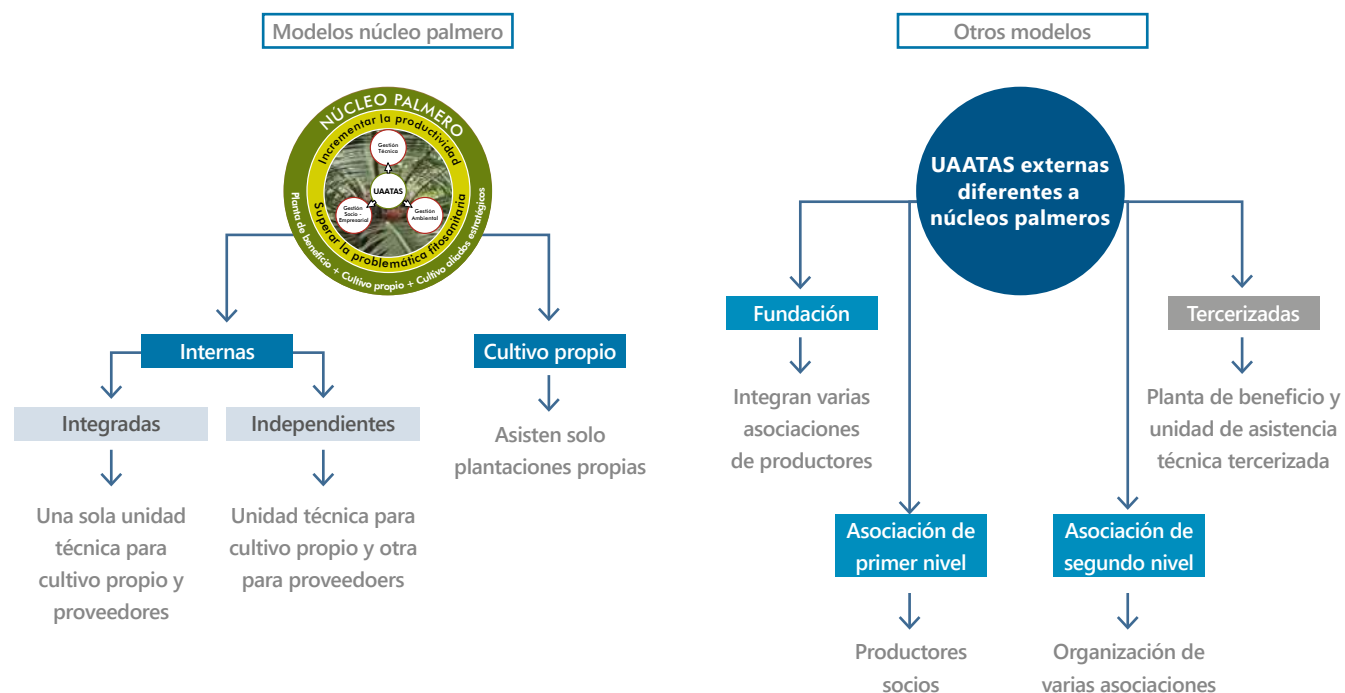


Figura 36. Modelos de prestación de servicios de asistencia técnica con núcleos y otros actores.



En la Figura 37 se proporciona información comparativa de 2021 y 2022, sobre el número de hectáreas de palma de aceite y los rangos del rendimiento por año, de un núcleo de la Zona Central vinculado a esta estrategia.

En 2022, este núcleo, gracias principalmente a la implementación de mejores prácticas agrícolas y al cierre de brechas productivas, tuvo una mejora significativa reduciendo en un 85 % el área que producía menos de dos toneladas de aceite de palma hectárea año, y aumentando en 132 % aquella con más de cinco toneladas.

Capacitación y formación

En el 2022, se llevaron a cabo 321 actividades de apoyo a transferencia de tecnología, que contaron

con la participación de 7.519 personas de las cuatro zonas palmeras del país, en temas correspondientes a las mejores prácticas agrícolas, así: 316 en la línea de Adopción tecnológica participativa, dentro de las que se destacan 66 comités regionales y locales, 43 reuniones de núcleos, 53 días de campo, una reunión de formalización de POA, 50 capacitaciones en temas de cultivo, plantas y ambientales, 24 visitas, 10 charlas técnicas, 16 mesas de trabajo, 36 talleres, 17 giras y cinco actividades más en las otras líneas de investigación y extensión.

