



### **III.**

## **Incrementar la Productividad del Cultivo y del Proceso Agroindustrial**

**1. Generación de Tecnologías y Prácticas para Incrementar la Productividad en el Cultivo**

---

**2. Transferencia de Tecnología, Formación y Capacitación**

---

**3. Mejores Tecnologías de Procesamiento**

---

**4. Indicadores de Gestión**



Lograr procesos productivos más eficientes, sigue siendo uno de los principales retos del sector palmicultor. En este sentido, es claro que la productividad está asociada tanto a factores que dependen directamente del productor, como a la adopción de tecnologías y de las mejoras prácticas, y a otros factores que en gran medida exceden sus acciones: variabilidad climática, déficit hídrico, condiciones de infraestructura regional, impacto de los bajos precios del aceite, limitaciones del acceso al crédito, entre otros.

Tal y como se ilustró en el capítulo de desempeño sectorial, en 2019 los indicadores de productividad mostraron una contracción frente al año anterior. El rendimiento de fruto de palma promedio nacional observado, tuvo un decrecimiento de 10,8 % entre 2018 y 2019, pasando de 16,2 t/ha a 14,4 t/ha, respectivamente. Las zonas Oriental y Norte alcanzaron una productividad superior al promedio nacional, 14,6 t/ha en ambos casos, aunque estos valores fueron inferiores a los reportados en 2018 (Figura 38).

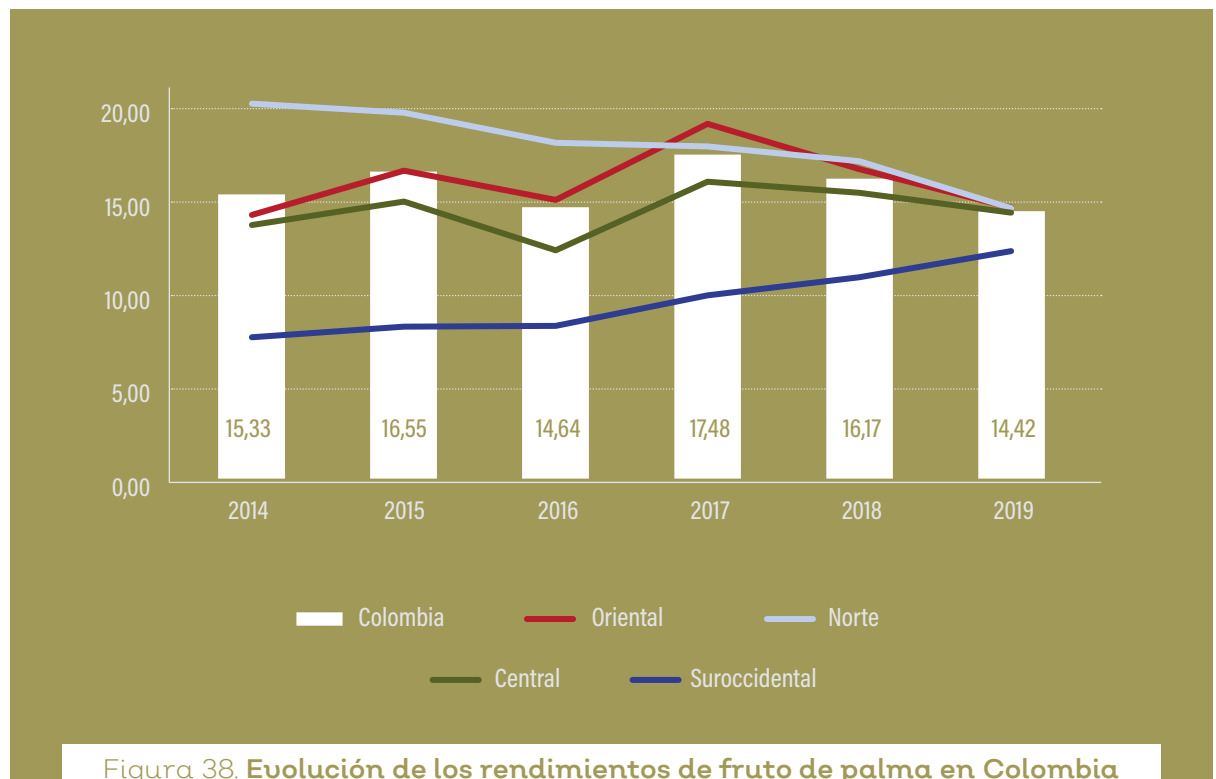


Figura 38. Evolución de los rendimientos de fruto de palma en Colombia 2014-2019 (toneladas RFF/ha). Fuente: Fedepalma-Sispa

De igual manera, el rendimiento nacional del aceite de palma crudo fue de 3,1 t/ha en 2019, mostrando una variación negativa del 10,6 % con respecto a lo obtenido en 2018 (3,5 t/ha). En la perspectiva regional se observa un aumento en la productividad de la zona Suroccidental (28 %), y una disminución generalizada en el resto: -7 % Central, -11 % Oriental y -17 % Norte (Figura 39).

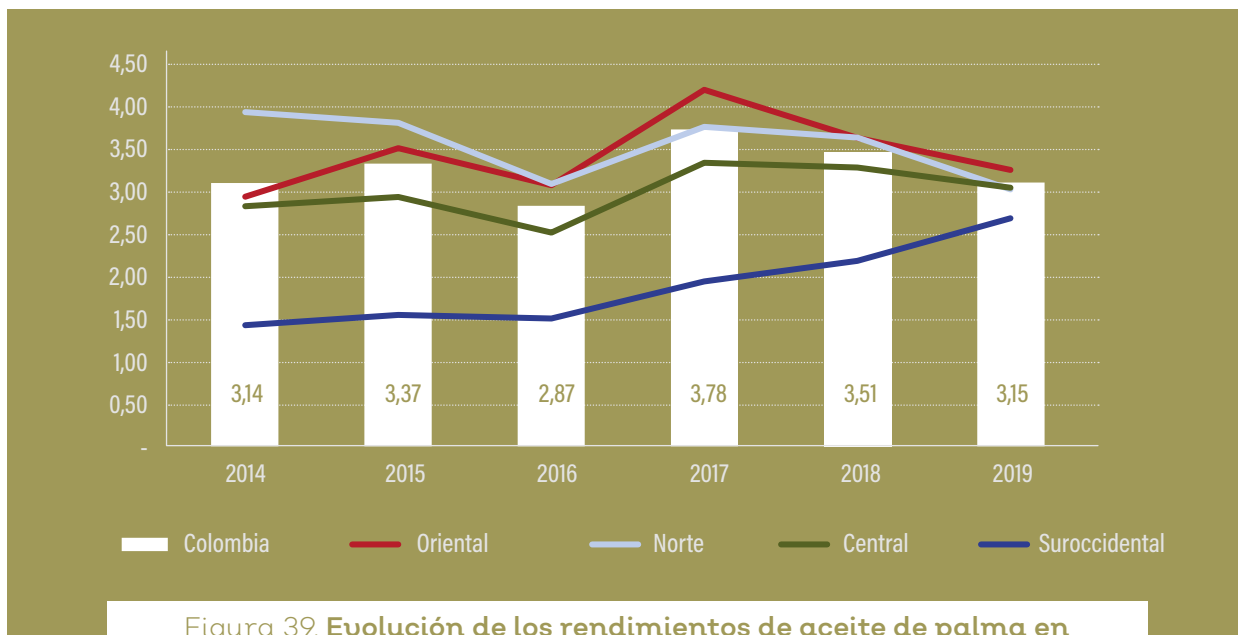


Figura 39. Evolución de los rendimientos de aceite de palma en Colombia 2014-2019 (toneladas ACP/ha). Fuente: Fedepalma-Sispa

Frente a estos retos, durante 2019 Cenipalma continuó dedicando importantes esfuerzos a generar, validar y transmitir las tecnologías que contribuyan a mejorar la productividad, tanto en el cultivo como en el procesamiento del fruto. En este sentido, el presente capítulo en sus primeras dos secciones aborda los principales logros y avances, y en la tercera lo correspondiente a impulsar la mayor eficiencia en el proceso de beneficio del fruto.

## 1. Generación de tecnologías y prácticas para incrementar la productividad en el cultivo

### 1.1. Evaluación del comportamiento morfoagronómico de cultivares comerciales de *E. guineensis* y OxG en pruebas regionales

En el 2019, se continuó con el seguimiento a cultivares comerciales híbridos OxG y comerciales Tenera (DxP), que son los más sembrados por los palmicultores en Colombia. En el Campo Experimental Palmar de las Corocoras (CEPC, Paratebuena, Cundinamarca), ubicado en la Zona Oriental, se están evaluando siete cultivares comerciales híbridos en tres densidades de siembra. Para el cuarto año de cosecha, se encontró que los híbridos sembrados a una densidad de 143 palmas por hectárea (a nueve metros), presentaron una producción por hectárea entre 26 y 42 toneladas de RFF/ha; en 128 palmas por hectárea (9,5 m) entre 24 y 37 toneladas de RFF/ha; y en 116 palmas (10 m) entre 18 y 30 toneladas de RFF/ha, como se indica en la Figura 40. En la mayoría de los cultivares OxG evaluados, las diferencias de producción por palma son similares, por consiguiente, a mayor densidad de siembra, mayor fue la producción por hectárea. Sin embargo, este tipo de experimentos son a largo plazo y se necesita más tiempo para poder determinar la densidad ideal de cada cultivar, donde se alcancen las máximas productividades por unidad de área.

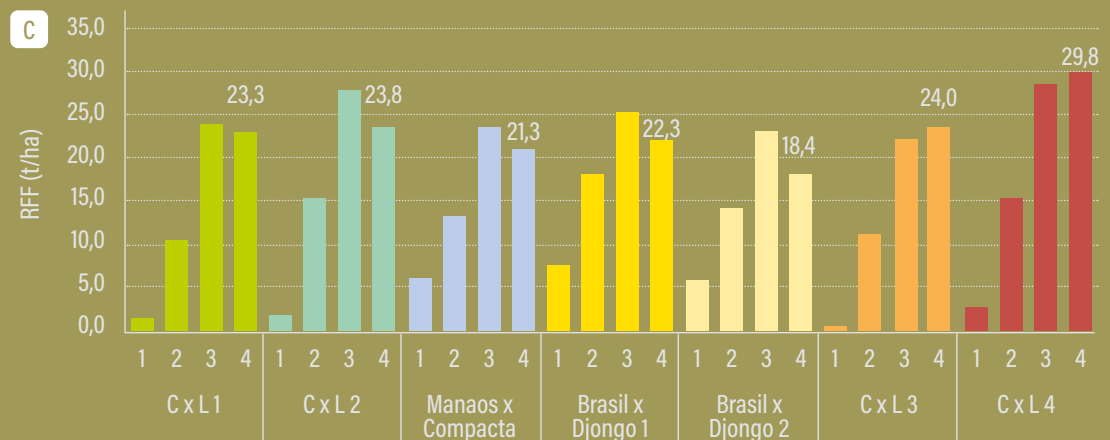
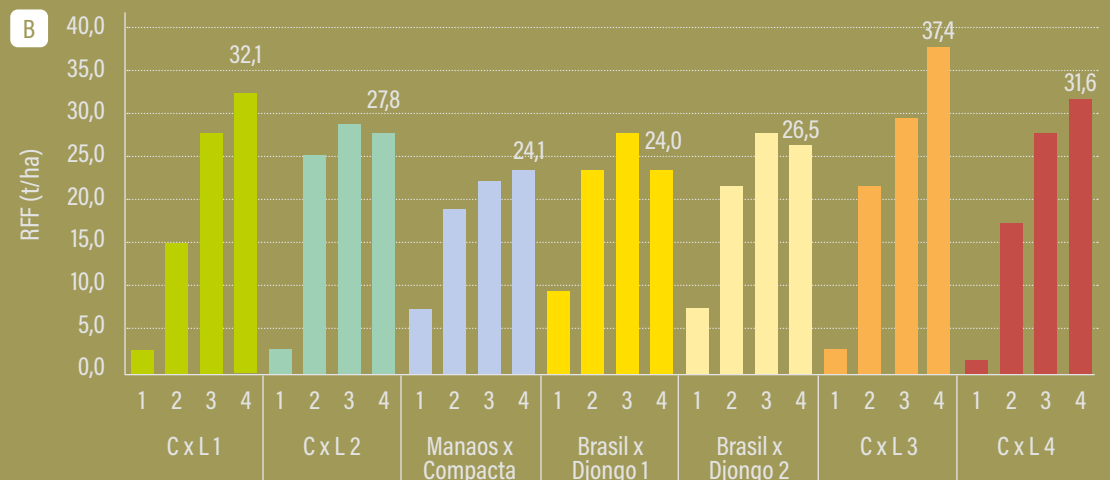
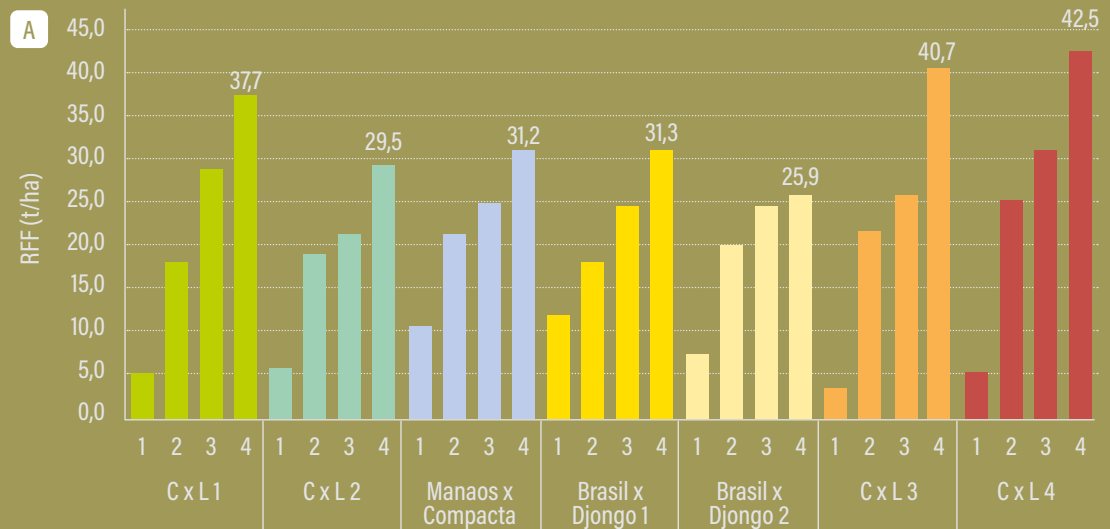


