

# **III. Mejorar el Estatus Fitosanitario de la Palma de Aceite**

**1. Introducción**

**2. Estatus y gestión fitosanitaria por zona palmera**

**3. Acciones e impactos de la comunicación efectiva del riesgo fitosanitario**

**4. Avances y resultados de la Dirección de Investigación para mejorar el estatus fitosanitario**

**5. Hitos e indicadores**





## 1. Introducción

De cara a los retos y oportunidades que enfrenta el sector palmero que conlleven a mejorar el estatus fitosanitario, como el desarrollo e implementación de tecnologías, herramientas, modelos y políticas que garanticen la adopción del manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), para prevenir y mitigar los riesgos fitosanitarios, a través de la adopción de prácticas sostenibles, la eficiencia de procesos y costos, el cumplimiento de la normatividad, la diferenciación y excelencia, entre otros, Cenipalma definió 10 líneas estratégicas de investigación y extensión: Plagas, PC, ML, Otras enfermedades, Agua, Nutrición de la palma, Optimización de procesos, Procesamiento y valor agregado, Híbrido OxG y Sostenibilidad. Estos ejes temáticos de trabajo articulado, para planificar y construir el conocimiento en torno a un área de interés relacionada con la agroindustria de la palma de aceite, buscan contribuir al desarrollo competitivo y sostenible de la palmicultura a nivel regional, nacional y mundial.

La finalidad es crear productos o entregables de ciencia, tecnología e innovación (CTeI) tangibles para el palmicultor, que representen soluciones innovadoras a problemas y oportunidades reales del sector. En el caso de la implementación de las cuatro líneas de Sanidad (PC, ML, Otras enfermedades y Plagas), se contempla proporcionar desde el corto (uno a cuatro años), mediano (cinco a nueve años) y largo plazo ( $\geq 10$  años), ocho productos gestionados mediante proyectos siguiendo la metodología del Project Management Institute (Tabla 19).

Tabla 19. **Productos de CTeI de las líneas estratégicas de Sanidad (PC, ML, Otras enfermedades y Plagas) para entregar al palmicultor**

Producto para el palmicultor	PC	ML	Otras Enfermedades	Plagas
Campaña de comunicación efectiva del riesgo fitosanitario	✓	✓	✓	✓
Sistema integrativo de gestión fitosanitaria	✓	✓		✓
Tecnología para el diagnóstico temprano	✓	✓	✓	
Tecnologías para el MIPE	✓	✓	✓	✓
Cultivares resistentes a la PC	✓			
Cultivares resistentes a la PBE			✓	
Centro para la formación y capacitación de la agroindustria de la palma de aceite**	✓	✓	✓	✓
Sistema de información para seguimiento y toma de decisiones en cultivo y planta de beneficio**	✓	✓	✓	✓

\*\* Productos de CTeI comunes a las 10 líneas estratégicas.

Lo anterior conllevó a que se alcanzaran significativas metas en cuanto a mitigación, manejo y control de los principales problemas fitosanitarios, y se establecieron compromisos para superarlos en los años siguientes, de acuerdo con la priorización realizada en cada una de las zonas palmeras.

Es importante señalar que con el fin de cumplir con el objetivo sectorial de “Mejorar el estatus fitosanitario”, durante el 2020 se gestionaron soluciones tecnológicas y políticas, en procura de garantizar la adopción del MIPE, y por tanto la prevención y mitigación de los principales riesgos fitosanitarios. Se trabajó en la vigilancia tecnológica de materiales genéticos y tecnologías para asegurar la sanidad del cultivo; la transferencia de conocimientos, prácticas y modelos de organización para el control fitosanitario; y la gestión de políticas sectoriales, instrumentos y acciones para mejorar el estatus fitosanitario, todo a través del avance en las siguientes líneas de acción desde la investigación y la extensión:

- Conocimiento y estudio de agentes causantes, vectores, diseminación, sintomatologías, mecanismos de detección temprana y epidemiología de plagas y enfermedades de la palma de aceite.
- Desarrollo y validación de tecnologías para la mitigación y el control de la Pudrición del cogollo (PC), la Marchitez letal (ML) y otras plagas y enfermedades del cultivo, en el marco de programas de MIPE.
- Mejoramiento genético enfocado a la resistencia de la palma de aceite a las plagas y enfermedades de importancia económica, y el desarrollo de una estrategia de liberación de materiales genéticos validados.
- Transferencia de tecnologías de manejo, capacitación y formación en temas fitosanitarios, acorde con el tipo de productor y las problemáticas de cada zona.
- Fortalecimiento de esquemas de asistencia técnica en núcleos palmeros, como canal de interacción entre la Federación y los productores.
- Consolidación de información e indicadores, y análisis del estatus fitosanitario y del grado de implementación de prácticas de manejo.
- Generación de estrategias integrales, de orden nacional y regional para el manejo fitosanitario, y coordinación de acciones para su implementación.
- Relacionamiento con actores públicos y privados en torno a las estrategias de mitigación, manejo y control fitosanitario.
- Desarrollo e implementación de acciones de comunicación del riesgo fitosanitario.

## 2. Estatus fitosanitario y gestión por zona palmera

El Programa Sectorial de Manejo Fitosanitario (PSMF), tiene como objetivo fortalecer el sistema fitosanitario unificado, a fin de 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. Asimismo, el PSMF ayuda a gestionar políticas sectoriales, instrumentos y acciones públicas o privadas, que incidan favorablemente en la sanidad del cultivo. De esta manera, durante el 2020 se lograron avances para la mitigación de los principales problemas fitosanitarios, de acuerdo con la priorización realizada en cada una de las cuatro zonas palmeras.

## Zona Norte

Los núcleos palmeros reportaron 1.212.367 casos de PC a diciembre de 2020, así: en el Departamento del Magdalena 972.112 y una incidencia acumulada de 18,7 %; en Bolívar 188.831 casos y una incidencia de 18,9 %; en Córdoba 3.572 y una incidencia de 0,6 %; en Cesar 1.357 y una incidencia de 0,10 %; y en La Guajira 50 y una incidencia de 0,25 % (Figura 38). En el Magdalena se realizaron procesos de renovación del cultivo, y se hicieron siembras de 1.890 ha con arroz, 1.307 ha con banano, 213 ha con pasturas, 71 ha con cultivos de pancoger, 20 ha con piscicultura, 15 ha con plátano y 6 ha con banano. Asimismo, la zona cuenta con aproximadamente 6.678 ha sembradas con cultivares híbridos OxG, área con tendencia a crecer por su resistencia parcial a la PC.



Figura 38. Avance de la PC en la Zona Norte (6.797 ha).  
Fuente: Coordinación de Manejo Sanitario (CMS) en la Zona Norte

Se muestra la incidencia acumulada por áreas a diciembre de 2020, en rangos de afectación: el color rojo corresponde a incidencias superiores al 20 % (6.004 ha y 858.693 casos); el naranja a incidencias entre 10 - 20 % (365 ha y 52.251 casos); el amarillo a incidencias entre 5 - 10 % (181 ha y 25.863 casos), el verde a incidencias inferiores al 5 % (247 ha y 35.505 casos). El blanco corresponde a 6.000 ha eliminadas en el Departamento del Magdalena.

Igualmente tuvieron relevancia otras enfermedades y plagas del cultivo, tales como: Pudrición basal del estípote (PBE), Pudrición seca del estípote (PSE), Pudrición húmeda del estípote (PHE), Anillo rojo (AR), Pestalotiopsis, *Rhynchophorus palmarum*, *Strategus aloeus*, *Leptopharsa gibbicularina*, *Demotispia neivai* y *Opsiphanes cassina* (Figura 39). Su gestión fitosanitaria se basó en la interacción con entidades como el MADR, el ICA, Finagro, la banca, AGROSAVIA y la Gobernación del Magdalena, para proponer y estructurar convenios interinstitucionales, actualizar la normatividad vigente para el sector palmicultor y ofrecer beneficios para los productores a través de líneas especiales de crédito.

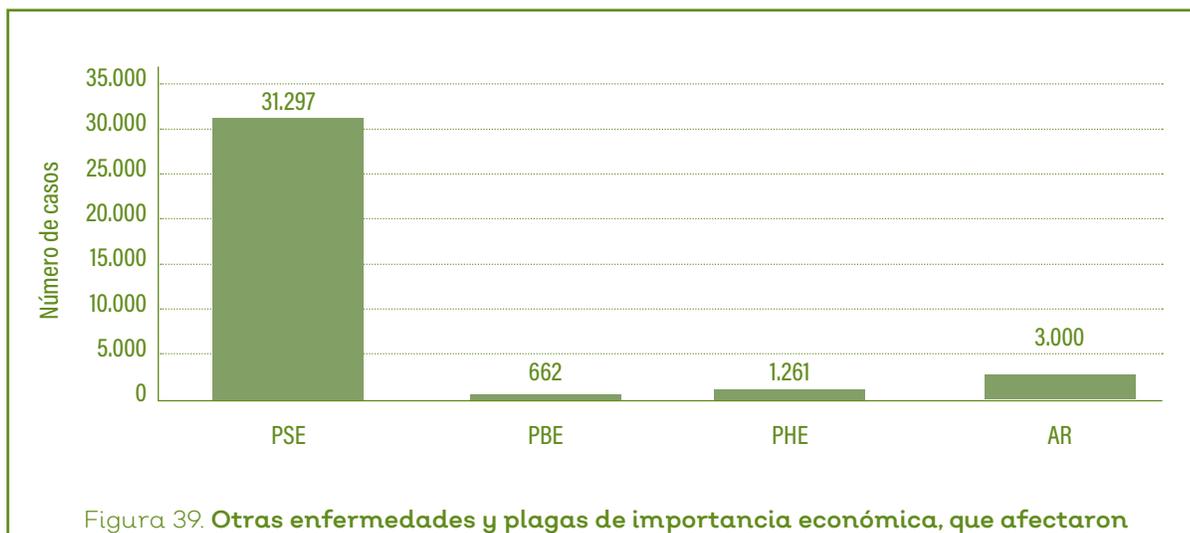


Figura 39. Otras enfermedades y plagas de importancia económica, que afectaron los cultivos de palma de aceite en la Zona Norte durante 2020