Como una iniciativa para desarrollar y fortalecer el capital humano del sector, se adelantó un plan de formación y capacitación, compuesto por tres diplomados y tres cursos de mediación virtual, en los que participaron 398 trabajadores de las empresas palmeras de todo el país (Tabla 7).

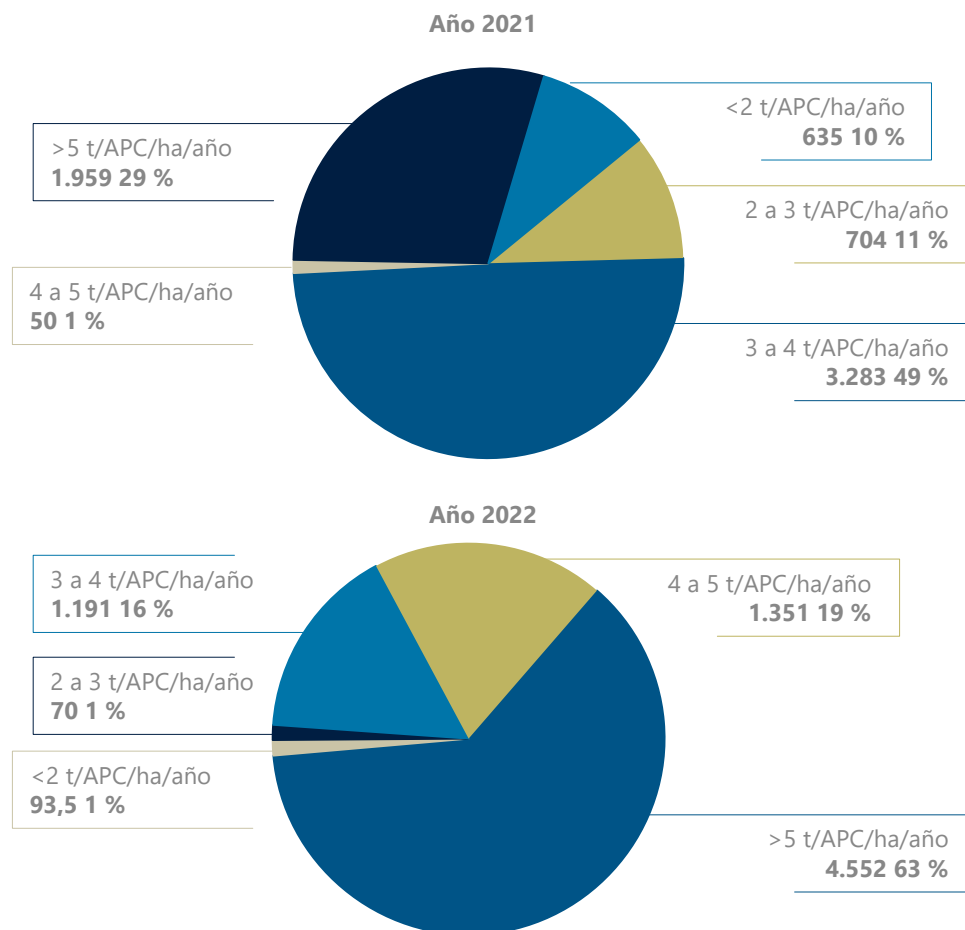


Figura 37. Caracterización de productividad en t APC/ha/año, por rangos de áreas del 2021 al 2022.


Tabla 7 Resultado del plan de formación y capacitación de 2022.

N.º	Acción de formación	Beneficiarios	Permanencia*
1	Diplomado en Gerencia estratégica de negocios: aplicación integral con el BSC y el PMI	40	95 %
2	Diplomado en Gerencia de empresas palmicultoras	36	78 %
3	Diplomado en Gestión para el desarrollo sostenible del sector palmero colombiano	35	91 %
4	Curso de Eficiencia de la fertilización en suelos de las zonas de producción palmera	151	55 %
5	Curso de Polinización artificial en palma de aceite	83	60 %
6	Curso de Calibración de equipos de aspersión en la empresa palmera	53	47 %
Total		398	71 %

*Permanencia = (personas que desarrollaron al menos una actividad completa/personas inscritas) 100 %.