Figura 40. Producción de racimos de fruta fresca (RFF ha<sup>-1</sup>) en cada uno de los cuatro años de registro, para siete cultivares de híbridos interespecíficos O<sub>x</sub>G, en tres densidades de siembra. (A). Densidad de 142 palmas / ha (9 m). (B). Densidad de 128 palmas / ha (9,5 m). (C). Densidad de 116 palmas / ha (10 m). CxL es el cultivar Coari x La Mé, y para el experimento se evaluaron progenies de dos productores de esta semilla

## 1.2. Evaluación semicomercial de la aplicación del regulador de crecimiento ANA, en la inducción de frutos partenocárpicos en cultivares híbridos

Trabajos recientes desarrollados por Cenipalma, usando el regulador de crecimiento ácido naftalenacético (ANA), mostraron una mejor composición física del racimo y un mayor potencial de aceite. Sin embargo, a nivel industrial se hacen aplicaciones de ANA en polvo con adición de polen en la mezcla, con el fin de producir frutos normales y mejorar el proceso de prensado en la planta de beneficio. Se pudo demostrar que la germinabilidad del polen se afecta negativamente por el contacto con el ANA (Figura 41), alcanzando valores cercanos a 10 %, por lo que este no logra hacer una fecundación efectiva de las flores. Adicionalmente, la viabilidad del polen también tuvo reducciones. A nivel de campo se corroboraron estos hallazgos, y se observó que la mezcla de polen con ANA indujo la producción de un número reducido de frutos normales, si se compara con los obtenidos cuando se utilizó polen solamente (Figura 42).

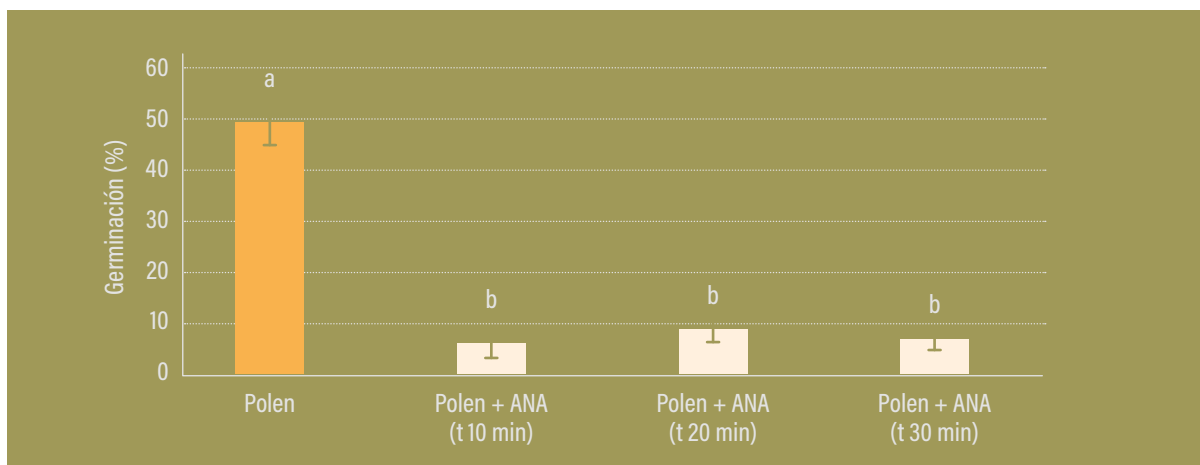


Figura 41. Respuesta de la germinación del polen en mezcla con ANA (240 mg de ANA: 100 mg de polen: 2.660 mg de talco), a diferentes tiempos de exposición. La t hace referencia al tiempo de incubación del polen en ANA, que para el ensayo fue de 10, 20 o 30 minutos. Las barras indican el error estándar. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ )

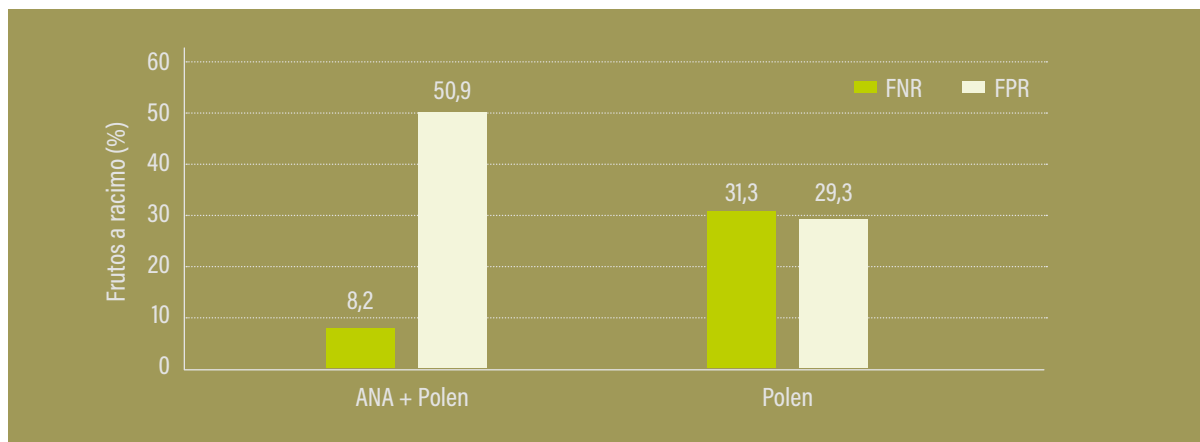


Figura 42. Relación de la formación de frutos normales (FNR) y partenocárpicos (FPR) con respecto al peso del racimo

### 1.3. Manejo del cultivo: clave para una excelente productividad

En el 2019 se consolidaron los trabajos sobre la nutrición de cultivos OxG para las Zonas Oriental, Central y Suroccidental. Los resultados previos mostraron impactos en rendimientos hasta de 8 t de RFF/ha adicionales, como respuesta a las aplicaciones balanceadas de nitrógeno. Mediante la ejecución de análisis de racimos, fue posible evidenciar la no influencia de las dosis de nutrientes aplicadas en el potencial de aceite (Figura 43). Con esto es probable lograr hasta 1,43 t de ACP/ha adicionales, debido al mayor rendimiento de RFF obtenido.

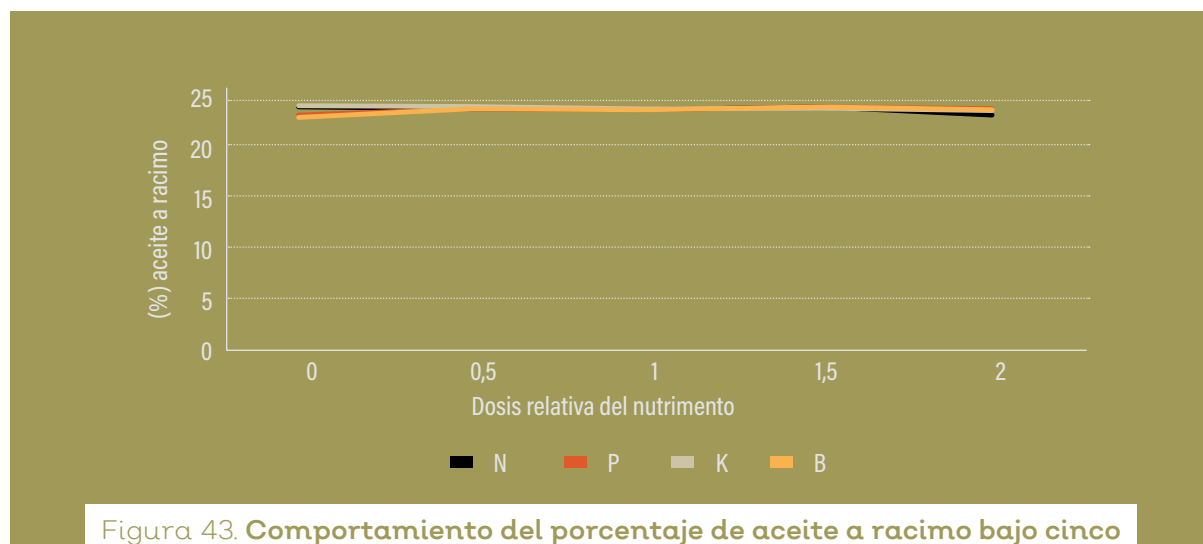


Figura 43. Comportamiento del porcentaje de aceite a racimo bajo cinco niveles de nutrientes en cultivos OxG

Por otra parte, con el fin de conocer el impacto de los diferentes sistemas de riego en el desarrollo y producción del cultivo de palma Deli x Ghana (siembra 2016), se evaluaron los sistemas de riego por goteo de alto caudal, por compuertas y por aspersión, en el Campo Experimental Palmar de la Sierra (CEPS). De acuerdo con el análisis de los registros de producción, no se observan diferencias significativas entre los lotes establecidos con goteo y aspersión, pero sí con el de compuertas, donde la producción del cultivar es mucho menor (Figura 44).

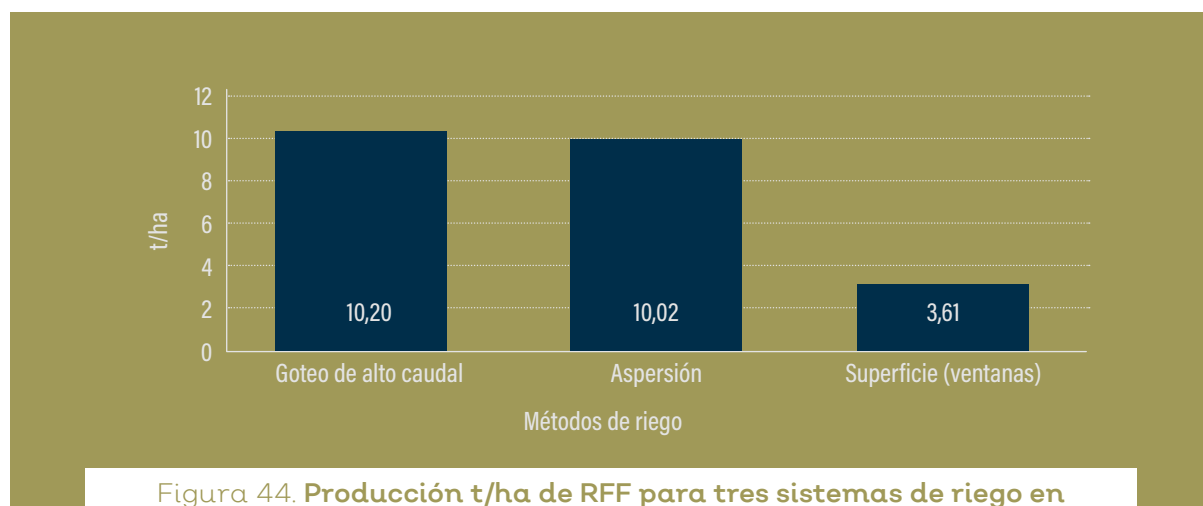


Figura 44. Producción t/ha de RFF para tres sistemas de riego en condiciones de la Zona Norte (CEPS)

Este resultado indica que debido a la baja eficiencia del sistema de riego por compuertas (18 %), se está sometiendo al cultivar a un déficit hídrico marcado (superior a 880 mm para 2019) y, por lo tanto, se está afectando considerablemente su producción. Con respecto a la evaluación y mejoramiento de sistemas de riego en la Zona Norte, en 2019, a través de actividades de diagnóstico y mejora, fue posible demostrar la viabilidad del incremento de la eficiencia de la conducción en los canales de riego (Figura 45).