## Zona Central

Durante el 2020, el trabajo del PSMF y los núcleos palmeros de la Zona Central, se enfocó en fortalecer el manejo integral del cultivo, especialmente en las veredas priorizadas de los municipios de los departamentos de Santander, Cesar (sur), Bolívar (sur), Antioquia (Yondó) y Norte de Santander, en el marco de la estrategia de contención y mitigación de PC, AR, Marchitez sorpresiva (MS), y Marchitez X, realizando las siguientes actividades:

- Se consolidó información fitosanitaria que permitió generar indicadores de 175.000 ha, representadas en 2.522 plantaciones de palma de aceite de los departamentos de Santander, Cesar (sur), Norte de Santander, Bolívar (sur) y Antioquia (Yondó).
- Se aumentó la cobertura del catastro y SIG fitosanitario, así como las actividades de capacitación, instalación de formularios para la captura y registro de censos de enfermedades, y los muestreos de plagas y polinización, alcanzando 128.000 ha acumuladas con SIG fitosanitario al final del año.
- Se realizaron visitas de verificación fitosanitaria en las veredas y plantaciones priorizadas, en el marco de los planes de trabajo con cada núcleo y mesas fitosanitarias, con una cobertura de 112.000 ha en 1.237 plantaciones, distribuidas en los cinco departamentos. El enfoque de estas actividades fue detectar las oportunidades de mejora en el manejo agronómico preventivo y en el manejo curativo de la PC (Figura 40).
- Se registró el avance en el manejo de *R. palmarum* por medio de trampas en el Departamento de Norte de Santander, logrando impactar positivamente el control integral de la MS y disminuir los casos nuevos de esta enfermedad y de AR (Figura 41).
- Se continuó con las acciones para la contención de la PC en áreas de avance. Sabana de Torres y Rionegro (Santander), cerraron el 2020 con una incidencia de PC del 12,8 % y 2,7 %, respectivamente. En Puerto Wilches siguió la renovación de cultivos *E. guineensis* de más de 20 años, con una incidencia actual de PC del 30 %, a través del fortalecimiento del manejo integral de los cultivos híbrido OxG, que presentaron una incidencia actual del 0,4 %. En las subzonas del sur de Santander, sur del Cesar y sur de Bolívar esta no supera el 2 %.

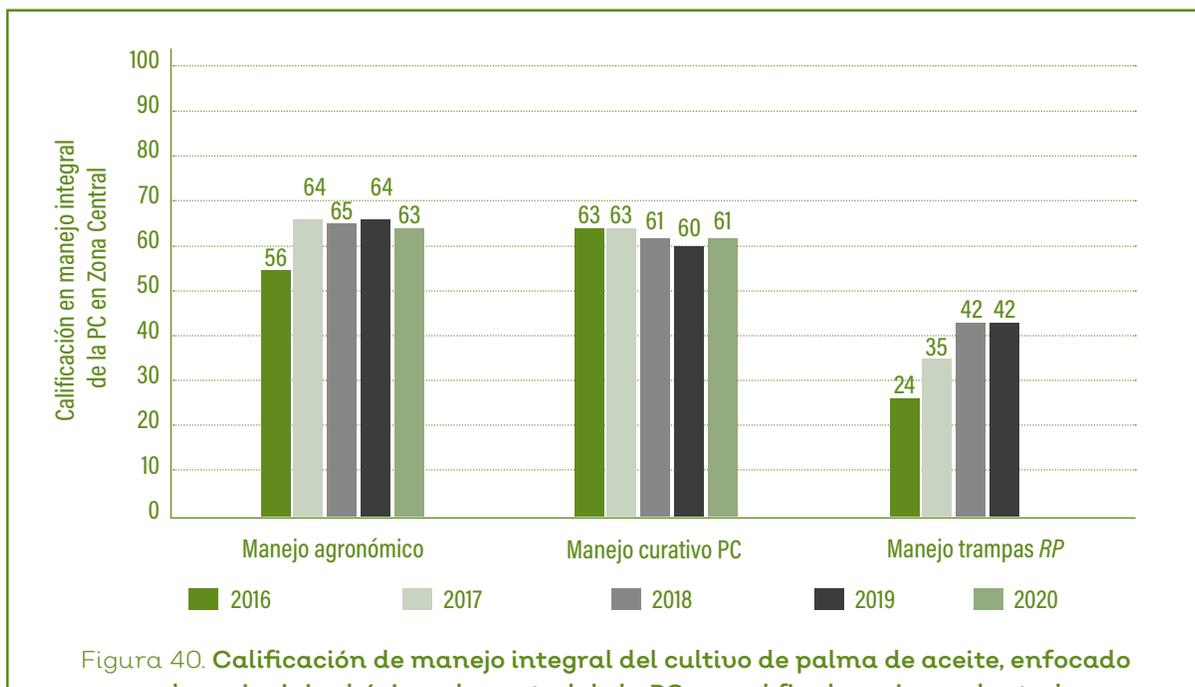


Figura 40. Calificación de manejo integral del cultivo de palma de aceite, enfocado en los principios básicos de control de la PC, con el fin de mejorar el estado fitosanitario de la Zona Central

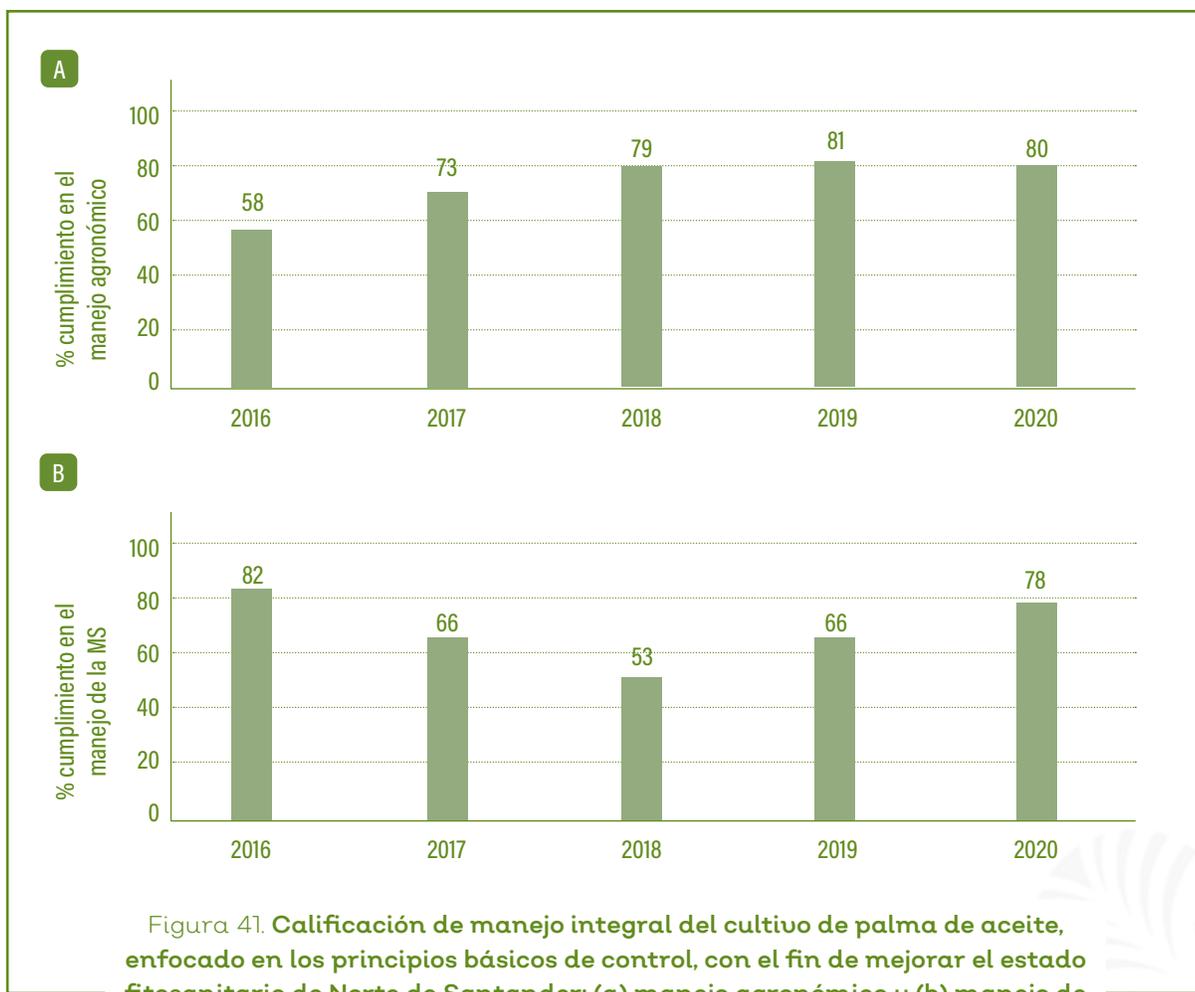


Figura 41. Calificación de manejo integral del cultivo de palma de aceite, enfocado en los principios básicos de control, con el fin de mejorar el estado fitosanitario de Norte de Santander: (a) manejo agronómico y (b) manejo de Marchitez sorpresiva (MS)

- Se diseñó la estrategia regional de monitoreo y control de *R. palmarum*, logrando establecer la red de captura en las veredas priorizadas con georreferenciación, con 4.892 trampas en 558 plantaciones (86.803 ha) de 22 municipios de los cinco departamentos de la Zona Central (Figura 42).