Como una manera de promover la formación académica, se llevaron a cabo nueve sesiones de la Feria educativa virtual para el sector palmero, donde 21 instituciones de educación superior presentaron su oferta, estrategias de apoyo y novedades metodológicas. La feria contó con la participación de 638 empleados de 45 empresas de las cuatro zonas palmeras del país.

En el marco de los trabajos desarrollados con la Mesa Sectorial de Palma de Aceite y Oleaginosas, articulada a los procesos del SENA, se realizó la actualización de cuatro Normas Sectoriales de Competencia Laboral (NSCL). De otro lado, el SENA, otorgó un total de 2.883 certificaciones en competencia laboral a trabajadores del sector.

En el plan de capacitación a asistentes técnicos, se realizaron cuatro talleres sobre Estrategias metodológicas, en los que participaron 161 personas.

Durante el mes de diciembre, se llevó a cabo la tercera cohorte del proceso de acreditación sectorial para asistentes técnicos, relacionada con el componente de idoneidad del sistema de autorregulación de este servicio. Participaron 66 empresas y se inscribieron 166 asistentes técnicos, de los cuales 103 presentaron pruebas evaluativas. Se entregaron 81 acreditaciones para los perfiles técnico-tecnológico y profesional, en las tres categorías definidas.

Estrategias de comunicación que propician la adopción de tecnologías, según las características de las zonas palmeras

Con el propósito de presentar a la comunidad palmera del país temas estratégicos que impacten la productividad y sostenibilidad de la agroindustria, se llevaron a cabo nueve seminarios web Colombia Palmera en Línea, a los que asistieron 947 personas de los niveles gerencial y estratégico de empresas y organizaciones de las cuatro zonas palmeras del país.

También, se realizó la producción y emisión de la segunda temporada del pódcast educativo Palmeros en Acción, disponible en las plataformas YouTube, Spotify, Anchor y Google Podcast, que abordó temas relacionados con aspectos esenciales de la sostenibilidad palmera (Tabla 8).





Tabla 8. Pódcast educativo Palmeros en Acción.

N.º	Título del capítulo	Fecha de publicación
1	Familia palmera caminando hacia la sostenibilidad	17 agosto 2022 https://youtu.be/JqGFGCqsD5I
2	Índice de sostenibilidad en cultivo de palma de aceite	13 septiembre 2022 https://youtu.be/mMRdJDcpaKk
3	Índice de sostenibilidad en plantas de beneficio	12 octubre 2022 https://youtu.be/_Uw_dxUiBIl
4	¿Cuál es el papel de un supervisor en el éxito de la labor de polinización artificial?	16 noviembre 2022 https://youtu.be/nHChWXUK6W4
5	¿Es la biomasa una oportunidad para apuntarle a nuevos mercados?	14 diciembre 2022 https://youtu.be/NSfaHpCDBa4

Finalmente, se elaboraron y publicaron materiales nuevos utilizados en los eventos, se reimprimieron 12 títulos y se preparó el primer ciclo de *microlearning*, compuesto por cinco videoclips, orientado al desarrollo de competencias en identificación y manejo del insecto plaga *Eupalamides sp.*

Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite

El lema de la XX Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite, El poder transformador de la palma, buscó resaltar el impacto positivo que ha tenido este cultivo y su agroindustria en el mundo, en su entorno y en la vida de los trabajadores y productores vinculados a ella.

Se realizó del 28 al 30 de septiembre en Cartagena, contó con una asistencia histórica de alrededor de 2.400 personas, de las cuales 27 % provenían de 22 países. Durante el evento se presentaron 64 conferencias en las secciones temáticas técnicas, científicas y económicas, a cargo de destacados expertos nacionales e internacionales, quienes compartieron experiencias sobre manejo del cultivo, biotecnología, mejoramiento genético, sostenibilidad, certificaciones de calidad, bondades del aceite

Lea el cubrimiento completo de la Conferencia Internacional 2022 en: <https://elpalmicultor.fedepalma.org/mas-de-2-400-personas-asistieron-a-la-version-xx-de-la-conferencia-internacional-sobre-palma-de-aceite/>



de palma, mercados nacionales e internacionales, economía, fertilizantes, procesamiento, calidad del aceite de palma y uso de la biomasa, entre otros temas de interés. Así mismo, los participantes tuvieron la oportunidad de realizar visitas técnicas al Campo Experimental Palmar de la Sierra, a la planta de Agroince en Cesar, y conocer el caso de éxito de la Finca Río Nilo, ubicada en María La Baja. Además, asistir a talleres preconferencia, entre ellos los de salud y nutrición y aceite de palma alto oleico.