Figura 45. Canal principal de riego y fuente de agua para lote de palma, Zona Norte, Plantación Sicarare

A continuación, se presentan los resultados de las eficiencias, antes y después de la reconstrucción del canal de riego (Figura 46). Como se observa, se logró un aumento de la eficiencia de conducción en el tramo evaluado, alcanzando un valor superior al 70 %.

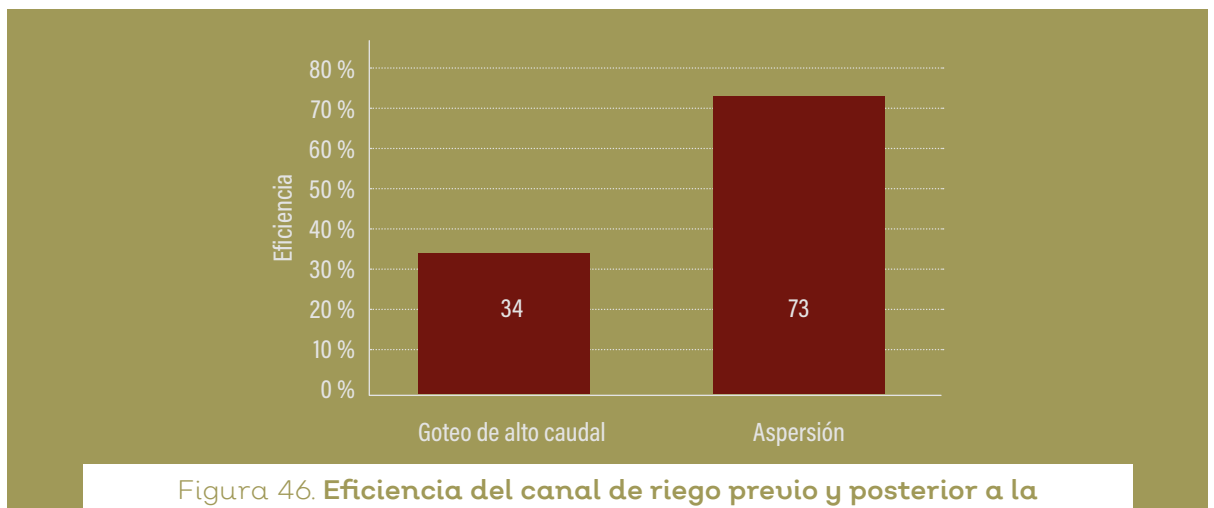


Figura 46. Eficiencia del canal de riego previo y posterior a la implementación de prácticas de mejoramiento



Además del mayor aprovechamiento del recurso hídrico, la ejecución del mejoramiento del canal permitió ahorros cercanos a \$ 800.000 /ha/año, lo que significó que en menos de un año es posible recuperar la inversión para el área evaluada.

En la Zona Central, plantación Villavista Sur de Bolívar, se desarrolló una investigación encaminada a evaluar el efecto de la neutralización de la acidez del suelo en la toma de nutrimentos, desarrollo y rendimiento. Los resultados de los análisis de suelos evidencian un impacto positivo de las aplicaciones de enmiendas (cal dolomita) sobre la acidez y el balance de bases. La Figura 47 muestra que con la aplicación de seis kg/palma de cal dolomita, se logró el mejor equilibrio en el complejo de cambio del suelo a los primeros 10 cm de profundidad, reduciendo las saturaciones de Al del 80 al 42 %, aumentando las de Ca del 9,8 al 38 %, al igual que las relaciones Ca+Mg/K, que pasaron de 2,3 a 8,55 con las dosis referidas anteriormente.

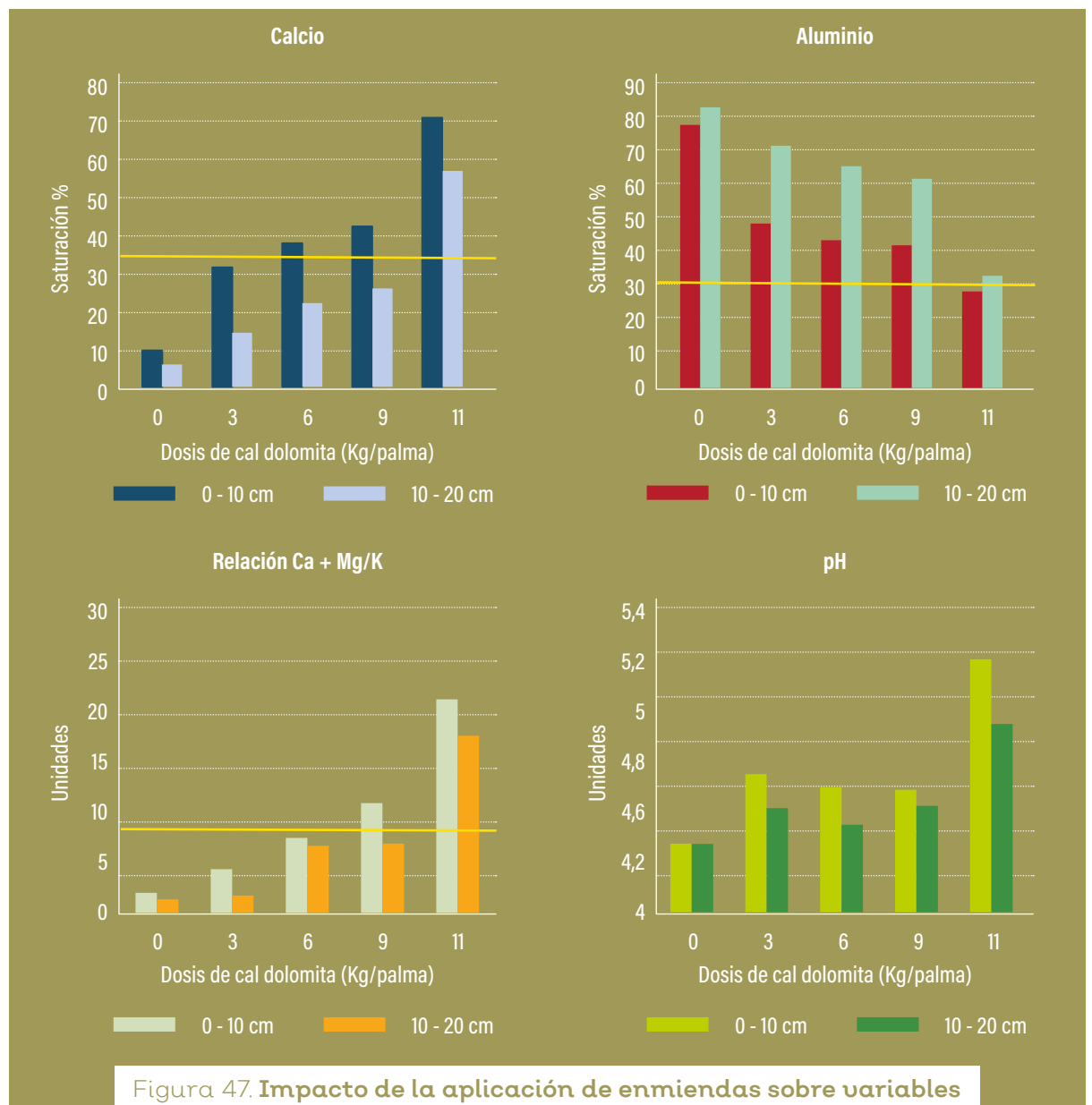


Figura 47. Impacto de la aplicación de enmiendas sobre variables de suelos en cultivos establecidos de palma de aceite

El pH del suelo presentó incrementos de 0,3 unidades con respecto al tratamiento testigo, e incrementos máximos de 0,9 unidades con las aplicaciones de 11 kg de la enmienda/palma.

Para evaluar el comportamiento del malogro de racimos bajo condiciones de polinización asistida, se marcaron 675 racimos en un cultivar Manaos x Compacta, distribuidos en polinizados y no polinizados, siendo 334 y 341 respectivamente. Dentro de las inflorescencias polinizadas, 39 se malograron y 295 continuaron en desarrollo normal, que equivale a un 13,22 % de malogro. Para las no polinizadas, 83 malograron y 258 continuaron su desarrollo normal, que corresponde a 32,17 % de malogro (Tabla 21).

Tabla 21. **Tabla de frecuencias malogro de racimos**

Tabla de frecuencias	Palmas polinizadas	Malogro		
		No	Si	Total
Frecuencia	No	258	83	341
Porcentaje		38,22	12,30	50,52
Row Pct		75,66	24,34	
Col Pct		46,65	68,03	
Frecuencia	Si	295	39	334
Porcentaje		43,70	5,78	49,48
Row Pct		80,32	11,68	
Col Pct		53,35	31,97	
Total		553	122	675
		81,93	18,7	100,0

Para las condiciones del ensayo, se obtuvo que la probabilidad de encontrar racimos polinizados fue del 49,48 % y racimos no polinizados del 50,52 %. Esto indica que la labor y la distribución de los racimos es la correcta para efectos de análisis, ya que la probabilidad de encontrar un racimo malogrado en racimos polinizados fue de 18 %, en tanto que la de hallar un malogrado en racimos que no fueron polinizados fue del 68 %.

Con respecto al proyecto de Catastro Palmero, que utiliza imágenes de satélites, datos de plantaciones y levantamiento de información con GPS, para 2018 se reportaba un total de 566.432 ha de área sembrada y un avance de 215.695 ha de formación en el aspecto agronómico. En el 2019 se levantaron cerca de 13.000 ha más, y adicionalmente se realizaron procesos de depuración que han llevado a eliminar cerca de 2.000 que no correspondían a cultivos de palma de aceite, que se encontraban principalmente en las zonas Norte y Suroccidental.

#### 1.4. Análisis económico de labores de mejores prácticas

**Estudio de métodos de aplicación de ANA sólido.** Durante la vigencia 2019, el principal objetivo de los investigadores del Área de Validación fue documentar

la aplicación de ANA en presentación sólida. Se consideraron diferentes métodos desarrollados por plantaciones que han sembrado cruzamientos OxG, y adoptaron la tecnología de polinización artificial con ANA.

Dado que la presentación de la mezcla con la que se poliniza, es decir si es sólida o líquida, implica diferencias importantes en lo que concierne a rendimiento de la labor, era necesario llenar este vacío en el acervo de conocimiento de la agroindustria. Así, se procedió a documentar la polinización con ANA sólido en diferentes paisajes, con distintos cruzamientos OxG y con diversidad de alturas de la palma.

Estos estudios de tiempos y movimientos han permitido estimar el rendimiento de la labor y los factores que inciden en este. Entre los factores que lo determinan, quizás el más relevante es la productividad de la plantación, representada en el número de inflorescencias a polinizar. En este orden de ideas, a mayor número de inflorescencias, menor es el cubrimiento en área de un trabajador. Incluso, deberá explorarse la necesidad de dividir la labor entre un operario encargado de abrir brácteas, y otro que aplique la mezcla.

Otro de los factores importantes es el de la altura a la que se encuentran los racimos. Fue evidente que en los cultivos que tenían palmas con más de 2,5 metros de altura, se dificulta la detección de inflorescencias que requieren ser aplicadas con ANA sólido. Asimismo, la labor es menos fácil a mayor altura, por lo que no debe descartarse seguir trabajando en métodos de aplicación de la mezcla de ANA en medio líquido.

Finalmente, la polinización artificial presenta menor rendimiento por hectárea en comparación con la asistida (solo polen), debido al mayor número de inflorescencias a ser polinizadas porque se hace una entrada a la semana al mismo lote en lugar de dos. Sin embargo, la disminución en el número de racimos malogrados, y el mayor contenido de aceite en los frutos del racimo, hacen que la práctica sea eficiente desde el punto de vista económico.