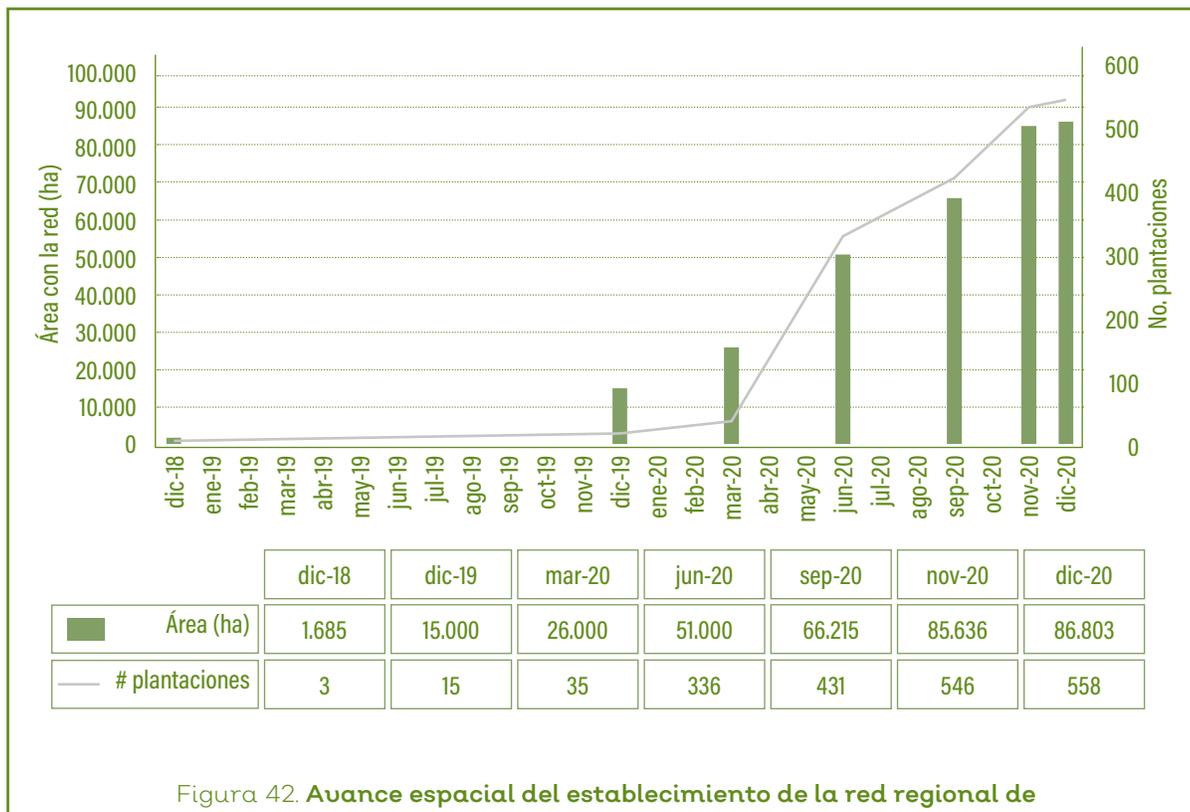


Figura 42. Avance espacial del establecimiento de la red regional de monitoreo y control de *R. palmarum* en Zona Central

- Se consolidó el relacionamiento con actores privados y públicos como el ICA, la Alcaldía de Sabana de Torres, la Secretaría de Agricultura y la Gobernación de Santander. Con esta última se establecieron dos mesas de trabajo, encaminadas a estructurar y presentar proyectos de reactivación económica, enfocados en cerrar brechas de productividad y mejorar el estatus fitosanitario del sector palmero en el departamento.

## Zona Oriental

Se avanzó significativamente en la superación de la problemática fitosanitaria asociada a la ML, resaltando los siguientes aspectos:

- Se fortaleció el esquema de trabajo colaborativo entre Cenipalma y las empresas, mediante la vinculación de tres nuevos núcleos palmeros al convenio empresarial de manejo sanitario, alcanzando así 23 núcleos, más de 600 plantaciones equivalentes a 180.000 ha con seguimiento de estado fitosanitario, esquema de verificación y aseguramiento de calidad en la aplicación de los principios básicos de manejo.
- Se realizó la eliminación de focos de ML con ayuda de recursos públicos, gestionados mediante el Convenio de Asociación 034/2020 ICA-Cenipalma. Se intervinieron 157 focos en 48 plantaciones afectadas de los municipios de Acacías, Castilla La Nueva, Fuente de Oro, Puerto López,

San Carlos de Guaroa, San Juan de Arama, San Martín y Villavicencio. De esta manera, se redujo la presión de la enfermedad en cerca de 38.000 ha de palma, aledaña a los focos eliminados (Figura 43, Tabla 20).

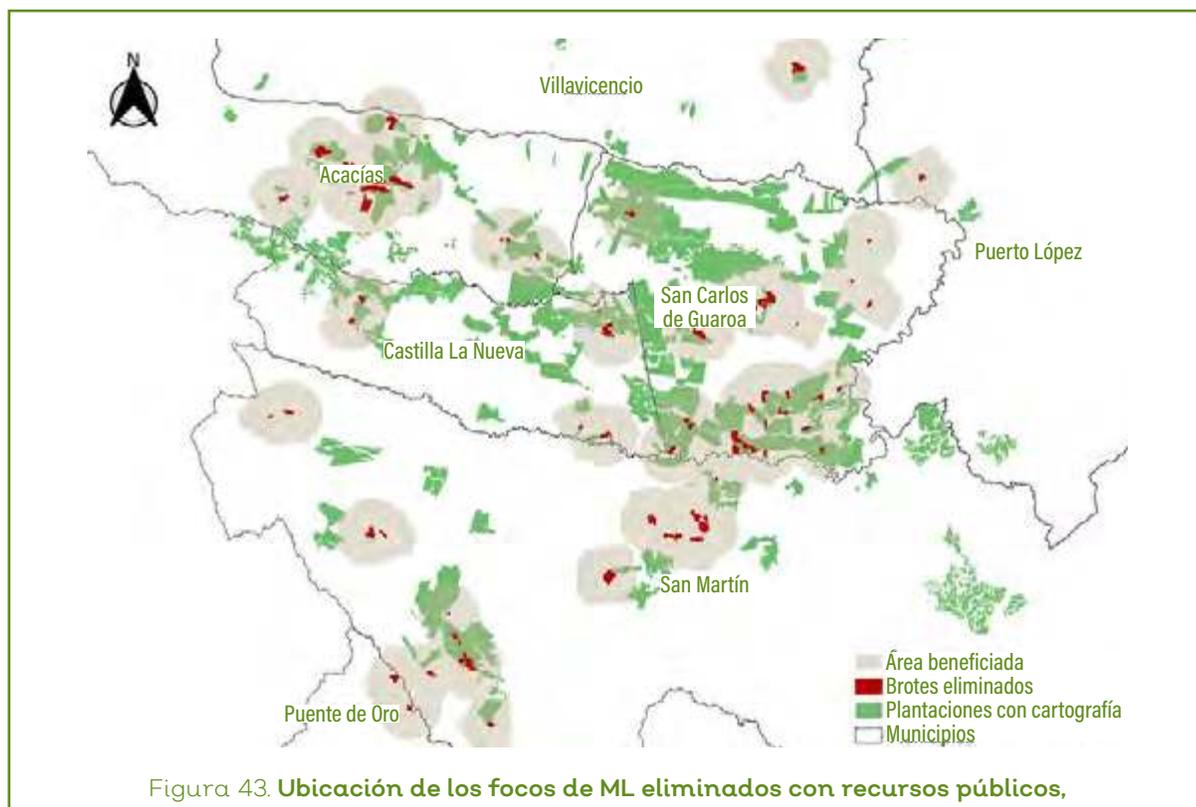


Figura 43. Ubicación de los focos de ML eliminados con recursos públicos, mediante el Convenio de Asociación 034/2020 ICA-Cenipalma (polígonos rojos), y áreas de cultivo aledañas directamente beneficiadas (37.948 ha)

Tabla 20. Áreas de cultivo de palma por municipio, directamente beneficiadas por la eliminación de focos (brotes) de ML

Municipio	Área beneficiada (ha)
Acacías	6.956
Castilla La Nueva	3.380
Fuente de Oro	300
Puerto López	86
San Carlos de Guaroa	12.716
San Juan de Arama	3.570
San Martín	10.813
Villavicencio	128
<b>Total general</b>	<b>37.948</b>

- Se alcanzó una reducción del 8 % en los casos de ML en las plantaciones con trazabilidad de registros, luego de dos años (2018 - 2019) en los que la curva de la enfermedad se aplanó. Lo anterior es resultado de la implementación durante los últimos cuatro años de los “Principios básicos de manejo de ML”, concertados en los comités asesores agronómicos locales y regional (Figura 44).

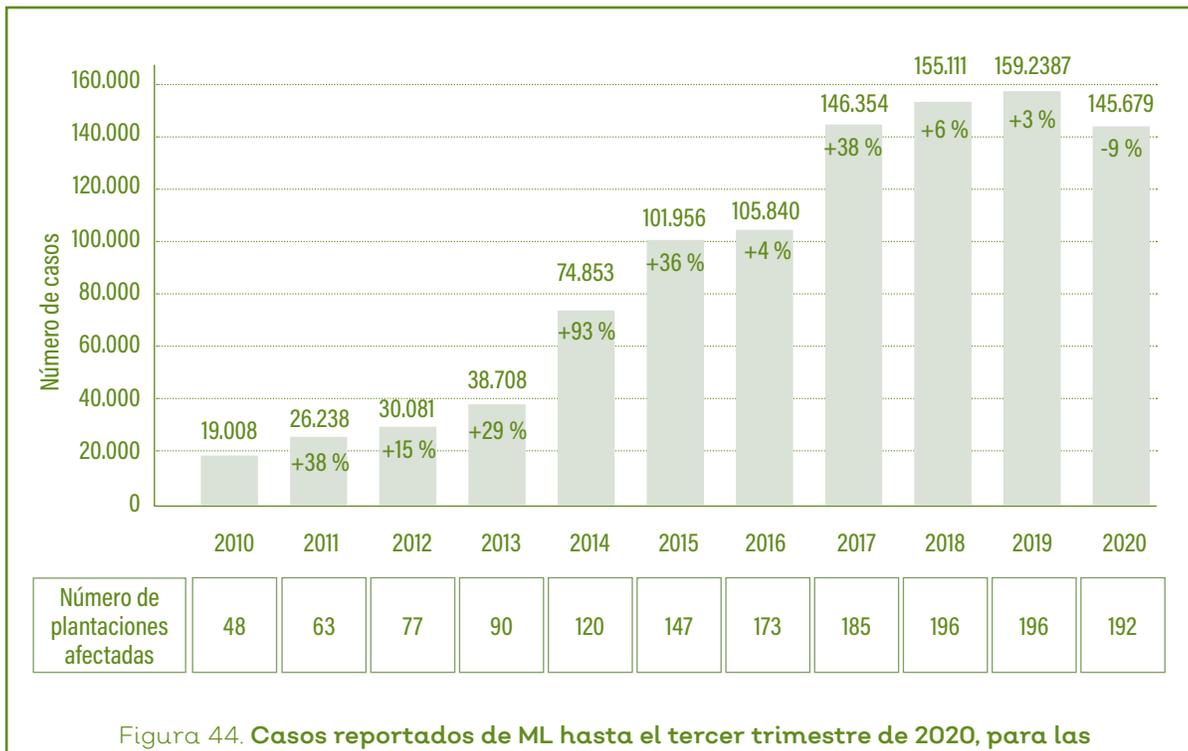


Figura 44. Casos reportados de ML hasta el tercer trimestre de 2020, para las plantaciones con trazabilidad de datos (22 núcleos vinculados, 169.500 ha)