Adicionalmente, y como en todas las versiones de este evento, el Centro de Convenciones reunió una completa muestra comercial, con más de 100 expositores de insumos, maquinaria y tecnología de gran interés para el mantenimiento y modernización de la agroindustria. De igual forma, las empresas oferentes de servicios y productos brindaron diversas conferencias y charlas comerciales sobre las tendencias de la agricultura de precisión y digital, en actividades de alto desarrollo tecnológico.





2.11. Línea de investigación y extensión: sostenibilidad

La Estrategia de Sostenibilidad es un trabajo coordinado por la Dirección de Planeación Sectorial y Desarrollo Sostenible, de Fedepalma, con el objetivo de cerrar las brechas de sostenibilidad ambiental, social y económica en la agroindustria de la palma de aceite en Colombia.

A esta se vinculan indirectamente casi todas las líneas de investigación y extensión de Cenipalma, y de manera más directa las de Procesamiento y Valor Agregado y de Adopción Tecnológica Participativa. A continuación, se presentan los avances en 2022.

Huella de carbono (HC) de cultivos de palma de aceite bajo diferentes condiciones de producción

El cálculo de la huella de carbono del aceite de palma considera las emisiones y las absorciones en toda la cadena de producción. Incluye el empleo de datos técnicos, como el cambio del uso del suelo, la cantidad y tipo de fertilizante y el volumen de combustibles fósiles utilizados. Otro es el valor del *stock* de carbono del cultivo en su ciclo productivo, importante debido a que en el análisis de emisiones de GEI, la palma es una fuente de remoción de estos gases.

A fin de generar un cálculo aterrizado a la zona de ubicación, es necesario medir los factores de emisión específicos para el cultivo y el área de evaluación. Además, se debe considerar la edad, el cultivar, la densidad de siembra y el ciclo de renovación, para afinar la estimación de la huella de carbono.



En la vigencia 2022, se inició el análisis de los factores de emisión para la fertilización y el *stock* de carbono almacenado por ha (t C/ha). Se estudió la variación de las emisiones de GEI dependiendo del tipo de cultivar y su aplicación a la producción de biodiésel, así como la economía baja en carbono, como una oportunidad para el sector agropecuario de la Orinoquia colombiana de producir bioenergía.

Alternativas de tratamientos terciarios de efluentes en planta de beneficio

Un estudio de vigilancia tecnológica en 2022, sobre el tratamiento de efluentes industriales, permitió identificar las tecnologías más relevantes utilizadas a nivel mundial. Dentro de estas, se resalta el uso de microalgas en aguas residuales para la eliminación o disminución de contaminantes, al tiempo que se produce biomasa y se contribuye a la mitigación del carbono atmosférico, el empleo de biocarbón para la adsorción de contaminantes, la fermentación termófila; la fotorremediación, la generación de energía (biogás y microalgas), los procesos avanzados de oxidación, la fotofermentación, y las celdas de combustibles microbianas.

Una de las principales limitantes para el cumplimiento de la normatividad de vertimientos de las aguas residuales de las plantas de beneficio en Colombia, es la presencia de cloruros. Para dar solución a este problema, Cenipalma adelantó un trabajo en conjunto con Alianza del Humea y Cenicafé, en el

cual se demostró que por medio del tratamiento terciario de los efluentes, a través de humedales artificiales, es posible cumplir con la reglamentación colombiana. Confiamos que el libro *Humedales artificiales como una alternativa para el tratamiento terciario de efluentes de plantas de beneficio de palma de aceite*, que incluye la teoría de diseño, operación, mantenimiento y costos de implementación, sea un insumo para el mejoramiento de los sistemas de tratamiento de aguas del sector palmero.



Índice de sostenibilidad (IDS) para cultivo

En el 2022 se aplicó el IDS a cerca de 300 productores, alcanzando un total de 3.700 con línea base de sostenibilidad: 3.000 de pequeña escala, 600 de mediana y 100 de gran escala (Figura 38).