**Validación del punto óptimo de cosecha en el cultivar híbrido interespecífico OxG Corpoica (Cereté x Deli y Cereté x Yangambi).** Uno de los principales retos en torno al manejo de los cruzamientos OxG, es la necesidad de determinar el punto óptimo para la cosecha (POC) de cada uno de los cultivares, considerando que “las señales” que permiten juzgar si un racimo está maduro y listo para cosecharse varían entre estos. En consecuencia, se propuso un trabajo conjunto entre Agrosavia y Cenipalma, que tuvo como finalidad validar el punto óptimo de maduración de los racimos de los cruzamientos OxG Corpoica.

La validación se llevó a cabo en la Estación Experimental Agrosavia El Mira, localizada en el municipio de San Andrés de Tumaco, Nariño, que cuenta con un área de 100 hectáreas sembradas con cultivares híbridos OxG Corpoica: Cereté x Deli y Cereté x Yangambi.

El estudio se ha venido desarrollando por fases. Las principales conclusiones, apuntan a la importancia de realizar la cosecha siguiendo los criterios de maduración del racimo para cada cruzamiento OxG, debido al impacto que tiene sobre el contenido de aceite. En efecto, tras implementar el punto óptimo de cosecha para el corte de racimos, se pasó de una TEA de 17,28 % a una de

20,23 %. Posteriormente, al establecer el uso de ANA en conjunto con el punto óptimo de cosecha, se alcanzó una TEA de 26,24 %.

**Estimación del costo de producción 2017 y 2018.** Este trabajo se realizó de manera conjunta entre el equipo de Evaluación Económica de Cenipalma (Economía Agrícola) y el de Economía de Fedepalma. El objetivo fue estimar los costos por tonelada de racimos de fruta fresca (RFF) de palma de aceite y aceite de palma crudo (APC) en Colombia, para 2017 y 2018. Debe resaltarse que los cultivadores y plantas de beneficio que intervinieron se destacan por la adopción de tecnologías y negocios rentables. Participaron 23 productores que representan 62.000 ha (de un total de 540.688 ha plantadas en Colombia en 2018), y 10 plantas de beneficio que producen 369.726 toneladas de APC (de un total de 1.6 millones producidas en el país).

En cuanto a la metodología empleada para estimar los costos unitarios, se utilizó el enfoque de Mosquera et al., (2018), en el que se recopila información sobre la frecuencia y el precio de cada proceso necesario para obtener una tonelada de APC. Se consideró cada uno, desde el establecimiento de la plantación hasta la etapa de madurez del cultivo, y el costo de procesamiento de RFF para extraer APC (costos fijos y variables).

Los resultados indican que el promedio de los costos de establecimiento y de la etapa improductiva de los cultivos plantados con cultivares *E. guineensis*, que han participado en este estudio, fue de \$ 21.7 millones en 2017 y \$ 22.1 millones en 2018. Mientras tanto, el promedio de cultivos plantados con cultivares *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG) fue de \$ 20.6 millones para 2017 y 2018. En cuanto al valor unitario promedio de los cultivos *E. guineensis*, se encontró que la producción de una tonelada de RFF costó \$ 266.159 en 2017 y \$ 263.690 en 2018. En consecuencia, los costos de producir una tonelada de APC fueron de \$ 1.227.134 en 2017 y \$ 1.339.625 en 2018. Por otro lado, para la estimación del valor unitario promedio de los OxG, se consideraron exclusivamente los datos de la Zona Oriental, porque es la única región con cultivos adultos (mayores de 18 años). Los resultados arrojaron \$ 264.073/t RFF en 2017, y \$ 259.281/t RFF en 2018, y produjo costos unitarios de \$ 1.351.231/t APC en 2017, y \$ 1.417.035/t APC en 2018 (Figura 48).

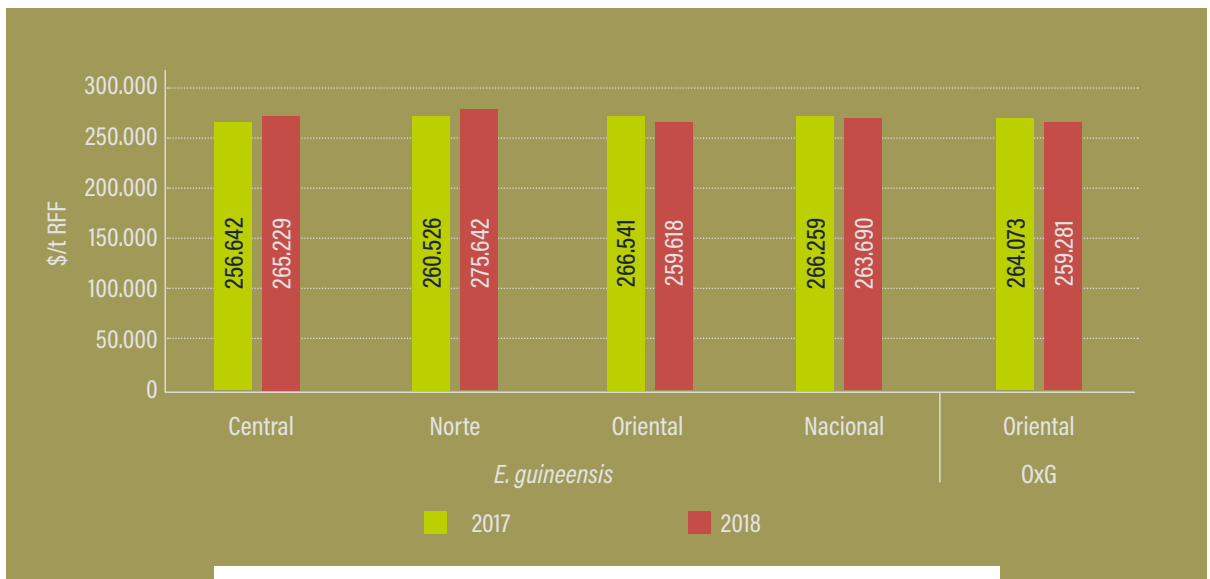


Figura 48. Costo unitario por cultivar, año y zona

## 2. Transferencia de tecnología, formación y capacitación

### 2.1. Mejores prácticas agrícolas para cerrar brechas de productividad

En el 2019, 44 núcleos del país utilizaron la estrategia Productor a productor, donde 108 líderes con parcelas demostrativas de mejores prácticas agrícolas (MPA) implementadas, fueron un elemento motivador preferencial de la adopción por parte de otros productores. Así, 44 de los 69 núcleos palmeros tienen parcelas demostrativas con MPA con productores de pequeña escala (33 %), mediana y gran escala (45 %), y plantación propia (21 %).

Los productores que recibieron la influencia del proyecto: a) ponen en práctica las mejores prácticas agrícolas; b) siguen, en su mayoría, los protocolos de aplicación; c) reconocen en campo los efectos de las MPA en la planta y en el suelo; e d) identifican la presencia de factores que interfieren en los procesos de adopción de las MPA, siendo los más importantes disponibilidad y costo de los insumos y su transporte.

En las diferentes zonas del país, la implementación de las mejores prácticas agrícolas ha generado un incremento sustancial, de tal manera que en las parcelas demostrativas la producción de racimos de fruta fresca (RFF) alcanzó en el 2019, 8 t/ha más que el promedio nacional (Figura 49). El efecto positivo de las buenas prácticas se ha mantenido a lo largo del tiempo, lo que se ve en los cuatro años de seguimiento.

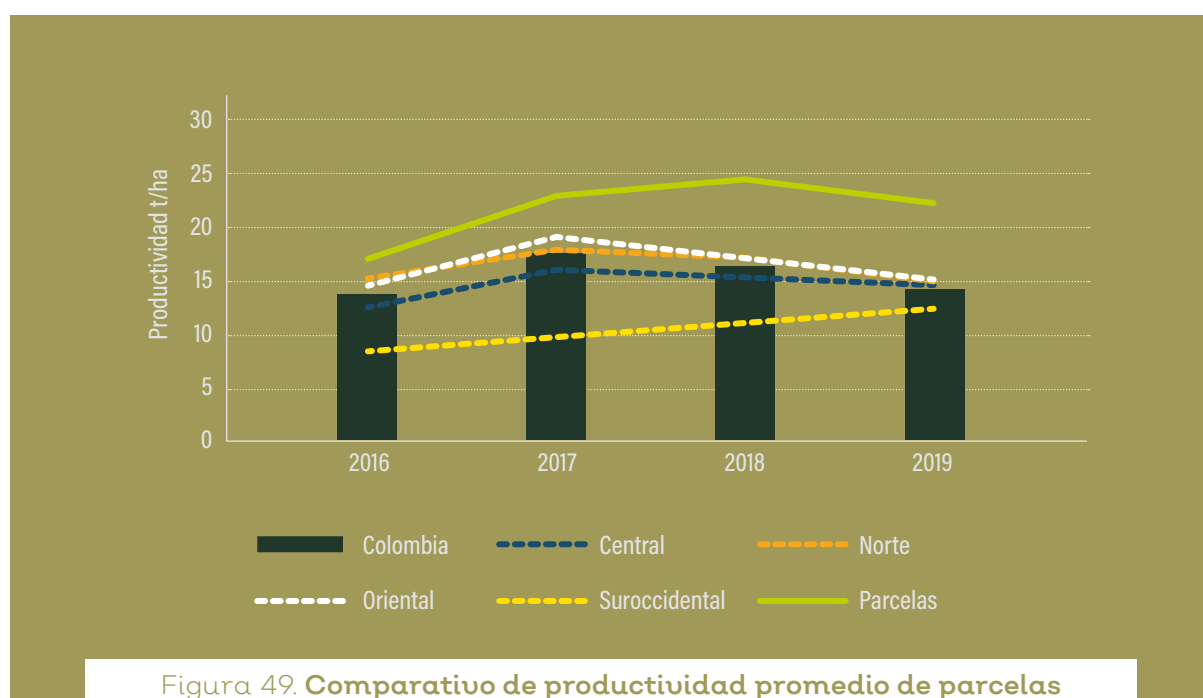
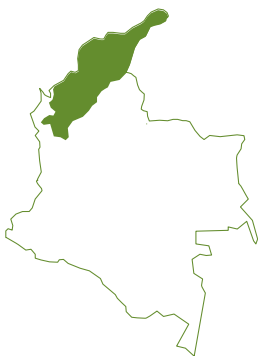


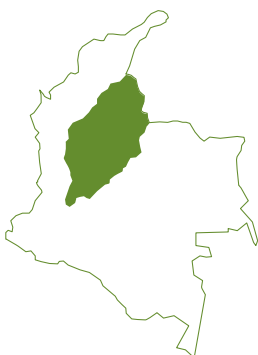
Figura 49. Comparativo de productividad promedio de parcelas demostrativas vs. productividad nacional

En el 2019 hubo una disminución promedio de cerca de 2 t RFF/ha/año en las parcelas demostrativas. Sin embargo, esta fue general en el promedio nacional de RFF. Se puede concluir lo siguiente para cada una de las zonas palmeras:



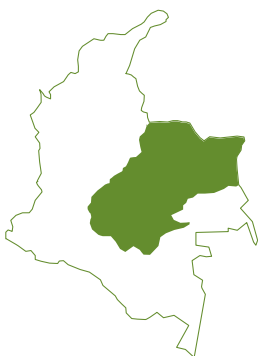
### Zona Norte

En general se ha presentado una disminución progresiva de la precipitación en los últimos dos años, representando un 40 % de déficit con respecto al uso consuntivo del cultivo. Así mismo, la baja nutrición proporcionada a los cultivos ha generado una disminución en número de racimos y en su peso promedio, que afectaron la productividad. En la subzona del Magdalena, el déficit de agua, sumado al problema fitosanitario (Putridión del cogollo), ha desmotivado la realización de prácticas de manejo al cultivo, especialmente la fertilización. En Codazzi, el déficit hídrico ocasionó la reducción del peso de racimos en alrededor de 1 kg/ racimo.



### Zona Central

La formación de racimos y la diferenciación floral se vio afectada por el verano presentado a finales de 2016-2017. Por otro lado, la distribución de las lluvias es cada vez más marcada, con periodos de sequía muy largos e inviernos cortos, pero intensos. Esto afecta la maduración de la fruta y su calidad. Condiciones climáticas de años atrás, han impactado con mayor severidad las siembras adultas, generando una disminución de RFF hasta del 20 %.



### Zona Oriental

Debido al verano muy marcado, de aproximadamente cinco meses, el peso promedio de racimos bajó de manera considerable (hasta cuatro kilos). Aspectos climáticos especialmente déficit y exceso de agua en el cultivo de acuerdo con el comportamiento de las precipitaciones.