## Zona Suroccidental

A pesar de que no se cuenta con censos fitosanitarios de PC en 15.858 ha, se consolidó la información de la incidencia de esta enfermedad en 5.600 ha de cultivos híbridos O×G, la cual no supera el 1 %. Igualmente, se continuó con el fortalecimiento de la Mesa de sanidad vegetal, que permitió identificar áreas foco, y realizar jornadas de muestreo, diagnóstico y control biológico de alto impacto de *Opsiphanes cassina* en la zona; socializar información del insecto (infografía, folleto y afiche "Identifique los estadios larvales de *O. cassina* defoliador voraz"); y reportar otras plagas y enfermedades de interés como las pudriciones de estípites en cultivos híbridos O×G, logrando sensibilizar a los equipos técnicos sobre la importancia de la información fitosanitaria para generar alertas tempranas (Figura 45).

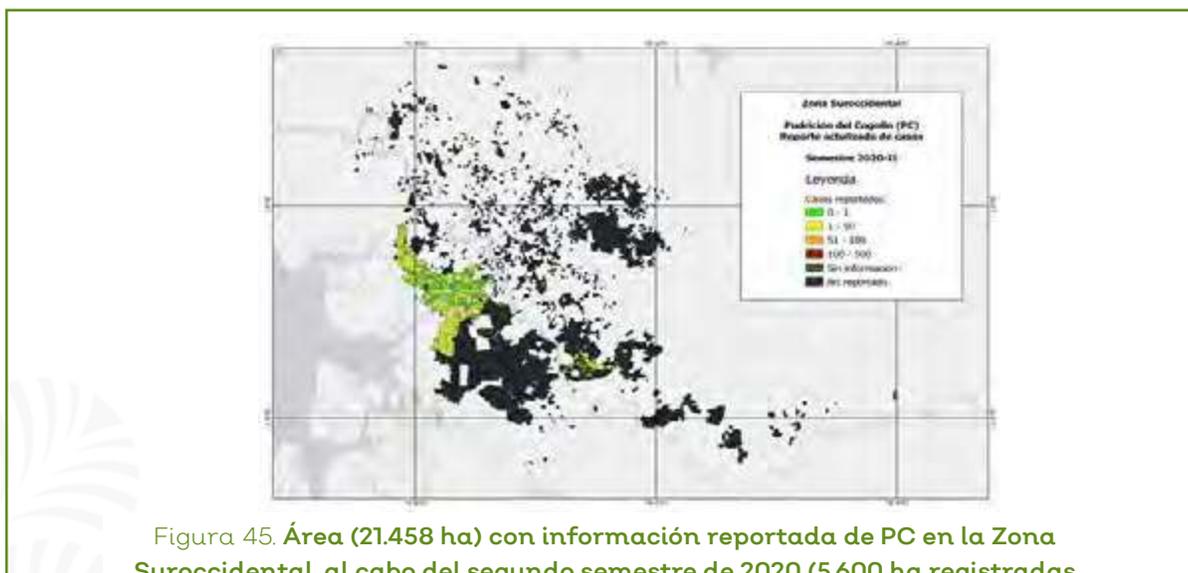
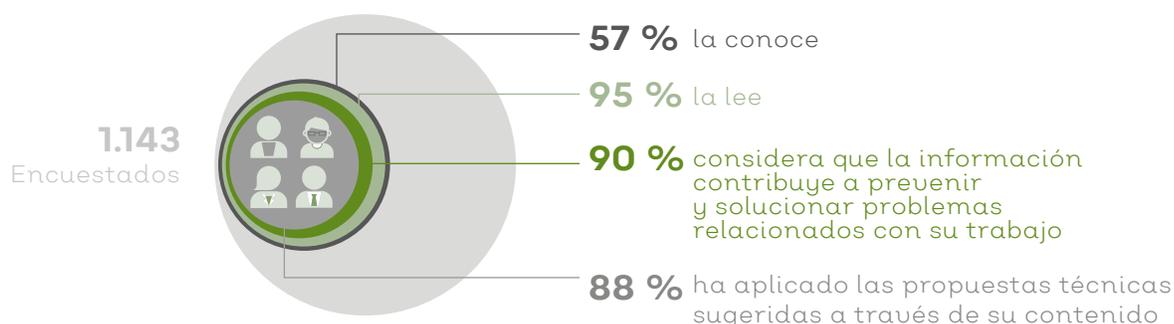


Figura 45. Área (21.458 ha) con información reportada de PC en la Zona Suroccidental, al cabo del segundo semestre de 2020 (5.600 ha registradas y 15.858 ha sin información o reporte)

### 3. Acciones e impactos de la comunicación efectiva del riesgo fitosanitario

- El desarrollo de las campañas de comunicación del riesgo “De la mano contra la PC” y “De la mano contra la ML”, tuvo una modificación importante debido a la pandemia por COVID-19. Las cuarentenas impidieron llevar a cabo la mayoría de las actividades planificadas de manera presencial, por lo que el PSMF definió otras alternativas, con el objetivo de motivar a los productores a no bajar la guardia en la aplicación de las recomendaciones técnicas necesarias, para reducir el riesgo frente a las principales problemáticas fitosanitarias.
- Durante el primer trimestre, se realizaron en la Zona Norte encuentros presenciales con el sector bancario, periodistas y un megaforo dirigido a los productores; este último con una asistencia de 123 participantes. Dichos espacios, fueron el escenario escogido para dar a conocer los resultados de la gestión adelantada por el gremio, en la consolidación de la Línea Especial de Crédito Agropecuario de bioseguridad y control de enfermedades (LEC). Teniendo en cuenta la necesidad de socializarla, los eventos de las demás zonas con los productores y con el sector bancario se llevaron a cabo en forma remota, con una participación de 166 asistentes. Estas actividades se adelantaron de manera conjunta con la Dirección de Planeación Sectorial y Desarrollo Sostenible de Fedepalma.
- A través de cuatro seminarios de actualización dirigidos a asistentes técnicos, y que se realizaron de forma remota en alianza con el ICA, se socializaron a 1.259 participantes los siguientes temas: generalidades y polinización de los cultivos híbridos OxG, buenas prácticas fitosanitarias y agrícolas en cultivos *E. guineensis* para el control de la PC, manejo integrado de plagas, acciones adelantadas frente a la ML en la Zona Oriental, y normatividad del ICA referente a plagas de control oficial y viveros.
- En las cuatro líneas estratégicas de Sanidad, se produjeron un total de 12 nuevas publicaciones entre afiches, infografías y plegables, así como la reimpresión de la “Guía sobre los principios básicos para el manejo de la ML”, y la edición de tres videos técnicos y 16 *microclips*.
- Se publicaron cuatro ediciones regulares y un especial para la Zona Oriental del periódico PalmaSana. El número 28 se editó en formato digital y las demás se imprimieron (31.000 ejemplares distribuidos en las zonas palmeras). Sobre esta publicación se llevó a cabo una encuesta que determinó que:



- Se mantuvo la red de vallas en las diferentes zonas. Se publicaron 96 entradas en redes sociales, principalmente en Twitter, algunas en LinkedIn y en el canal de YouTube de Cenipalma, los cuales apoyaron la divulgación de las actividades sugeridas para enfrentar la problemática fitosanitaria durante la pandemia, las acciones del PSMF y la gestión enmarcada en el Convenio 034 suscrito entre el ICA y Cenipalma.

## 4. Avances y resultados de la Dirección de Investigación para mejorar el estatus fitosanitario

### Programa de Plagas y Enfermedades

#### Área de Entomología

Con el fin de generar y transferir conocimientos, para que los palmicultores solucionen los problemas de artrópodos plaga en sus plantaciones, y aseguren una producción sostenible, el Área de Entomología llevó a cabo las siguientes actividades:

- Se realizaron trabajos para determinar el sistema de monitoreo más conveniente para *Leptopharsa gibbicularina*, uno de los insectos plaga más importantes en las zonas Norte y Central. Para iniciar el estudio, se identificaron a través de una encuesta, las principales prácticas usadas por los palmicultores de la Zona Norte. La mayoría de los encuestados (93 %) consideraron a *L. gibbicularina* como una plaga de importancia económica, señalando que el muestreo de sus poblaciones lo realizan en la hoja 17, utilizando una grilla de muestreo 10x10. Así, se adelantó un estudio para validar el uso de esta hoja, como la más representativa para el muestreo de la plaga. Se estableció que los adultos y ninfas de *L. gibbicularina* tienen preferencia por las secciones apical y media de las hojas, y su distribución depende de la densidad poblacional. Las mejores unidades de muestreo, para hacer el conteo de adultos, fueron los tercios medio y apical de las hojas 31, 25 y 24, el tercio medio de la 19, y el tercio apical de la 25, seleccionado por la facilidad para su ubicación. Mediante una regresión de Poisson, se correlacionó la cantidad de adultos y ninfas de *L. gibbicularina* en el ápice de la hoja 25, y la totalidad de adultos y ninfas a través de los modelos  $Y = 1,7678X + 4,3599$  ( $R^2 = 0,768$ ) y  $Y = 1,52941X + 2,15907$  ( $R^2 = 0,788$ ), respectivamente. Esta información es valiosa para precisar la labor de muestreo y estimar las poblaciones de *L. gibbicularina*, que orienten un manejo más efectivo.
- Las feromonas y kairomonas son volátiles orgánicos (VOCs), asociados a la comunicación intra e interespecífica entre congéneres de la misma especie y sus plantas hospederas. Con el objetivo de incrementar el conocimiento de la relación planta-insecto, y corroborar el papel de los VOCs en la comunicación intraespecífica de *Strategus aloeus*, se realizaron estudios bajo condiciones de laboratorio. En el primero, se colectaron y compararon los VOCs producidos por el estípite de palmas *Elaeis guineensis* de 10 y 24 meses de edad, detectando 64 liberados por el estípite de palmas de 10 meses de edad y 38 por el estípite de la de dos años. Dicha variación cuantitativa de la composición de los VOCs, permitió evidenciar que exclusivamente para los estípites de 10 meses, se detectaron ácidos carboxílicos, alcoholes, ésteres, un diterpeno y un compuesto halogenado; mientras que los de dos años, se caracterizaron por alcanos, alquenos y un aldehído.
- En un segundo estudio, se extrajeron los volátiles producidos por adultos machos y hembras de *S. aloeus*. Se detectaron e identificaron inicialmente 14 VOCs de machos y 30 de hembras. Se encontraron acetato de sec-butilo, 4-metiloctanoato de etilo y surfinol 104 entre los VOCs presentes en las glándulas de machos, y 4-metiloctano, anisol, isocariofileno y  $\gamma$ -muuroleno en las hembras. Para medir la respuesta a los diferentes compuestos, se montó una antena recién extraída en un electroantenograma, acoplado a una línea de transferencia humidificada. Se observó una respuesta electrofisiológica en las antenas de ambos sexos, frente a la 2-butanona y a la 3-pentanona (cetonas identificadas en la palma de aceite), y al acetato de sec-butilo (VOC macho específico) sugerido como constituyente de la feromona. Los resultados obtenidos en la evaluación comportamental de machos y hembras de *S. aloeus* frente a los VOCs macho específicos (acetato de sec-butilo, 4-metiloctanoato de etilo, surfinol 104 y su mezcla), sugieren su participación como semioquímicos de esta especie (Figura 46).

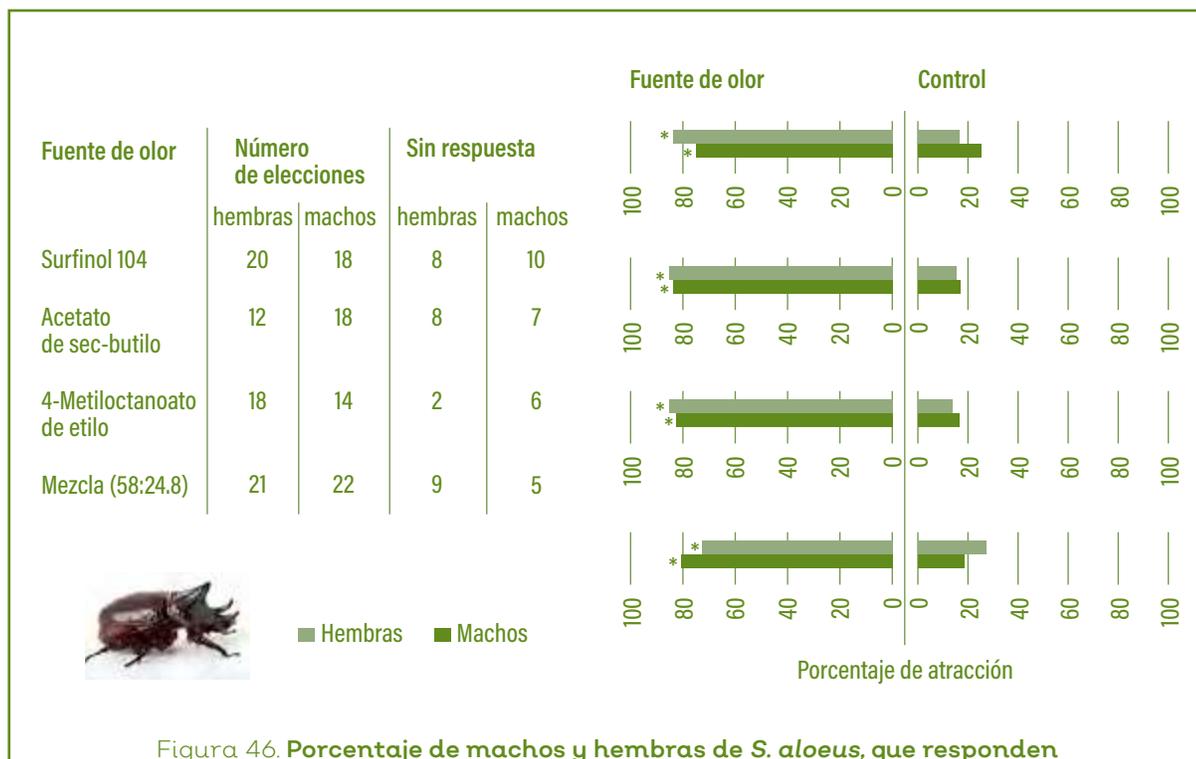


Figura 46. Porcentaje de machos y hembras de *S. aloeus*, que responden a fuentes de olor provenientes de sus conespecíficos machos. \*Indica que la elección es estadísticamente significativa, prueba binomial  $\text{Chi}^2 P > 0,05$

## Área de Fitopatología

Con el fin de generar y transferir conocimientos sobre la biología y agentes causantes de las enfermedades de la palma de aceite, que permitan mitigar su impacto y asegurar una producción sostenible, el Área de Fitopatología llevó a cabo las siguientes actividades:

- Se lograron avances en el diagnóstico de la Pudrición húmeda del estípite (PHE), enfermedad prevalente en las zonas Central y Oriental. Se aislaron 25 cepas bacterianas y de estas, mediante inoculaciones en tejido desprendido, se identificaron cinco con actividad patogénica (Figura 47). Las colonias bacterianas se inocularán en plántulas con el fin de comprobar su patogenicidad.



Figura 47. Pruebas de patogenicidad de colonias bacterianas asociadas a la PHE. (a) Colonia bacteriana obtenida de palmas afectadas con PHE. (b) Inoculación de suspensiones bacterianas sobre tejidos desprendidos de bases peciolares. (c) Control inoculado con agua, (d) Colonias bacterianas con actividad patogénica

- En cuanto a alternativas biológicas para el manejo de *P. palmivora*, agente causante de la PC, se evaluó la producción de metabolitos secundarios y el micoparasitismo de tres aislamientos nativos de *Trichoderma* sp. de la Zona Oriental (Figura 48). Se encontró un porcentaje de inhibición del desarrollo de la biomasa del patógeno entre el 81 - 90 %, y un porcentaje de parasitismo del 100 % a nivel *in vitro*.

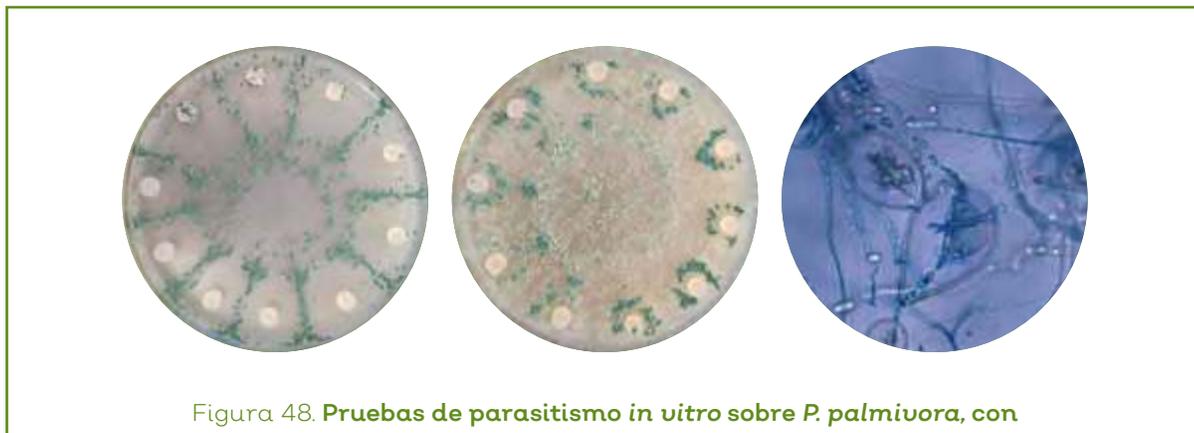


Figura 48. Pruebas de parasitismo *in vitro* sobre *P. palmivora*, con aislamientos nativos *Trichoderma* sp. de la Zona Oriental

- Se realizó la evaluación *in vitro* de metabolitos no volátiles de *Streptomyces platensis*, sobre la biomasa de *P. palmivora* y el desarrollo de la lesión. Para ello, se sembró el patógeno en el medio modificado más el metabolito del biocontrol, y se inocularon foliolos inmaduros con 20  $\mu$ l de una suspensión de 20.000 zoosporas/ml de *P. palmivora*, más 20  $\mu$ l del extracto crudo de *S. platensis*; en el caso del testigo, se puso el patógeno solo. Se obtuvo una inhibición de la biomasa del patógeno superior al 95 %, y en el desarrollo de la lesión, se encontró inhibición completa 48 y 72 horas después de la inoculación de *P. palmivora* (Figura 49).



Figura 49. Ensayo de metabolitos de *S. platensis*, sobre el desarrollo de la lesión causada por *P. palmivora* en foliolos inmaduros de palma de aceite. (a) foliolos inoculados con 20  $\mu$ l de una suspensión de 20.000 zoosporas/ml de *P. palmivora* + 20  $\mu$ l de extracto de *S. platensis*, 24 horas después de la inoculación (hdi). (b) Foliolos inoculados con 20  $\mu$ l de una suspensión de 20.000 zoosporas/ml de *P. palmivora*, 24 hdi. (c) Foliolos inoculados con 20  $\mu$ l de una suspensión de 20.000 zoosporas/ml de *P. palmivora* +20  $\mu$ l de extracto de *S. platensis*, 48 hdi. (d) Foliolos inoculados con 20  $\mu$ l de una suspensión de 20.000 zoosporas/ml de *P. palmivora*, 48 hdi.