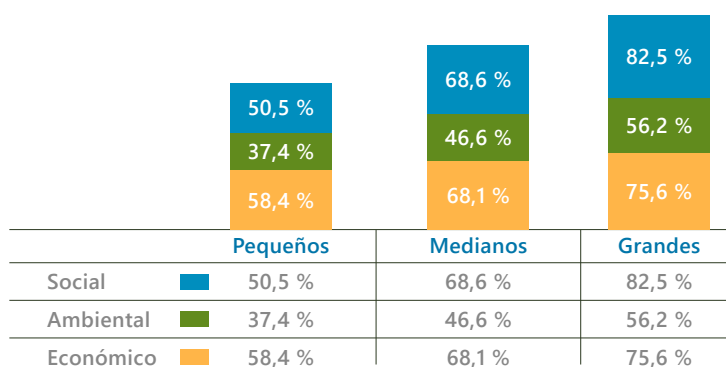


Figura 38. Índice de sostenibilidad por escala de productor.



El índice de sostenibilidad promedio para todas las escalas de productores es del 52,2 %, siendo los pequeños los que presentan el más bajo desempeño en cada uno de los ejes, y es el económico en el que mejor porcentaje registran. Los medianos y grandes, cuentan con un mayor desempeño en el eje social, seguido del económico y del ambiental.

En el 2022, también se aplicó la herramienta del IDS en tres plantas de beneficio de las zonas Central, Norte y Oriental, obteniendo como resultado 93 %, 97 % y 94 %, en relación con el barómetro de sostenibilidad planteado por Fedepalma y Cenipalma.

Seguimiento de los planes de acción para el cierre de brechas (ambientales y sociales)

Durante el 2022, se realizó el acompañamiento a 318 productores en el cierre de brechas de sostenibilidad, logrando mejoras significativas respecto al desempeño por ejes, principios y temáticas que componen el índice de sostenibilidad. Dentro de la muestra compuesta por productores de las zonas Norte, Central y Oriental se incrementó el IDS en un 3,3 %, pasando de un promedio de 50,1 % a 53,4 %.

A nivel de principios, específicamente en el eje ambiental, se alcanzaron aumentos significativos en términos porcentuales, siendo el de prevención y mitigación de la contaminación ambiental el que más avanzó en proceso de implementación, con un 6,9 %, guardando coherencia con la priorización de actividades respecto a los niveles de riesgo, bajo los cuales están categorizadas las prácticas del IDS.

En cuanto al eje social, el principio que tuvo mayor alcance fue el de relacionamiento responsable con las comunidades y derechos humanos, que re-

portó un incremento del 4,3 %. No obstante, también se hicieron esfuerzos significativos por apoyar los procesos de formalización laboral de empleados y palmicultores. El desempeño en principio se fundamentó en la implementación de prácticas orientadas al bienestar de los trabajadores y las comunidades, mediante políticas de relacionamiento con las partes interesadas.

Fortalecimiento de la extensión y asistencia técnica integral

El fortalecimiento de la asistencia técnica ha sido estratégico para el desarrollo y consolidación de la producción de aceite de palma sostenible, marcando significativas diferencias entre productores que cuentan con el servicio, y aquellos que no tienen acceso a este o que aún es muy débil.

Para el cierre de la brecha existente, se ha venido promoviendo principalmente, la consolidación del modelo de núcleos palmeros y otros que permitan que la mayoría de los productores que no cuentan con asistencia técnica, y en especial aquellos independientes no integrados a un núcleo palmero, puedan acceder de forma oportuna a información que les permita aplicar las mejores prácticas de manejo en su cultivo.

Como una estrategia para promover la implementación de prácticas económicas, sociales y ambientales, basada en el diálogo de saberes, se desarrollaron cinco encuentros de intercambio de experiencias de productores, en los que participaron 628 personas entre productores, asistentes técnicos y personal de apoyo, con enfoque en las temáticas de suficiencia, competencias, atracción y permanencia de talento humano en el sector, y adopción de tecnologías, prácticas y estrategias de productividad y sostenibilidad (Figura 39).