### Zona Suroccidental

El comportamiento productivo durante el 2019 fue bueno, y esto se debió a la adopción de tecnologías en mejores prácticas agrícolas como punto óptimo de cosecha y aplicación de ANA.

Por otro lado, en el año 2019, se puede observar que tecnologías como el uso de biomasa han sido adoptadas por productores en más de 70.000 ha. Vale la pena resaltar la tecnología de punto óptimo de cosecha, que en menos de dos años ha alcanzado un nivel de adopción superior al 80 %, siendo aplicada en más de 50.000 hectáreas. La implementación de otras tecnologías viene ocurriendo de manera paulatina, conforme también se observa en otros sistemas agrícolas en el mundo. Sin embargo, al calcular el acumulado de las áreas con mejores prácticas, como se muestra en la Figura 50, desde el 2013 se ha duplicado de manera sostenida año tras año, hasta alcanzar alrededor de 200.000 ha impactadas en el 2019.

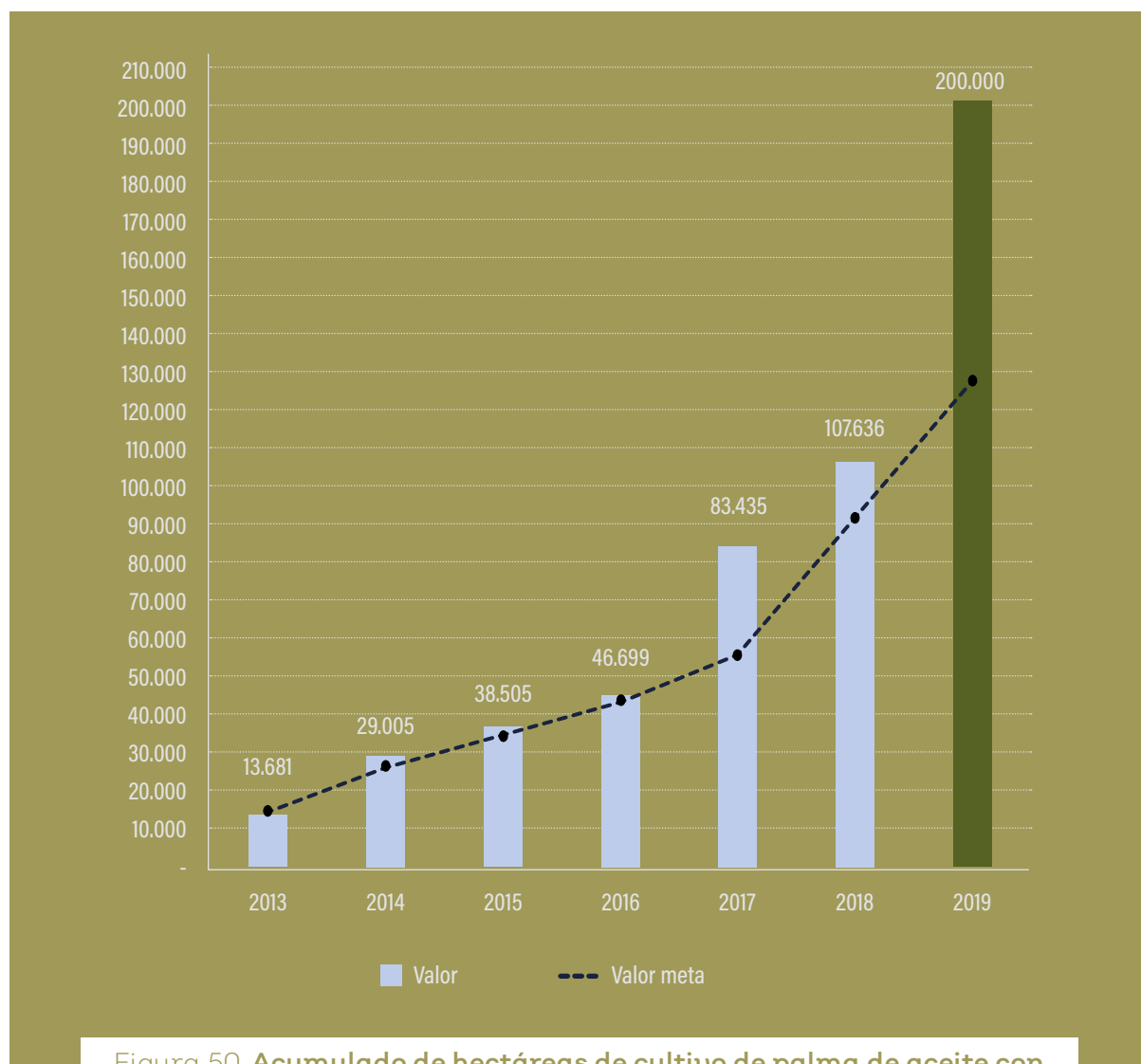


Figura 50. Acumulado de hectáreas de cultivo de palma de aceite con mejores prácticas adoptadas

## 2.2. Promoción y fortalecimiento del canal para la asistencia técnica a través de las UAATAS de núcleos palmeros

Conscientes de los retos en materia de productividad y sostenibilidad, en Cenipalma se vienen promoviendo las mejores prácticas orientadas al cierre de brechas, basadas en los pilares económico, ambiental y social. Así, se fijó la meta de incrementar en 5 toneladas aceite/ha/año en 2023, y consolidar el programa de Aceite de Palma Sostenible de Colombia APS.co. Para lograrla se viene implementado la estrategia Paso a paso, que inicia con la aplicación del índice de sostenibilidad (IDS), herramienta de medición que permite establecer una línea base y hacer seguimiento del estado de una finca. Una vez identificados los riesgos, se elabora el plan de acción que permita avanzar en el cierre de brechas de sostenibilidad.

Durante el 2019, Cenipalma y los núcleos palmeros trabajaron articulados, con el objetivo de incrementar la productividad mediante el acompañamiento en la activación de la estrategia, con la estructuración y ejecución de los planes de acción para 11 núcleos palmeros y una UAATAS (Figura 51).

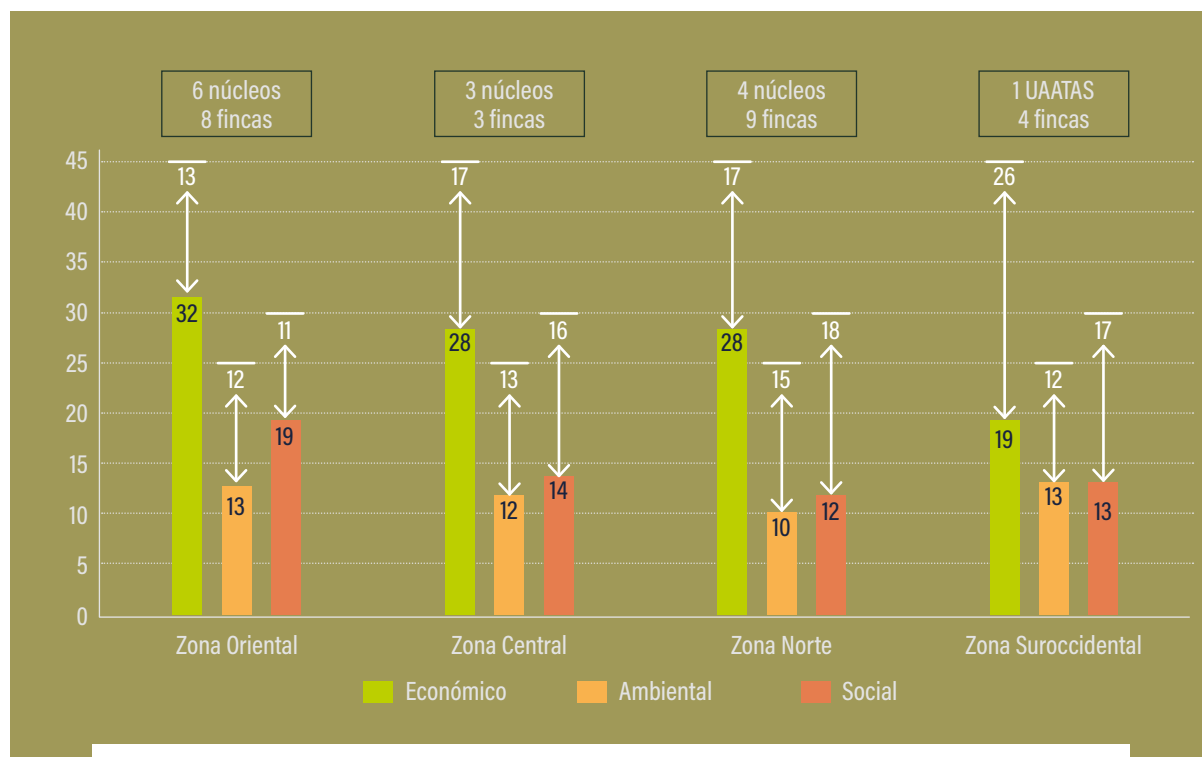


Figura 51. Resultados de la aplicación del índice de sostenibilidad

Con base en lo anterior, las principales brechas identificadas en el componente económico son manejo ineficiente de la nutrición en el cultivo; baja periodicidad de los censos de plagas; falta de implementación de coberturas vegetales; y en algunos casos ganadería dentro de los cultivos de palma. En el componente ambiental están asociadas a la falta de permisos para la captación de agua; manejo inadecuado de rondas hídricas, de residuos peligrosos y de vertimientos; y desconocimiento del manejo de AVC. Por último, en el social, están ligadas a la informalidad laboral y a la no implementación del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Durante el 2019, se avanzó en la estructuración de Planes Estratégicos de Aceite de Palma Sostenible, de la mano de los núcleos palmeros. Su objetivo es la identificación de brechas de sostenibilidad, en busca de que los núcleos puedan incluir dentro de los procesos de implementación de las mejores prácticas a toda su base de suministro. Esto, para facilitar el acceso a los mercados de aceite de palma sostenible, evaluando el nivel de sostenibilidad mediante el IDS de sus proveedores, e identificando los respectivos riesgos: con Aceites Morichal (Zona Oriental) 31 proveedores que conforman un área de 4.301 hectáreas, y con Cordeagropaz (Zona Suroccidental) 144 productores asociados a 1.483 hectáreas de cultivo de palma de aceite.

Con el fin de facilitar el intercambio de experiencias sobre la prestación del servicio de asistencia técnica, la consolidación de los equipos técnicos de las UAATAS por zonas palmeras, así como la socialización de los casos exitosos en la implementación de las mejores prácticas, se llevaron a cabo cuatro Encuentros Regionales de UAATAS con técnicos y productores líderes de las diferentes zonas palmeras. Bajo el lema "Juntos cerrando brechas de productividad y de sostenibilidad entre productores de pequeña, mediana y gran escala", se logró una interacción con más de 300 asistentes (Figura 52).





Figura 52. Encuentro de UAATAS, Zona Suroccidental

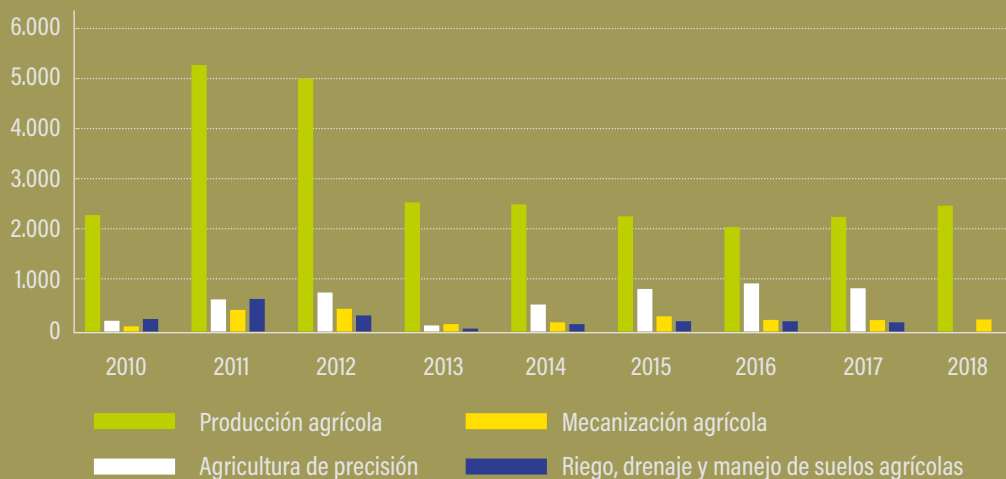
En la estrategia de apoyo y gestión para la asistencia técnica, dirigida a los productores de pequeña y mediana escala para facilitar mejores prácticas en la ruta Paso a paso, se presentaron varias propuestas a diferentes fuentes de financiamiento como: RSSF, Embajada de Francia, Colciencias y Fondo Colombia Sostenible. Este último aprobó un proyecto que beneficia a 100 pequeños productores de palma de aceite de la UAATAS Cordeagropaz en Tumaco, con una cofinanciación de \$ 575,075,000. El valor total es de \$ 971.600.000 y contará con una contrapartida local por \$ 396,525,000, y duración de 24 meses.