- Con el objetivo de determinar las herramientas de análisis epidemiológico, adecuadas para representar el desarrollo temporal de la epidemia de ML, se realizó un análisis con los datos registrados por las plantaciones en sus censos fitosanitarios. Se seleccionaron 23 lotes (de los 651 disponibles), con tiempo inicial de la epidemia conocido e incidencia final mayor a 0,05. Se aplicaron los modelos epidemiológicos temporales Exponencial, Monomolecular, Logístico, Gompertz y Richards, y se evaluaron cinco intervalos de tiempo, desde el inicio de la epidemia hasta los 12, 18, 24, 30 y 36 meses. Inicialmente, se ajustaron modelos no lineales, que no cumplían con los criterios de bondad de ajuste. Luego, se acoplaron los modelos a su forma linealizada, y no se obtuvieron buenos ajustes, ni cumplieron los supuestos de normalidad de los residuales con media cero y varianza constante. Como alternativa, se trabajó con el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE), y se encontró que esta metodología describe de forma adecuada el comportamiento de la ML en los diferentes lotes, al permitir suavizar las fluctuaciones y comparar el incremento de la cantidad de la enfermedad a escala temporal. De esta manera, el ABCPE se perfila como una herramienta con alto potencial para responder a inquietudes sobre la influencia del cultivar y el ambiente, sobre el desarrollo de la ML en Colombia.

## Programa de Biología y Mejoramiento

Una de las metas a mediano y largo plazo del sector, es contar con cultivares resistentes que permitan superar o mitigar los problemas fitosanitarios desde el componente genético. Para este fin, se continuó trabajando en la búsqueda de fuentes de resistencia a la PC en *E. guineensis*. Durante el 2020, se identificaron 22 parentales promisorios con bajas incidencias de PC, a partir de progenies evaluadas bajo condiciones de campo y alta presión natural de inóculo (Zona Suroccidental). Con estos resultados, se inició el plan de cruzamientos con parentales *dura* de las progenies promisorias por resistencia a la PC, y parentales *pisifera* de alta producción de racimos y contenidos de aceite, que constituyen el insumo de las pruebas de evaluación agronómica (PEA) *tenera* de posible resistencia a la PC. Estas PEA serán evaluadas en diferentes áreas agroecológicas de las cuatro zonas palmeras, principalmente donde la PC ha sido el factor limitante en la producción. Para este mismo objetivo, se identificaron regiones del genoma (SNPs) que pueden estar asociados con la resistencia a la PC (GWAS), y se espera contar con una selección asistida por marcadores, para agilizar la entrega de productos del programa de mejoramiento de la palma de aceite.

En cuanto a la clonación, que es otra de las herramientas que permite acortar los tiempos de liberación de cultivares con resistencia a la PC, se realizó la siembra de clones de palmas sobrevivientes de Tumaco y Puerto Wilches en la Zona Suroccidental, para ser evaluadas por su respuesta a la PC. Al cierre del 2020, se encontró que 28 meses después de la siembra, algunos clones (ortets) presentaron bajas incidencias (4,6 - 20 %), siendo candidatos para su producción masiva para zonas limitadas por la PC (Figura 50).

Por otro lado, se empleó la microscopía de fluorescencia, como una herramienta de evaluación de cultivares con respuesta diferencial a la colonización de *P. palmivora*. Se realizó una inoculación *ex situ* con un aislamiento de *P. palmivora*, transformado genéticamente en dos cultivares de *E. guineensis* categorizados como susceptible (código 48) o con posible resistencia (código 82), según su comportamiento en condiciones de campo. Con la metodología se pudo hacer el seguimiento a las zonas de inoculación y de avance del patógeno, entre las 24 y 72 horas posinoculación (Figura 51), encontrando un menor crecimiento y avance en el cultivar con posible resistencia.

Adicionalmente, estos resultados fueron corroborados con microscopía de campo claro, para cuantificar estructuras de *P. palmivora* viables y no viables, coincidiendo una mayor cantidad total de estructuras en el cultivar susceptible (código 48). Una vez se optimice y

valide esta metodología, se podrá realizar de forma rutinaria, tamizajes de cultivos candidatos por su posible resistencia a la PC, así como estudios detallados de la interacción planta-patógeno.

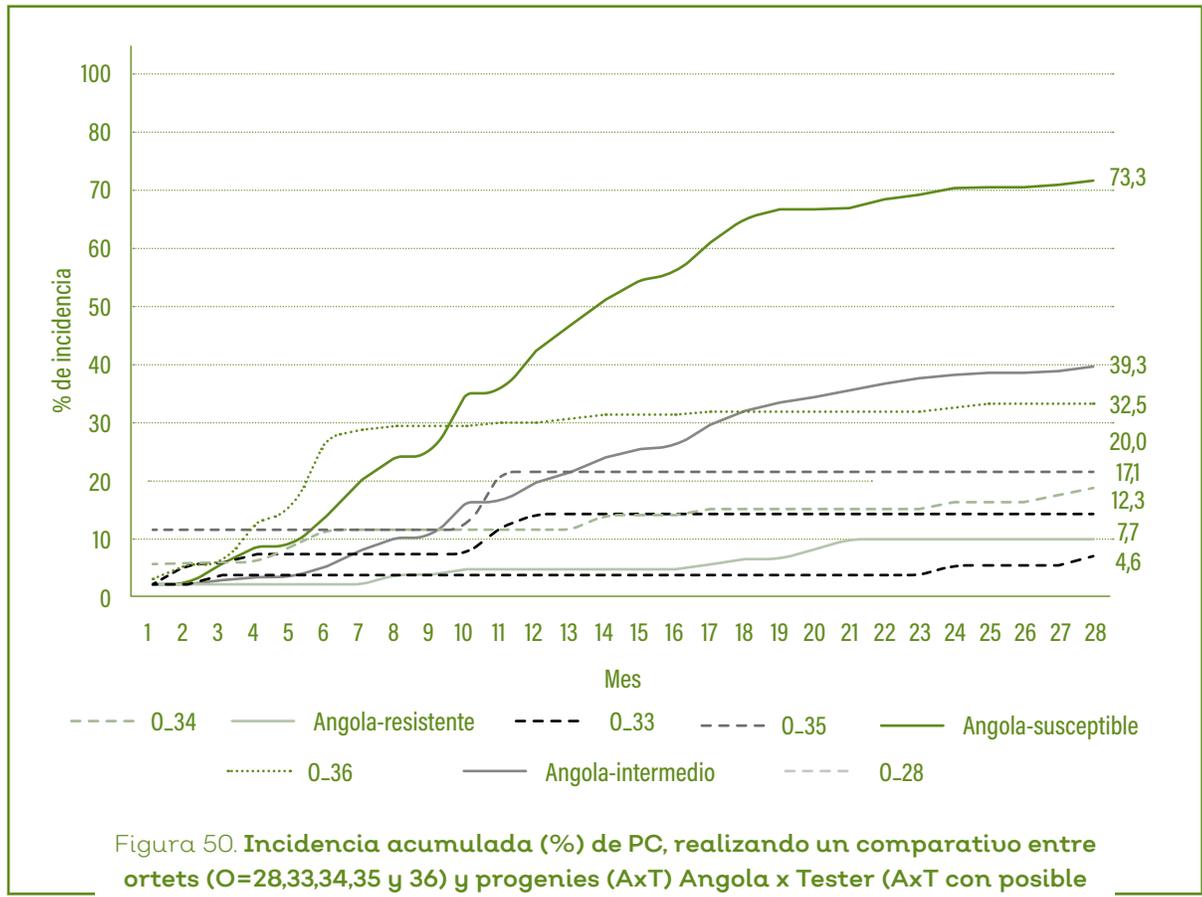


Figura 50. Incidencia acumulada (%) de PC, realizando un comparativo entre ortets (O=28,33,34,35 y 36) y progenies (AxT) Angola x Tester (AxT con posible resistencia, AxT con posible resistencia intermedia y AxT susceptible) durante 28 meses de evaluación

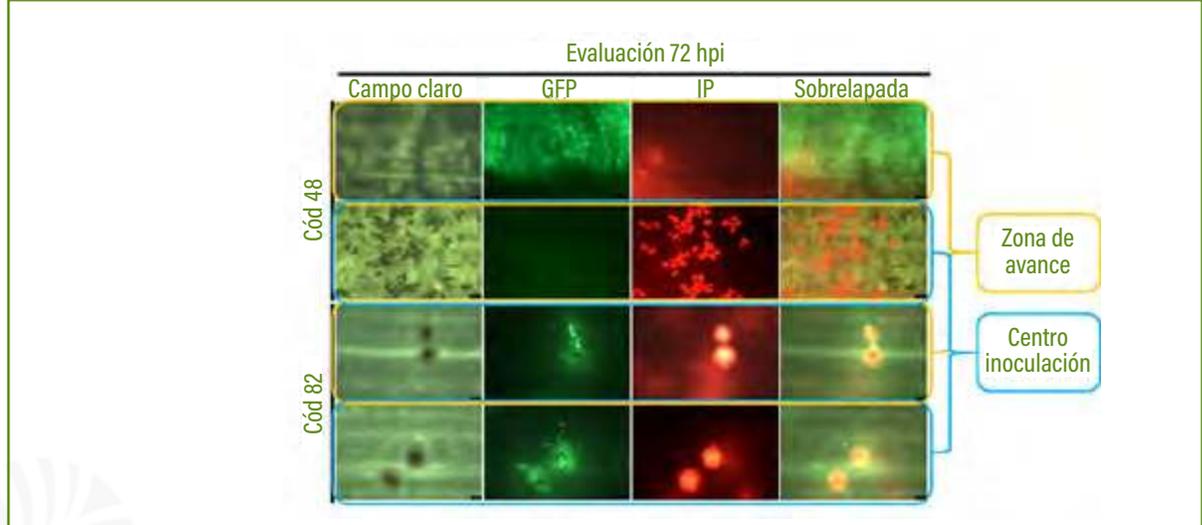


Figura 51. Seguimiento de la colonización de *P. palmivora* en folíolos de cultivares *E. guineensis* susceptibles (código 48) y con posible resistencia (código 82), a las 72 horas posinoculación (hpi). Con la tinción de yoduro de propidio, se logró visualizar una diferenciación de las células vivas (en verde) y las muertas (en rojo)

Por otra parte, se continuó con la clonación de proteínas de virulencia (efectores), y se realizó la evaluación de algunas de ellas mediante biobalística en folíolos de palma de aceite. Las valoraciones se hicieron en tejidos vegetales de *E. guineensis*, con características de susceptibilidad y resistencia frente a la PC. Se encontró que, para tres proteínas, hay un mayor número de células vivas cuando se utilizan efectores. Esto indica que de las cuatro evaluadas, tres de ellas no encienden la respuesta de defensa de la planta, o que las plantas no poseen un gen de resistencia que reconozca a estas proteínas, por lo que no hay una reacción hipersensible. Por ende, estos tres efectores tienen mayor capacidad para suprimir la defensa de la planta, o generar muerte celular programada.