Zona Oriental
Maní, Casanare,
105 participantes.
Cultivemos talento
humano para cosechar
palma y futuro



Zona Norte
Chigorodó, Antioquia,
142 participantes.
Híbrido OxG, alternativa
productiva y sostenible con
manejo integrado de la
Putridión del cogollo (PC)

Zona Central
Puerto Parra, Santander,
139 participantes.
Juntos fortalecemos la
palmicultura en el sur de
Santander



Zona Oriental
Puerto Gaitán, Meta,
124 participantes.
Cultivemos talento
humano para cosechar
sostenibilidad palmera



Zona Suroccidental
Tumaco, Nariño,
117 participantes.
La palma productiva le
da sentido a mi vida



Figura 39. Productores participantes de los encuentros de intercambio de experiencias de productores - 2022.



PUBLICACIONES CENIPALMA 2022



Capítulo de libro

Pelaez, M. R., Haghghi, S., Garcia-Nunez, J., Garcia, T., Yadamab, V., & García, M. (2022). Biomass carbonization technologies. In: D. Mohan, C. U. Pittman and Todd E. Mlsna (Ed.), *Sustainable Biochar for Water and Wastewater Treatment*. (pp. 29-92) Elsevier.

Libros

Orjuela, A., Bohórquez, W. F., Díaz, M. A., Narváez, P. C., Cadavid, J. G., & García, J. A. (2022). *Polioles grasos: producción, retos y oportunidades para el sector del aceite de palma*. Bogotá, Colombia: Cenipalma. ISBN: 978-958-8360-93-5.

Disponible en: <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/141551>

Vea aquí la presentación del libro <https://el-palmicultor.fedepalma.org/polioles-grasos-aceite-de-palma/>

González, A., Rodríguez, N., García, J., Ruiz, E., Ace-ro, J. & Reyes, W. (2022). *Humedales artificiales como alternativa para el tratamiento terciario de efluentes de planta de beneficio de palma de aceite*. Bogotá, Colombia: Cenipalma. ISBN: 978-958-8360-94-2.

Disponible en: <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/141561>

Guías y boletines

Munar, D., Ramírez, N. E., & García, J. A. (2022). Biocarbón como producto de la biomasa residual de palma de aceite en un concepto de economía circular. *Boletín Técnico*, 41, 78.

Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/issue/view/1577>



Mosquera, M., Ruiz, E., Munévar, D. E., Estupiñán, M. C., Díaz, L., Guerrero, A., Cala, S., & Sierra, S. (2022). Costos de producción para empresas que adoptan mejores prácticas en el año 2020. *Boletín Técnico*, 42, 63.

Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/issue/view/1578>



Ruiz, E., Mosquera, M., Munévar, D. E., Vargas, L. E., & Vélez, J.C. (2022). Productividad laboral en plantaciones de palma de aceite en Colombia. *Boletín Técnico*, 43, 60.

Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/boletines/issue/view/1623>



Zapata, A. D., Hernández, D. A., Arias, N. A., Vélez, J. C., & Rodríguez, J. A. (2022). Evaluación de la calidad de las aspersiones en cultivos de palma de aceite. Bogotá, Colombia: Cenipalma.

Disponible en: <https://repositorio.fedepalma.org/handle/123456789/141489>



Conozca la presentación del autor en: <https://elpal-micultor.fedepalma.org/evaluacion-calidad-aspersiones-cultivos-palma-aceite/>



Artículos

Montes, L. G., Bustillo, A. E., & Morales, A. (2022). *Strategus aloeus* (Coleoptera: Scarabaeidae). Damage and its relationship with rainfall and hybrid oil palm age in Colombia. *Journal of Oil Palm Research*, enero.

Castillo, N. J., Bustillo, A. E., & Morales, A. (2022). Distribución de *Haplaxius crudus* (van Duzee, 1907) (Hemiptera: Cixiidae), en las zonas de palma de aceite en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 48(1), 2665-4385.

Hernández, D. A., Daza, E. S., Acosta, Y. A., & Mosquera, M. (2022). Assessing the labor productivity of two methods of artificial pollination in oil palm crops from Colombia. *Oilseds and Fats Crops and Lipids*, 29, 12.

López, J. M., & Castaño, J. (2022). Assessment of the level of adjustment of three epidemiological models in the analysis of epidemics with incidences less than 100 % such as the lethal wilt of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 46(178), 118-130.