### 2.3. Capacitación y formación

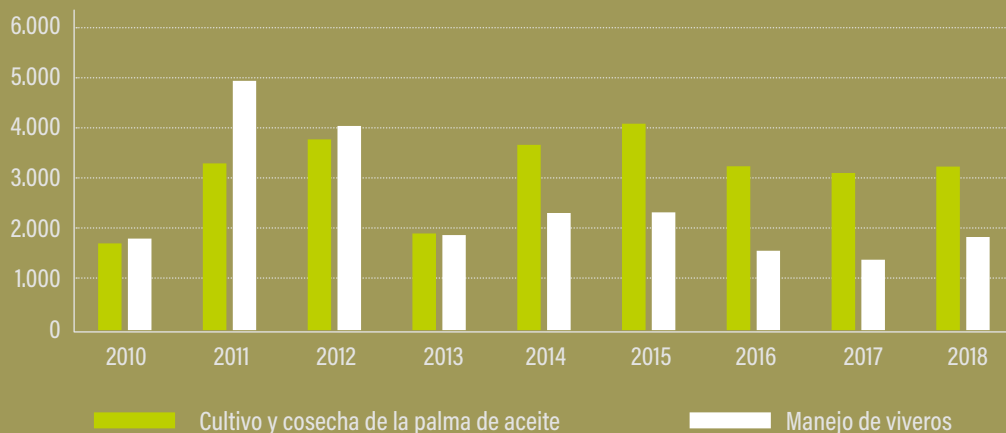
Acciones encaminadas a cerrar brechas de capital humano durante 2019. Los resultados más relevantes en materia de formación lo constituyen las gestiones adelantadas ante la Universidad Nacional de Colombia, para ofrecer el programa de Especialización en Cultivos Perennes Industriales en Apartadó (Antioquia), en asocio con la sede de Medellín, y de forma similar con la sede de La Paz (Cesar).

De otro lado, se realizó un monitoreo a la oferta de programas de formación técnica titulada de interés sectorial que ofrece el SENA, para el periodo 2010 y 2018. En comparación con 2017, la demanda se incrementó en un 6,7 y 9,7 % para las titulaciones de tecnologías en Producción Agrícola y en Agricultura de Precisión, respectivamente. Para el caso de los programas técnicos, el aumento fue de un 4,03 y 32,3 % para las titulaciones de Técnico en Cultivo y Cosecha en Palma de Aceite, y en Manejo de Viveros. Para formación de operarios, la demanda se redujo en un 7,6 % para la titulación en Labores de Cultivo (Figura 53). Se mantiene la tendencia de contar con un mayor número de tecnólogos, seguido de técnicos y finalmente operarios. Las métricas dan cuenta de 2,3 técnicos por cada operario titulado, y 1,08 tecnólogos por cada técnico.

### Formación de tecnólogos



### Formación de técnicos



### Formación de operarios

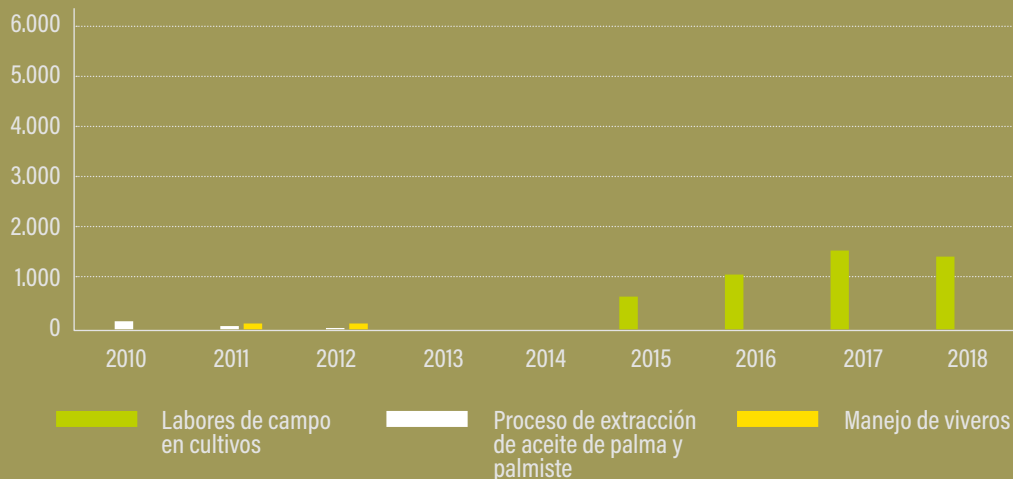


Figura 53. Titulaciones de programas de formación de tecnólogos, técnicos y operarios de interés sectorial, otorgadas por el SENA entre 2010 y 2018. Fuente: Grupo de Producción Curricular, Dirección de Formación Profesional, SENA

En lo que respecta a actividades de capacitación, se suscribió el Convenio Especial de Cooperación N° 0050 de 2019 entre el SENA y Fedepalma, por un valor total de \$ 413.038.773. De estos, el SENA aportó \$ 296.508.410, mientras que la Federación contribuyó con \$ 85.400.259 en efectivo y \$ 31.130.104 en especie. Se realizaron los siguientes cursos:



Diplomado virtual "Herramientas y técnicas para la transferencia de conocimientos a palmicultores", ofertado por el Instituto Universitario de la Paz, UNIPAZ (60 personas).



Diplomado virtual "Herramientas administrativas para el manejo de la logística y la cadena de abastecimiento del sector palmero", bajo la responsabilidad de la Universidad Tecnológica de Pereira, UTP (35 personas).



Diplomado virtual "Herramientas gerenciales para desarrollar los planes estratégicos de la empresa palmera", con la dirección académica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO (30 personas).



Diplomado virtual "Gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos en zonas palmeras", ofertado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD (31 personas).



Curso de actualización "Herramientas para el manejo integral del cultivo de palma de aceite", dictado por Cenipalma (289 personas).

En total se capacitaron 445 personas, provenientes de núcleos y empresas palmeras de las cuatro zonas de producción. De otro lado, se hicieron nueve visitas guiadas al personal del SENA (269 instructores y aprendices), en el tema de mejores prácticas agrícolas en el cultivo de palma de aceite, realizadas en las instalaciones de los campos experimentales de la Federación en el país.

El análisis de las evaluaciones de las acciones de capacitación muestra una tasa de incremento de conocimiento entre 31,85 y 147,16 %, para la ejecución de diplomados (este valor es respecto al promedio de la evaluación inicial). El resultado es positivo teniendo en cuenta el tipo de mediación (en ambientes virtuales) y los temas abordados (competencias gerenciales). Con los diplomados se impactaron las cuatro zonas palmeras, de tal manera que el 32,5 % de participantes eran de la Zona Norte, 15,7 % de la Central, 44,6 % de la Oriental y 7,2 % de la Suroccidental.

En relación con el curso de actualización, la tasa de incremento del conocimiento está entre 12,4 y 46,4 %. El resultado es relevante, toda vez que las sesiones tuvieron una duración de ocho horas e incluyeron actividades teóricas y prácticas. Los cuatro temas abordados corresponden a aquellos priorizados por los comités asesores agronómicos, y aportan de manera directa al entendimiento de los procesos de producción rentable de la palma de aceite. La Figura 54 presenta los incrementos en conocimiento para el curso sobre manejo hídrico.

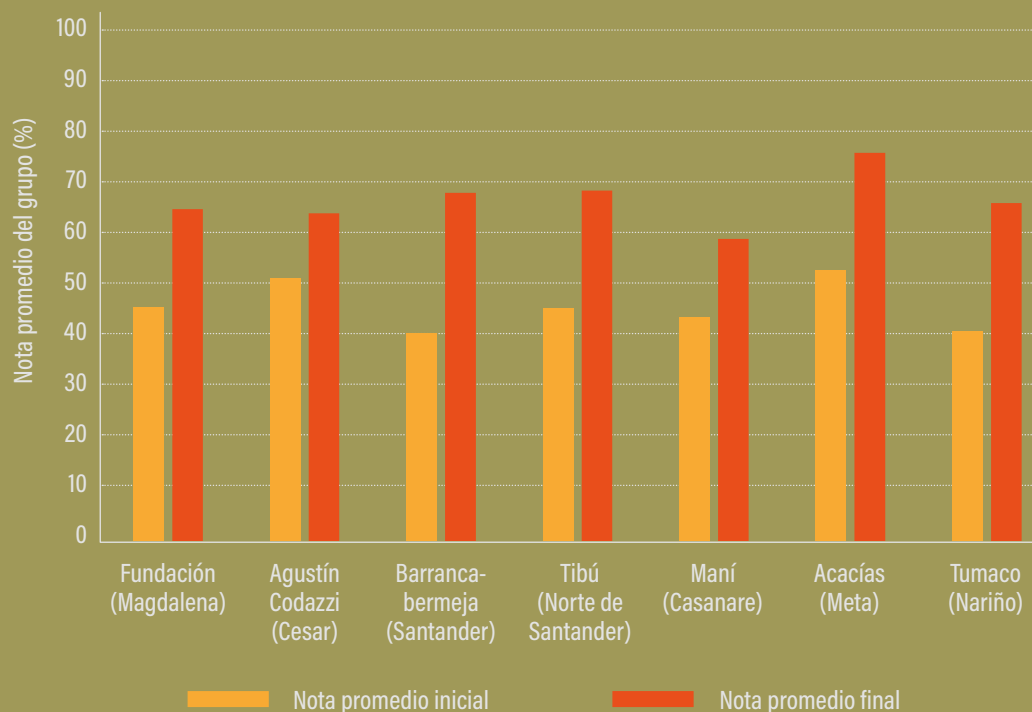


Figura 54. Notas promedio inicial y final para el módulo Fundamentos de manejo hídrico en el cultivo de la palma de aceite. Tasa de incremento del conocimiento: 46,4 %

Otras acciones significativas en materia de capacitación, corresponden a la realización de 132 actividades de extensión con productores del sector, en las que se contribuyó al desarrollo de capacidades técnicas y competencias laborales de 2.896 personas, en temas referentes al mejoramiento de la productividad, así: 74 sesiones de capacitación (1.644 personas); dos charlas técnicas (46 personas); 28 días de campo (561 personas); tres giras (64 personas); cuatro visitas a campo experimental (127 personas) y 21 talleres (492 personas). Estas se desarrollaron en las cuatro zonas palmeras (28 % en la Norte, 40 % en la Central, 10,4 % en la Oriental y 20,8 % en la Suroccidental). Dentro de las temáticas abordadas se resaltan aquellas relacionadas con mejores prácticas agrícolas, manejo fitosanitario del cultivo y prácticas con cultivares híbridos OxG (Tabla 22). De otro lado, se observa la incursión en temas relevantes como manejo del recurso hídrico, métodos de extensión, sostenibilidad y laboratorios de calidad en plantas de beneficio (Figura 55).

Tabla 22. Temáticas abordadas en las actividades de extensión durante 2019

Temática abordada	Número de eventos	Participantes
Mejores prácticas agrícolas	22	490
Manejo de plagas	20	471
Híbrido	17	448
Sanidad, incluye PC	15	298

Temática abordada	Número de eventos	Participantes
Recurso hídrico	12	273
Métodos de extensión y liderazgo	11	255
Sostenibilidad	9	99
Laboratorio calidad de plantas de beneficio	6	99
SIG	5	96
Fisiología de la palma	5	155
Estadística	3	49
Nutrición	3	74
Mecanización	2	15
Suelos	2	74
<b>TOTAL</b>	<b>132</b>	<b>2.896</b>



Figura 55. **Capacitaciones realizadas durante 2019**

Continuando con la oferta de capacitaciones de mediación virtual, en el marco del convenio de cooperación entre la Fundación Solidaridad Latinoamericana y Cenipalma, se desarrolló el curso *e-learning* "Índice de base tecnológica-IBT", con el que se formaron 85 personas de 23 núcleos palmeros de todo el país.