## Programa de Agronomía

Durante el 2020 el trabajo del Programa de Agronomía con respecto a la sanidad del cultivo se centró en la metodología para relacionar el diagnóstico temprano de ML en campo, con imágenes multispectrales y térmicas adquiridas con sensores remotos transportados por aeronaves remotamente pilotadas (ARP) y sensores proximales. Los sensores proximales para el registro de la firma espectral en campo constan de un espectroradiómetro de rango completo entre 350 y 2.500 nm, y permiten conocer la respuesta (reflectancia) de las hojas a la incidencia de la luz solar (firma hiperespectral), que luego se relaciona a manera de índices de vegetación (IV), con los generados por las cinco bandas disponibles en el sensor multispectral aerotransportado.

Para discriminar entre palmas sanas y palmas con algún tipo de alteración fisiológica por efecto de la enfermedad, se calculó la primera derivada de las respuestas espectrales (Figura 52), que mostró varios picos en diferentes longitudes de onda alrededor de 530 y 720 nm, correspondientes al verde y RedEdge, y en otras regiones del espectro como 1.390 nm y 1.880 nm. Estas gamas del espectro en las que se producen picos pueden tener el potencial de generar información relacionada con algunas características de las plantas: la reflectancia

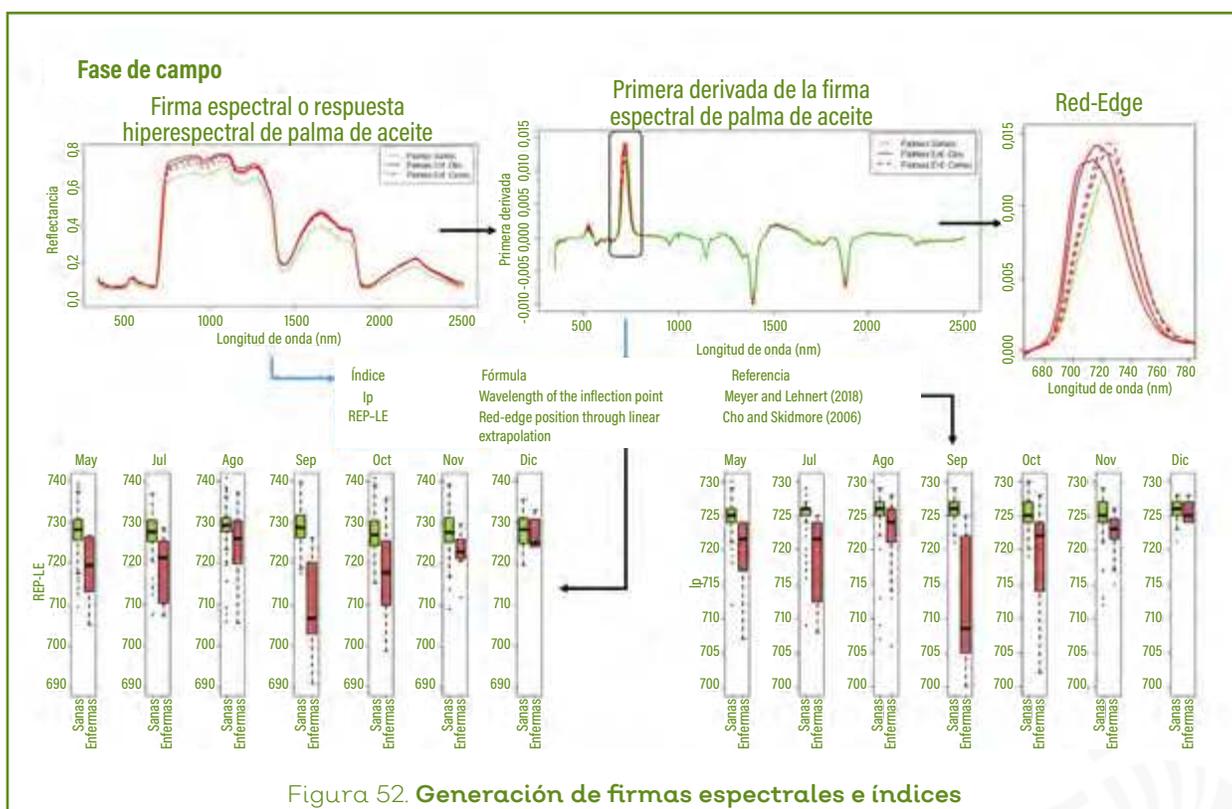
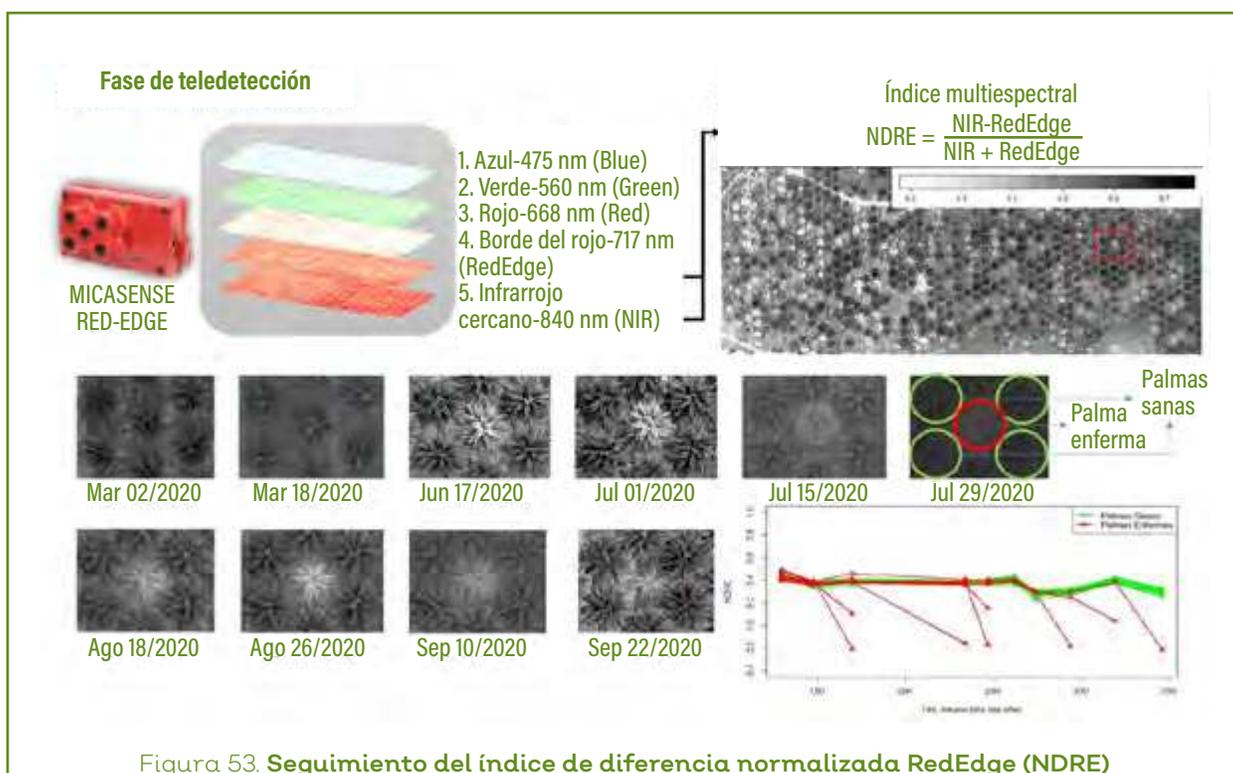


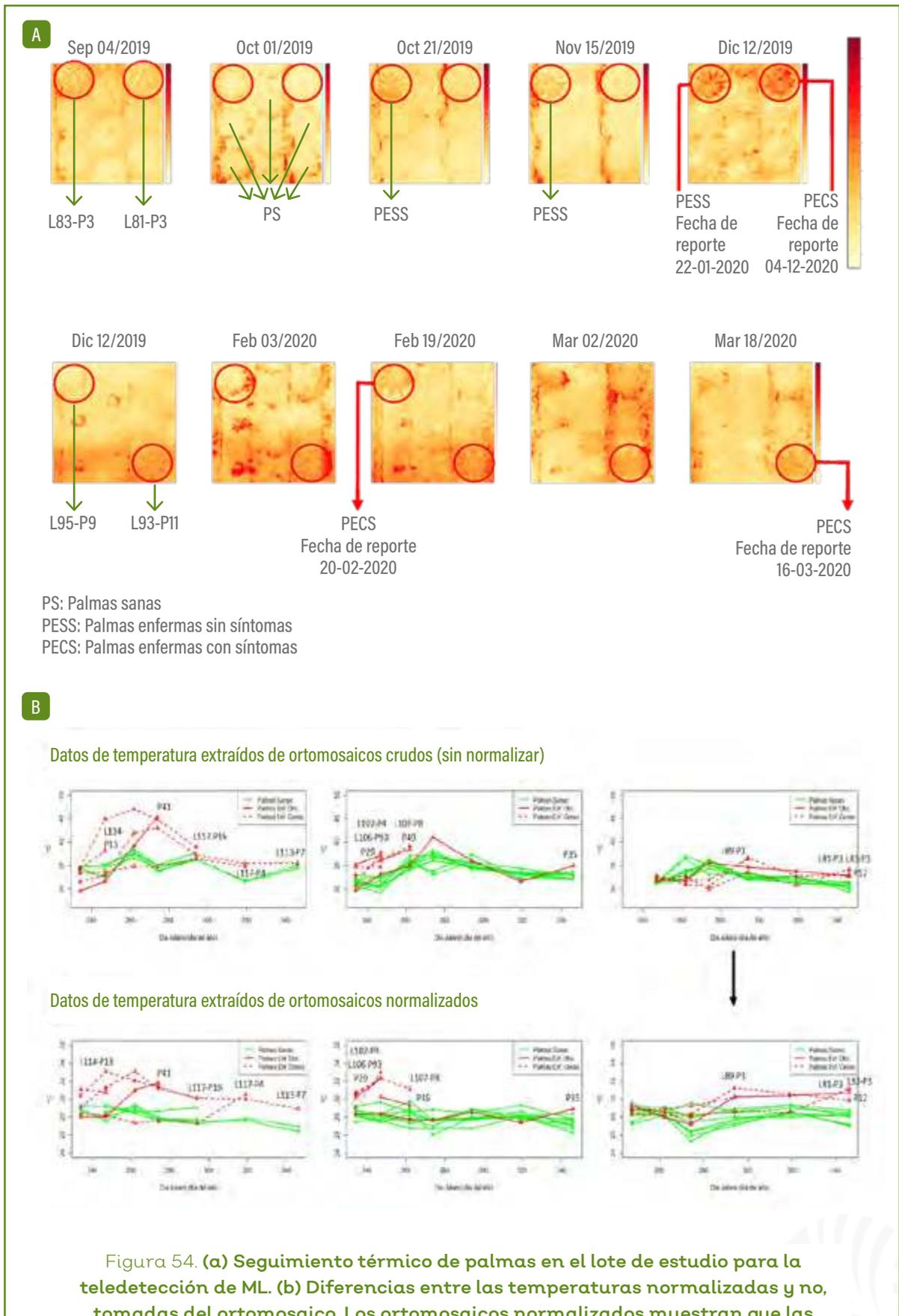
Figura 52. Generación de firmas espectrales e índices de vegetación en palma de aceite