Castillo, S. Y., Rodríguez, M.C., González, L. F., Zúñiga, L. F., Mestizo, Y. A., Medina, H. C., Montoya, C., Morales, A., Romero, H. M., & Sarria, G. A. (2022). *Ganoderma zonatum* Is the Causal Agent of Basal Stem Rot in Oil Palm in Colombia. *Journal of Fungi*, 8, 230

Montes, L. G., Bustillo, A. E., & Morales, A. (2022). New Alternative to Control *Stenomima impressella* (Lepidoptera: Elachistidae) Using *Bacillus thuringiensis* Commercial Formulations in Oil Palm Crops. *Agroonomy*, 12, 883.

Romero, H. M., Guataquira, S., & Forero, D. C. (2022). Light Interception, Photosynthetic Performance, and Yield of Oil Palm Interspecific OxG Hybrid (*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés x *Elaeis guineensis* Jacq.) under Three Planting Densities. *Plants*, 11, 1166.

Barrera, E., Peña, L., Lowenberg, J., Fontanilla C., & Mosquera, M. (2022). Sustainable businesses development in post-conflict zones: a case in rural Colombia. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 12(4).

Tupaz, A., Ayala, I., Barrera, C. F., & Romero, H. M. (2022). Selección de parentales élite tipo dura para la producción de progenies enanas de *Elaeis guineensis* mediante parámetros genéticos. *Palmas*, 43(1), 21-39. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13739>

Cooman, A. P. (2022). Cenipalma, tres décadas de investigación y extensión al servicio de los palmicultores. *Palmas*, 43(1), 43-48. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13742>

Bochno, E. (2022). Reconocimiento a 30 años de Cenipalma. *Palmas*, 43(1), 49-51. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13743>

Arias, N. A. (2022). Manejo integrado del agua y el suelo: sostenibilidad y regeneración de la palma de aceite en Colombia. *Palmas*, 43(1), 52-63. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13744>



- García, J. A., Chaparro, D. C., Ramírez, N. E., Caballero, K., Díaz, C. A., Cortés, I. L., Munar, D. A., González, A., Mondragón, A., Cala, S., Guerrero, A., Sierra, S., Albarracín, J. A. & Cuéllar, M. (2022). Productividad y calidad de aceite, retos para el sector palmero colombiano. *Palmas*, 43(1), 64-75. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13746>
- Molina, L. (2022). Conversatorio, 30 años de Cenipalma: ciencia, tecnología e innovación. *Palmas*, 43(1), 80-81. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13749>
- Hinestroza, A., Sanabria, Ó., & Beltrán, J. A. (2022). Conociendo el perfil socioeconómico de los productores para promover la adopción de tecnología. *Palmas*, 43(1), 82-91. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13751/13619>
- Mosquera, M. (2022) ¿El negocio de la palma de aceite en Colombia puede ser más competitivo? *Palmas*, 43(1), 92-96. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13752>
- Díaz, M. Á., Ochoa, C. A., Álvarez, J. W. & Rincón, Á. H. (2022). Toxicidad por aluminio (Al^{3+}) como limitante del crecimiento y la productividad: experiencias en diagnóstico y manejo en Palmeras de Yarima S. A. (Santander). *Palmas*, 43(1), 102-116. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13754>
- Bello, L. L., García, A. M., Peña, J. C., Pabón, J. G. & Díaz, Ó. M. (2022). Implementación de las mejores prácticas de manejo de los cultivares híbrido OxG en la palmicultura a pequeña escala. *Palmas*, 43(1), 130-140. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13758>
- Enríquez, G. E., & Beltrán, J. A. (2022). Premio al Productor de Pequeña y Mediana Escala con Mejor Productividad 2021. *Palmas*, 43(1), 155-157. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13762>
- Beltrán, J. A. & Enríquez, G. E. (2022). Resumen y conclusiones de la XVII Reunión Técnica Nacional de Palma de Aceite. *Palmas*, 43(1), 158-164. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13763>
- Monsalve, J. M., Torres, J. L., & Garcés, Y. A. (2022). Evaluation of SAR and Optical Image Fusion Methods in Oil Palm Crop Cover Classification Using the Random Forest Algorithm. *Agriculture 2022*, 12, 955.
- Munévar, D. E., Ruiz, E., Villareal, F., Dueñas, E., Sinisterra, K., Pabón, J. G., & Mosquera, M. (2022). Experiencia en la implementación de la polinización artificial en palma de aceite joven en una plantación de la Zona Central colombiana. *Palmas*, 43(2), 10-24. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13694>
- González, A., García, J. A., Cortés, I. L., Díaz, J. S., & Dueñas, J. (2022). Indicadores composicionales en la química de los ácidos grasos en el aceite de palma. ¿Qué tan relevante es el índice de yodo? *Palmas*, 43(2), 29-36. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13711>
- Bohórquez, W., Orjuela, Á., Narváez, P., Cadavid, J., & García, J. (2022). Experimental optimization during epoxidation of a high-oleic palm oil using a simplex algorithm. *Industrial Crops & Products*, 187, 115321.
- Mosquera, M., & Hernández, D. (2022). Bioeconomic Model for Decision-Making on Staying in Business for Colombian Oil Palm Crops Attacked by Lethal Wilt. *Oil Palm Industry Economic Journal*.