En materia de divulgación, se prepararon y emitieron en el grupo de emisoras comunitarias de las zonas palmeras, los programas del 449 al 468, lo mismo que

dos cuñas promocionales de la serie de programas educativos de radio Palmeros en Acción. Se imprimieron cinco referencias de afiches de cosecha para cultivares híbridos OxG (Coari x La Mé, Manaos x Compacta, Brasil x Djongo, Cereté x Deli y Punto óptimo de cosecha para los cuatro cultivares); un afiche de los Principales insectos – plaga de la palma de aceite en Colombia: daños, estados inmaduros y adultos; y las guías de bolsillo: Evaluación y seguimiento del nivel de tecnología aplicado en plantaciones adultas de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.); Polinización asistida en el híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (OxG); Manejo de *Rhynchophorus palmarum*; Reconocimiento de las plagas más frecuentes en la palma de aceite; Plantas nectaríferas asociadas a plantaciones de palma de aceite; y Principios básicos para el manejo de la Marchitez letal de la palma de aceite (ML) (Figura 56). Se entregaron 30 pendones institucionales "Cenipalma, con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero". Se prepararon y distribuyeron 1.380 memorias USB de 16 MB, con los materiales de apoyo para el curso de actualización Herramientas para el manejo integral del cultivo de palma de aceite, y la Reunión Técnica Nacional. Durante 2019, se inició el proceso de validación de la Guía metodológica para establecimiento de plantaciones sostenibles de palma de aceite.



Figura 56. Algunos materiales publicados en 2019

### 3. Mejores tecnologías de procesamiento

#### 3.1. Metodologías para la determinación del potencial industrial de aceite

Las siguientes dos metodologías de determinación de potencial de aceite, en las que se presenta el informe para la vigencia de 2019, son un avance significativo para poder conocer la cantidad de aceite por lotes, fincas, o proveedor, con una confiabilidad nunca vista. Estas propiciarán una mayor retroalimentación entre el campo y la planta beneficio, para un aumento de la cantidad de aceite producido por hectárea.

La metodología de medición del potencial industrial de aceite (PIA), permite obtener el indicador de forma instantánea (al menos cada cinco segundos), en línea (mediante automatización y el equipo NIR Online) y con alta confiabilidad, cubriendo al menos el 85 % - 90 % del fruto presente en cada cargamento (viaje) que se envía a la planta de beneficio. Como resultado se han realizado 145 mediciones con rango entre 18,05 % y 23,15 % +/- 0,02 %, con peso de viajes de fruta entre 8 y 27 toneladas de RFF. Esta metodología abarca dos tipos de soluciones presentes en la planta piloto: sistema semiautomatizado con vertedero hidráulico y sensores especializados; y la automatizada integrando NIR Online, que permite automatizar por completo la determinación de PIA por proveedores y TEA total del día (Figura 57). Como valor agregado de este trabajo, se correlacionaron datos de PIA por proveedores piloto con variables de plantación, tales como incidencia de PC, nutrición de suelos y mantenimiento de cultivo. La metodología se encuentra en proceso de patente entre Cenipalma y Agroince, ya ha pasado con éxito la etapa de solución de controversias, y está en camino al examen ante la PCT (Tratado de Cooperación en Materia de Patentes, por su sigla en inglés).

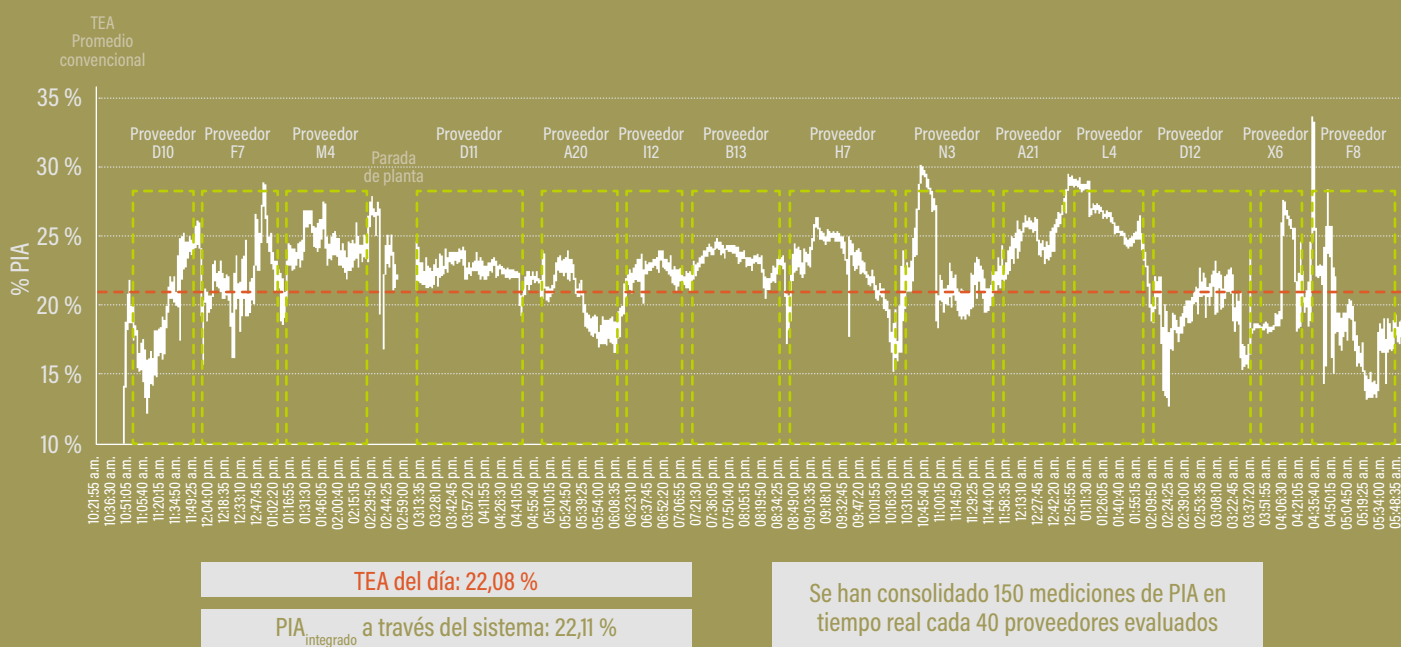


Figura 57. Comportamiento en tiempo real de PIA y caracterización de proveedores de fruto

Otra metodología que se ha venido evaluando, es la de la masa que pasa por digestor (MPD). Esta comprende el análisis de fruto esterilizado y separado previo a digestión y prensado, obteniendo información de la conformación de racimos y potencial de aceite en laboratorio. Su valoración se hizo de forma extensiva con racimos de cultivares *guineensis* e híbridos OxG, en las plantas piloto de las zonas Oriental y Suroccidental. Igualmente, se determinaron ecuaciones matemáticas para estimar el contenido de aceite a partir de la humedad que aporta cada componente del racimo (frutos normales, abortados e impurezas) al potencial, llegando a obtener R<sup>2</sup> de 0,90, optimizando el tiempo de respuesta de 10 horas a 15 minutos, y reduciendo la utilización de solvente para Soxhlet en laboratorio. También se desarrolló una ecuación preliminar para racimos de fruta fresca (RFF) proveniente de cultivares *Elaeis guineensis*, que está en función de los frutos normales a MPD (Fn/MPD), porcentaje de aceite a frutos normales (Ac/Fn), de aceite a impurezas (Ac/imp) y de pérdida de humedad en esterilización (Phest), permitiendo obviar el pesaje de las tusas. Este modelo cuenta con R<sup>2</sup>= 86,39% al finalizar el 2019.

La metodología MPD se utiliza como herramienta de medición y control de los racimos de fruto de palma de aceite. Su implementación permitió estimar el contenido de aceite de los RFF de cultivares híbridos OxG, recibidos en puntos de recepción y tolua. Fue aplicada en proveedores de diferentes zonas palmeras (Suroccidental, Central y Urabá), durante el procesamiento habitual en plantas de beneficio de las plantaciones (Palmeiras Colombia, Salamanca Oleaginosas, Palmas Santa Fe, Palma y Trabajo, y Bioplanta Palmera para el Desarrollo). En total se realizó en 18 proveedores de fruto en muestras de diferentes viajes de RFF, abordando cultivares híbridos Coari x La Mé, Manaos x Compacta, Brasil x Djongo, Cereté x Deli, Cereté x Yangambi y Brasil x 7 polen africanos. Se estimó de manera parcial, que en el procesamiento industrial de RFF de cultivares híbridos OxG, el potencial de aceite está en un rango de 20,6 % hasta 36,3 %. La pérdida de humedad de esterilización fue en promedio de 17,1 ± 1,7 %. La variación está sujeta a la fluctuación en el estado de maduración de los RFF que ingresan a la planta de beneficio, y también a la transición de proveedores con polinización asistida y artificial de RFF híbridos de los diferentes viajes.

**Unificación de criterios de calidad de RFF OxG en tolua.** La calificación de fruto en tolua es la primera operación que se hace en la planta de beneficio, una vez llegan los racimos del campo. Con el aumento de los RFF provenientes de los cultivares híbridos OxG, se ha visto la necesidad de revisar la metodología de calificación que se usaba para los racimos *guineensis*. A continuación, se resaltan los avances obtenidos en esta etapa en la que se establecen las relaciones entre el campo y la planta de beneficio.

Se realizaron análisis de calidad, en los que se determinó el estado de conformación y maduración presente en los RFF de cultivares híbridos OxG recibidos, de acuerdo con criterios unificados con los comités asesores de plantas de beneficio y plantaciones en las zonas Suroccidental y Oriental. Estos criterios son: maduración (inmaduros, maduros, sobremaduros, podridos y tusas vacías), conformación (clases de racimos C1-C2-C3-C4 de acuerdo con su grado de polinización), y criterios externos (RFF con pedúnculo largo e impurezas) (Figura 58). Los resultados condensados obtenidos, muestran para frutos con regulador de crecimiento los siguientes datos: inmaduro 17,86 %, maduro 30,35 %, sobremaduro 21,52 %, conformación C1 29,58 %, C2 25,02 %, C3 22,98 % y C4 21,62 %. Se nota la utilidad y practicidad de los criterios unificados de calificación de fruto en tolua.



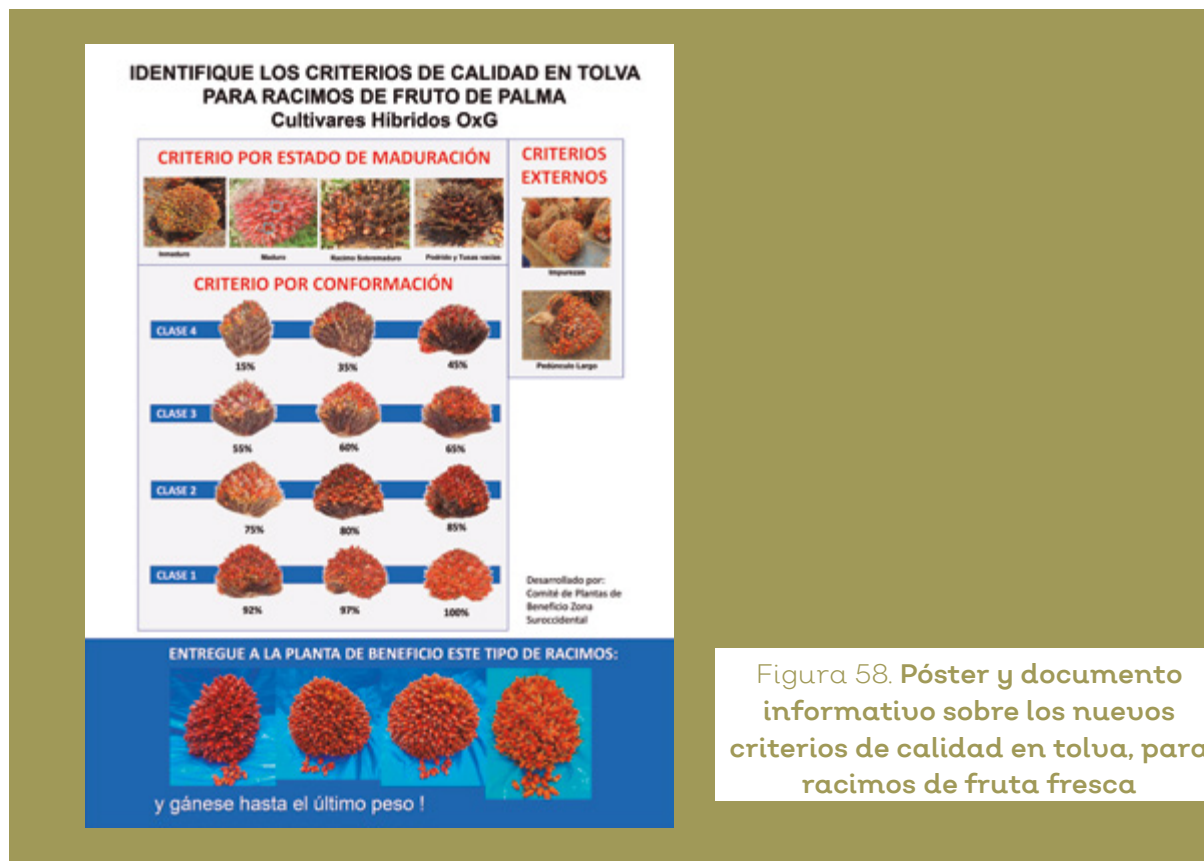


Figura 58. Póster y documento informativo sobre los nuevos criterios de calidad en tolva, para racimos de fruta fresca

**Evaluación de tecnología NIR para equipos de laboratorio.** Uno de los aspectos más relevantes dentro de las plantas de beneficio, es el control del proceso para minimizar las pérdidas de aceite y aumentar, por ende, su tasa de extracción. Generalmente este control de proceso llevado a cabo en los laboratorios se basa en técnicas Soxhlet que entregan su resultado de cuatro a 12 horas después de la determinación. Esto hace que el control no sea instantáneo ni de manera continua, ocasionando unas pérdidas considerables. Cenipalma ha venido trabajando en varias metodologías, para poder tener un resultado mucho más rápido, que ayude a optimizar la eficiencia de extracción de aceite.