entre 680 - 780 nm, corresponde a la productividad del cultivo, entre 1300 - 1450 nm representa la estructura de la hoja, y entre 1840 - 1940 nm indica el estado hídrico y/o contenido de humedad de las muestras. Los índices nombrados REP\_LE y  $I_p$ , son diferentes maneras para calcular el punto de inflexión de la curva de reflectancia, a partir del área espectral entre 600 y 900 nm, y permitieron discernir que el grupo de las palmas sanas presentaron valores superiores a 720 nm, mientras el de las enfermas registraron 717 y 715 nm para los índices REP\_LE y  $I_p$ , respectivamente.

En el campo de la teledetección con sensores aerotransportados, se realizó un seguimiento de varios índices multispectrales en el tiempo, como el NDRE (*normalized difference Red Edge index* o índice de diferencia normalizada RedEdge) (Figura 53). Se presentó un comportamiento relativamente estable del índice en el tiempo para las palmas indicadas en los círculos, encontrando que cuando se enferma y manifiesta síntomas, muestra una caída súbita en los valores del índice; pero cuando la palma evidencia síntomas visibles, el índice tiende a comportarse de manera errática, posiblemente por la interacción de los píxeles de coberturas contiguas al dosel de la palma. De esta manera, si bien estos índices pueden actuar como bioindicadores de la presencia de ML, no lo hacen de manera temprana.



Por otro lado, se trabajó con la porción del infrarrojo térmico del espectro, capturado con un sensor FLIR aerotransportado. En este caso, fue necesario desarrollar una técnica de normalización de los mosaicos térmicos generados, para disminuir el efecto de las sombras causadas por nubes, y la integración de líneas de vuelo tomadas con minutos de diferencia por el ARP. Esto permitió obtener un ortomosaico térmico más homogéneo, y comparar así las temperaturas de los doseles con mayor exactitud (Figura 54). De esta manera, los datos adquiridos con ARP son útiles para realizar el diagnóstico de enfermedades, y dar una respuesta rápida del estado sanitario del cultivo, que apoye la toma de decisiones.



## Unidad de Validación

Durante el 2020, el trabajo de la Unidad de Validación con respecto a la sanidad del cultivo se centró en el manejo de la PC en cultivos híbridos OxG. La epidemia de la PC en la Zona Suroccidental, ocurrida hace 10 años, se enfrentó mediante la siembra de cultivos OxG por su resistencia parcial a la enfermedad. Sin embargo, la PC sigue siendo un factor limitante del cultivo, ya que los híbridos OxG no son inmunes, y no todos los cultivos tienen la capacidad de resistirla.

Así, con el fin de responder a la necesidad de establecer estrategias de control regional de la enfermedad, la Unidad de Validación documentó el manejo de la PC en la Estación Experimental La Providencia. El trabajo se desarrolló en 21,4 ha de cultivos híbridos OxG siembra 2013. Se analizó la información de incidencia (acumulada y actual), y de las prácticas de control implementadas para el periodo 2014 - 2019. La estrategia de manejo consistió en la detección temprana, cirugías y erradicaciones: (i) se identifican oportunamente los casos; la frecuencia de los censos depende de la incidencia de la enfermedad, y su rendimiento es de 6 ha/día, debido a que el operario debe cumplir con otras obligaciones; (ii) se retira el tejido enfermo mediante cirugías, las cuales toman alrededor de 54 minutos por palma, y se realizan las rondas fitosanitarias al anillo que rodea la planta tratada; (iii) se erradican las palmas con grados avanzados, que pese a la cirugía continúan igual, o a las que se realizan más de tres cirugías y no progresan.

Al cabo de 2019, la incidencia de la PC en La Providencia fue de 0,40 %, debido a la implementación de la estrategia de control, pasando de 11,15 % en el 2014 a inferior a 1 % desde el 2015. Con relación a los costos de manejo, de \$ 505.671 ha (pesos de 2019) en 2014 (año de mayor incidencia) se llegó a \$ 223.956 ha en el 2019 (Tabla 21). Los resultados indican que no se puede bajar la guardia con el manejo de la PC en los cultivos híbridos OxG, debido a que pueden presentar altas incidencias, más aún si no se realiza un adecuado manejo. Asimismo, la implementación de la estrategia de control propuesta permite controlar de manera oportuna la enfermedad, reducir los riesgos de pérdida de la producción y garantizar la permanencia en el negocio.

Tabla 21. Costo anual (\$/ha) de manejo de PC en el cultivar híbrido OxG de la Estación Experimental La Providencia

Año	Incidencia de PC (%)	Censos	Cirugías	Rondas sanitarias	Erradicaciones	Monitoreo y cambio de trampas <i>R. palmarum</i>	Total
2014	11,15 %	212.024	110.607	80.181	14.169	88.690	505.671
2015	0,40 %	212.024	22.566	15.865	1.635	88.690	340.780
2016	0,44 %	135.695	15.256	12.220	4.905	88.690	256.766
2017	0,81 %	127.214	25.745	19.080	4.360	88.690	265.089
2018	1,09 %	101.771	37.505	31.086	14.714	88.690	273.767
2019	0,40 %	84.810	16.527	17.580	16.349	88.690	223.956

## 5. Hitos e indicadores

- La gestión del PSMF permitió en el 2020, que 44 núcleos palmeros se mantuvieran vinculados bajo el esquema de Convenios Empresariales de Manejo Fitosanitario, mientras que otros cinco se anexaron a dicho esquema, alcanzando un presupuesto que ascendió a los \$ 1.732.000.000, lo que permitió la operatividad de las coordinaciones regionales de manejo fitosanitario, y la consolidación de los planes de trabajo en cada zona.
- Por otra parte, se logró la eliminación de 94.200 palmas ubicadas en áreas foco de ML en el Departamento del Meta, y se fortalecieron los objetivos de la campaña de comunicación "De la mano contra la ML", gracias a la ejecución del Convenio de Asociación 034 suscrito entre el ICA y Cenipalma por valor de \$ 715.000.000. De estos, el ICA aportó 500 millones, y los productores y núcleos palmeros la cifra restante. En total fueron intervenidas 156 áreas brote de ML en 51 predios palmeros, equivalentes en área física a cerca de 2.200 ha, e inyectadas alrededor de 95.000 palmas para asegurar su eliminación. Esta acción permitió proteger más de 95.000 ha en el departamento.
- Con base en un ofrecimiento de recursos del MADR en 2019, para la atención de la problemática fitosanitaria del cultivo de palma de aceite, el PSMF elaboró el proyecto nacional para la eliminación y contención de focos y mitigación de la afectación por PC en las zonas Norte y Central, por \$ 5.300.000.000 en dos fases: Fase I - 2020 con recursos por \$ 2.700.000.000, y Fase II - 2021 con \$ 2.600.000.000, de los cuales Cenipalma aportaría el 30 %, como contrapartida recaudada a través de acuerdos con los núcleos palmeros beneficiados. Pese a la gestión realizada por el PSMF, que implicó la reformulación del proyecto en varias oportunidades, el convenio que oficializaba estos recursos no se firmó en la vigencia 2020, y su ejecución fue pospuesta para el 2021.
- El marco normativo fitosanitario se mantuvo en evaluación por parte del ICA, entidad que durante el 2020 analizó los comentarios recibidos a través de la consulta pública del proyecto de resolución, que busca reemplazar la Resolución No. 4170 de 2014 que declara las plagas de control oficial en el cultivo de palma de aceite. Gracias a la socialización del proceso, realizada por parte del PSMF en el marco de los comités agronómicos, las mesas de sanidad vegetal y otros escenarios, el borrador de la nueva resolución tuvo una cantidad de sugerencias y comentarios importantes. De acuerdo con la información recibida por parte del ICA, cada uno debe ser evaluado de manera previa a la expedición de la nueva resolución, que se espera quede en firme en 2021.
- En cuanto a las oportunidades financieras para atender la problemática fitosanitaria del sector, el PSMF socializó ampliamente entre los palmicultores, la Línea Especial de Crédito (LEC) de bioseguridad y control de enfermedades, aprobada en diciembre de 2019. A través de esta, los palmicultores tuvieron la oportunidad de acceder a subsidios diferidos hasta por cinco años, del 4 %, 3 % y 2 % efectivo anual, para pequeños, medianos o grandes productores, respectivamente, y hasta con cinco años de gracia.