Rincón, V. O., Molina, A., Zabala, A., Barrera, O. R., & Torres, J. L. (2022). The oil palm cadastre in Colombia. *Agronomía Colombiana*, 40(2).

Rada, A. I., García, J. A., Muvdi, C. J., & Díaz, C. (2022). Membrane technologies in the oil industry and their potential application for the recovery of phytonutrients from palm oil. *Journal of Oil Palm Research*.

Barrios, C. E., Bustillo, A. E. & Morales, A. (2022). Biología y dinámica poblacional de *Retracrus elaeis* Keifer, 1975 (Acari: Eriophyidae) en palma de aceite en el Caribe colombiano. *Palmas*, 43(3), 12-17. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13913>

Romero, H. M., Daza, E., Ayala, I. & Ruiz, R. (2022). Producción de aceite de palma alto oleico (APAO) a partir de frutos partenocárpicos en híbridos interespecíficos de palma de aceite utilizando ácido naftalenacético. *Palmas*, 43(3), 18-39. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13914/>

Romero, H. M. (2022). Rendición de cuentas: Mejorar el estatus fitosanitario. *Palmas*, 43(3), 68-71.

Beltrán, J. A., Mosquera, M., Ayala, I., Arias, N., García, J., & Ruiz, R. (2022). Rendición de cuentas: Incrementar la productividad del cultivo y del proceso agroindustrial. *Palmas*, 43(3), 72-74.

Romero, H. M. (2022). En qué va el mejoramiento de cara a las problemáticas de la palmicultura. *Palmas*, 43(3), 102-107.

Hinestroza, A., & Baracaldo, J. L. (2022). ¿Cómo vamos en asistencia técnica y adopción de tecnología? *Palmas*, 43(3), 108-114.

Mosquera, M., Arias, N. A., García, J. A., & Guerrero, A. E. (2022). Tiempos de inversión, tiempos de crecer en productividad. *Palmas*, 43(3), 128-135.

Olivares, M. L., Orrego, D., Klotz, B. F., Palanca, C., & Tortajada, M. (2022). Galactooligosaccharides: Food technological applications, prebiotic health benefits,

microbiome modulation, and processing considerations. *JSFA Reports*.

Mosquera, M., Ruiz, E., Munévar, D. E., Estupiñán, M., Guerrero, Á. E., & Cala, S. (2022). Estudio de costos de producción 2021 para empresas *benchmark* del sector de la palma de aceite de Colombia. *Palmas*, 43(4), 26-39. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13911>

Rivera, Y. D., & Romero, H. M. (2022). Reconocimiento de los investigadores y grupos de investigación, desarrollo tecnológico o innovación de Cenipalma. *Palmas*, 43(4), 70-79. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13895>

Quiroga, G., Borrero, F., Jiménez, A. M., Montes, L. G., Bustillo, A., Gómez, M. I., & Cuartas, P. E. (2022). Initial characterisation of *metarhizium anisopliae* cpma1502 for the development of a biopesticide against the oil palm fruit scraper *Demotispa neivai* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Oil Palm Research*.

Otros

El Palmicultor

125
Notas
publicadas

En su versión



Digital



Impresa