De esta manera, se continúa con la evaluación del equipo NIR Online en la planta de Agroince y de los NIR de laboratorio (Flex y ProxiMate), dentro del convenio de investigación entre Cenipalma y Büchi (Suiza). En cuanto a los NIR de laboratorio, se calibraron los modelos de predicción para las matrices oleosas y sólidas. Estos fueron ajustados con base en muestras tomadas en línea, o por personal de proceso y laboratorio en las plantas Palmas del Cesar, Palmeras de Puerto Wilches, Extractora Monterrey y Palmas y Trabajo. Se desarrollaron nuevos modelos de predicción de parámetros de calidad de fruto, aceite de palma crudo, aceite de palmiste, almendra, nuez, fibra y torta de palmiste, completando más de 2.400 datos de calibración para pronóstico de humedad, pérdida de aceite, AGL, impurezas y otros parámetros simultáneamente, tanto para cultivares *E. guineensis* como para híbridos. En términos generales, los estadísticos para los modelos conformados son confiables, dado que superan el umbral de  $R^2$  de 0,70 y RMSE (error medio cuadrático). La utilización de esta tecnología reduciría costos, apuntando al seguimiento de pérdidas de aceite en el proceso, al igual que el monitoreo de múltiples variables de calidad en una misma medición.

Así mismo, se continuó desarrollando la función de transferencia entre equipos NIR Proximate y NIR Flex, con el fin de crear un modelo matemático que permita migrar las bases de datos, espectros y demás información entre estos. Se realizó visita a planta y ponencia por Palmas del Cesar, resultando como trabajo ganador en el marco de la XV Reunión Técnica Nacional.

### 3.2. Metodologías, tecnologías y prácticas para la optimización del procesamiento de fruto *E. guineensis* e híbridos OxG

**Procesamiento de RFF con regulador de crecimiento ANA.** Con la llegada de los RFF de cultivares híbridos a los que se les aplica el regulador de crecimiento, se ha notado que no se pueden mantener los mismos parámetros de control que se usaban para los RFF de cultivares *guineensis* en las plantas de beneficio. Uno de los aspectos críticos es el control de la dilución en la etapa de clarificación. A continuación, los avances obtenidos durante la vigencia 2019.

Se realizaron pruebas de dilución (adición de agua al lodo aceitoso), para observar el comportamiento del licor de prensa (LP) proveniente de RFF polinizados con ANA. Se encontró preliminarmente, que la relación de dilución empleada para procesar el híbrido con polen (1,8 vol. ac/ vol. agua), no ofrece mayor eficiencia y velocidad de separación, es decir, para procesar racimos con ANA se requiere más agua. Hasta el momento se evidenció que la relación de dilución de 1,4 %vol ac/%vol agua independiente del nivel de presión, ofrece las mayores eficiencias y velocidades al ser compara con la 1,8 %vol ac/%vol agua. Por otro lado, se pudo observar que la presión provoca un efecto sobre la separación del LP en los RFF polinizados con ANA, o sea que a medida que aumenta la presión decrecen el prensado, la eficiencia y la velocidad de separación.

Otro de los aspectos importantes, es la dificultad para prensar los RFF de cultivares híbridos con regulador de crecimiento por la falta de nueces. Para esto, se han hecho ensayos supliendo las nueces por otras semillas como la tagua. Los resultados físicos de pruebas realizadas a esta, que ya viene siendo utilizada principalmente en Tumaco, se detallan a continuación.

Las pruebas iniciales de esfuerzo mecánico para compresión de semillas de tagua, se llevaron a cabo con equipos y personal facilitados por el laboratorio de resistencia de materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, UIS. Se utilizó un banco especializado para ensayos de compresión, con registro detallado de fenómenos de deformación, torsión, falla y ruptura. Al aplicar fuerza cada 5 mm/s, mostró fractura a 2.174 N (489 psi). En otra prueba, la fractura se evidenció a 7.700 N (1731 psi). Dado que este equipo cuenta con una cámara de inmersión para pruebas con agua caliente o sustancia no corrosiva hasta 100 °C, aplicando desplazamiento cada 33 mm/s con agua a 75 °C, la ruptura se presentó a 9.375 N, 2.000 N más que el experimento sin aplicar agua caliente. La fuerza ejercida por este banco de ensayos es similar al esfuerzo transversal que ejercen los tornillos de prensado en planta. Preliminarmente, se concluye que la geometría exterior del cuesco o envoltorio de la tagua, al igual que su grado de madurez, intervienen en la ruptura de este fruto, considerando la temperatura del fluido en la que se encuentre inmersa. Esto dado que la temperatura en digestores en planta oscila entre 60 °C y 80 °C. Para determinar el área promedio por fruto analizado, se utilizó un *software* para reconocimiento de fotografías digitales.

### **Evaluación de nuevas tecnologías, metodologías o procesos dentro del**

**procesamiento de RFF.** Esta actividad contiene diversos avances en cuanto a desarrollo y evaluación de tecnologías, que apuntan hacia la mejora continua del procesamiento de fruto. Entre las principales se encuentran:



- a. Tecnología para calificación de racimos en campo y en tova de planta de beneficio, a través de *deep learning* y equipos hiperespectrales. Con esta se intenta una calificación más cuantitativa de la calidad de los RFF que llegan a la planta de beneficio. Se empezó con la búsqueda de equipos y estado del arte de tecnologías emergentes en estas áreas, enfocadas en el análisis automatizado de imágenes en conjunto con el procesamiento de señales, tales como nivel de humedad, intensidad lumínica, entre otros. Se definió como ambiente de desarrollo (*software*), la utilización de lenguaje Python para el control general de *hardware*, y programación de sistema para *deep learning* de imágenes, librerías OpenCV para procesamiento de imágenes y control de cámaras CMOS y NIR, *hardware* principal Raspberry PI4, unidad de procesamiento neuronal Intel Neural Compute Stick 2, y otros accesorios para facilitar la interacción con el usuario. Utilizando las imágenes capturadas, se inició la extracción de características diferenciadoras entre ellas tales como contornos, color asociado a determinados estados de madurez y presencia de insectos o enfermedades, aspectos de mantenimiento del cultivo, entre otras condiciones.



- b. Ensayo preliminar de enzimas pectinasa y celulasa administradas en preclarificador, para verificar el efecto de reducción de pérdida de aceite. Mediante equipos de dosificación se aplicaron enzimas dirigidas al último compartimiento del preclarificador, con bajo suministro de vapor debido a la temperatura de inactivación de la enzima (por encima de 80 °C). Preliminarmente, en las dos centrifugas de Agroince, se evidenció reducción del contenido de aceite perdido a la salida de estos equipos, con variación entre 0,2 y 0,4 respecto al porcentaje obtenido en esta sección entre 9,8 y 10,4 % Aceite/SSNA.

### **Evaluación de pérdidas de aceite en nuevas corrientes y actualización de metodologías convencionales.**

Su objetivo es la evaluación de metodologías de muestreo para control de pérdidas de aceite en tusa prensada. Se realizó comparativo entre cuatro tratamientos, utilizando diagramas de caja y bigote. Estos son: tratamiento 1 (recolección de muestras durante ocho horas seguidas de proceso, a razón de dos por hora); tratamiento 2, (cuatromuestras parciales compuestas durante el periodo comprendido por ocho horas seguidas de proceso); tratamiento 3 (dos muestras parciales compuestas durante el periodo comprendido por ocho horas continuas de trabajo); y tratamiento 4 (una sola muestra compuesta en ocho horas continuas de trabajo). Se observó que el tratamiento 1 tiene un intervalo de datos muy inferior respecto a los demás. El 3 presentó la mayor variabilidad entre los casos estudiados. De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda optar por el tratamiento 3, que mostró mayor confiabilidad de los datos a un costo razonable.

**Mejoramiento de sistema de información CeniSiiC versión integración avanzada (Fase IV), e implementación de sistema inteligente (*machine learning*) para pronóstico de variables de procesamiento.** Esta actividad comprende el desarrollo de alternativas constituidas como metodologías y sistemas de información, entre otros, con el fin de potencializar en planta de beneficio los procesos de mejoramiento continuo, iniciando con producción y mantenimiento con una visión gerencial. Entre los avances más representativos se encuentran:



a. Actualización y continuación de registros diarios de paradas, fallas, procesamiento y calidad de RFF, entre otros parámetros, del modelo de indicadores de CeniSiiC. Se siguió diligenciando información en la planta Oro Rojo, haciendo especial énfasis a eventos de parada y fallas ocasionadas por el procesamiento de cultivos híbridos con regulador de crecimiento, justificando desde el punto de vista de indicadores de eficiencia, que es necesario el ajuste de los equipos y proceso. Entre los eventos detectados estuvieron: parada de prensas por taponamiento en salida de licor y pérdidas excesivas de aceite, parada en prensado a causa de saturación de fibra con alta impregnación en columna de desfibración, y parada en clarificación por taponamiento de centrifugas. Estas situaciones componen al menos el 21 % del tiempo perdido en planta, equivalente a 391 horas en lo corrido del 2019.



b. *Software* desarrollado en el marco de la maestría en el programa de Gerencia de Mantenimiento en la Universidad Industrial de Santander. Sistema inteligente para el pronóstico de escenarios de costos y fallas de mantenimiento, utilizando *machine learning* como herramienta gerencial para una planta de beneficio del gremio palmero colombiano. Se trabajó en la aplicación bajo ambiente Matlab con interfaz GUI. Se incrementó la base de datos con información de Agroince, con el fin de obtener mayor variabilidad y mejorar la precisión de los pronósticos de costos y fallas generados a través del sistema. Se cuenta con la tesis de grado presentada ante la universidad, y recurso físico y digital almacenado en biblioteca y protegido por cláusula de confidencialidad (durante dos años), según convenio marco entre Cenipalma y la UIS.

**Desarrollo y evaluación de estrategias para la promoción del uso racional y eficiente de servicios industriales.** Los servicios industriales (agua, vapor y energía) son las entradas externas para poder procesar los RFF en las PB. Su optimización es vital tanto para la operatividad de las extractoras como para la reducción de costos de procesamiento.

Se publicó el Boletín Técnico N° 38 en el mes de enero, con el tema Metodología para la medición, caracterización y diagnóstico del desempeño en el consumo de servicios industriales en plantas de beneficio. En este se describen los procedimientos necesarios para evaluar y tomar decisiones en la administración de los servicios industriales. Durante el año se trabajó en la migración de la aplicación para la determinación de la eficiencia térmica de calderas a una plataforma web, para su consulta en <http://192.168.103.55/cenipalmabiomasa>. Se desarrolló el manual instructivo para la operación de la herramienta. Igualmente, se realizaron evaluaciones de consumo de energía en tres plantas de beneficio, con el objetivo de valorar los procesos de esterilización y clarificación, implementando

análisis de balance de masa y energía para determinar su eficiencia. Se participó en el III Congreso Palmero de Guatemala organizado por Grepalma, con la ponencia Diagnóstico del desempeño del consumo de energía eléctrica en plantas de beneficio en Colombia.

#### 4. Indicadores de gestión

**Productividad RFF:**

$$\frac{7.008.181 \text{ t}}{486.005 \text{ ha}} = 14,42 \text{ t/ha}$$

**Productividad CPO:**

$$\frac{1.528.910 \text{ t}}{486.005 \text{ ha}} = 3,15 \text{ t/ha}$$

