



## **II. Investigación**

**1. Programa de Biología y  
Mejoramiento de la Palma**

---

**2. Programa de Plagas y  
Enfermedades**

---

**3. Programa de Agronomía**

---

**4. Programa de  
Procesamiento y Usos**

---

**5. Unidad de Validación**



# 1. Programa de Biología y Mejoramiento de la Palma

## Objetivo general

Obtener cultivares de palma de aceite con elevada producción y calidad de aceite, resistentes a enfermedades y adaptados a las condiciones agroclimáticas colombianas.

## Principales actividades desarrolladas en 2019

### Área de Fitomejoramiento

Mantenimiento, conservación e introducción de accesiones de las especies *E. guineensis* y *E. oleifera*

Para el manejo sistemático de las colecciones biológicas, un insumo crucial para la acertada identificación y utilización de parentales élites de palma de aceite, se tienen tres fases bien definidas: i) introducción y conservación, ii) evaluación y iii) selección de genotipos.

Durante el 2019 se realizó el análisis de la diversidad genética de *E. oleifera* en 58 nichos pertenecientes a las regiones Caribe y Andina de Colombia, que abarcaron 11 departamentos. En la Figura 4, se muestran los resultados de la evaluación de la diversidad y estructura genética espacial de 280 individuos, utilizando 16 loci microsatélites (SSR), análisis que permitió la identificación de cuatro grupos genéticos bien diferenciados.

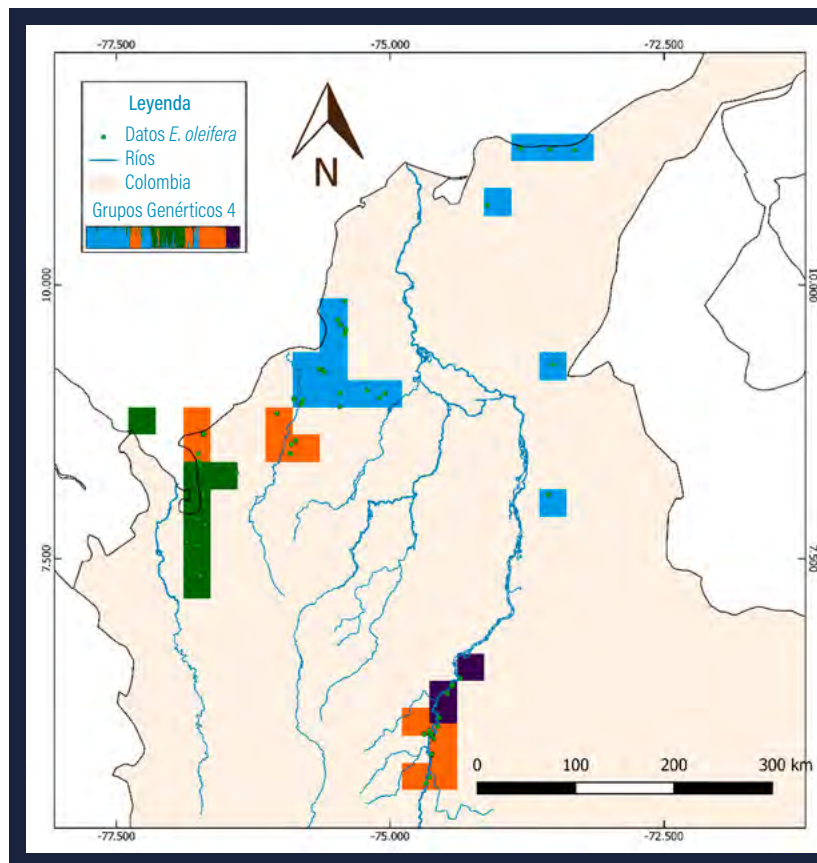
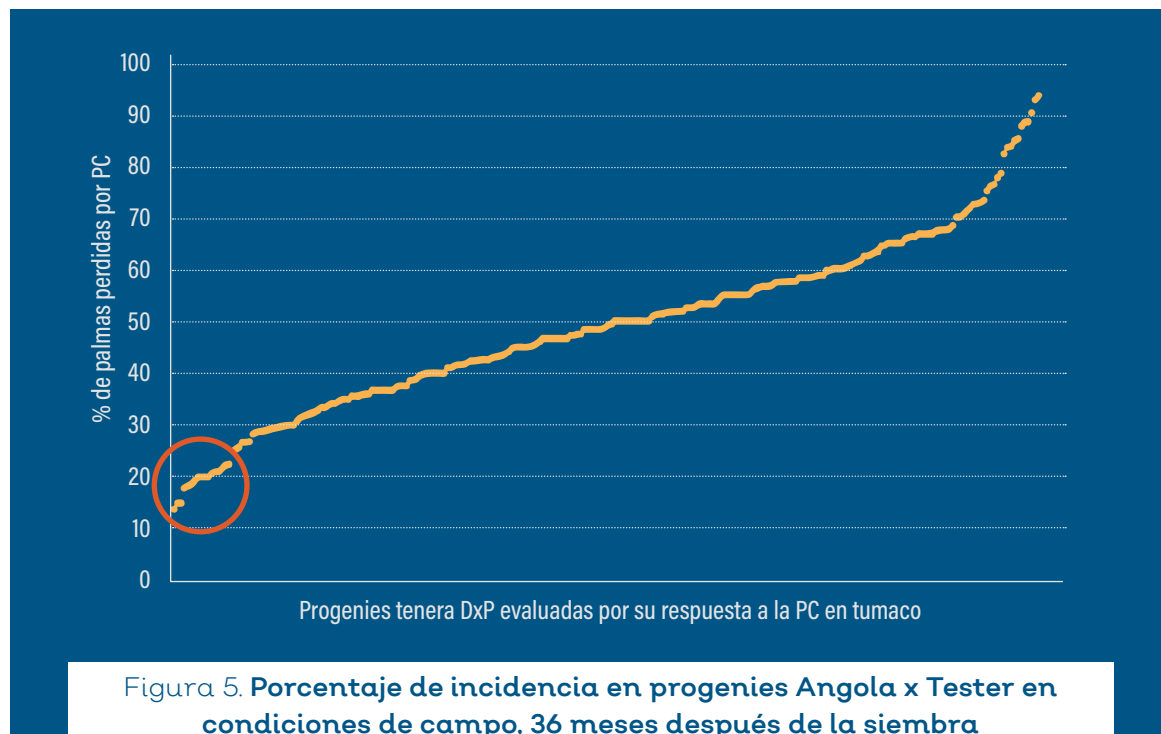


Figura 4. Mapa geográfico con agrupamiento bayesiano espacial utilizando  $K=4$  (cada color refleja poblaciones genéticamente diferentes en su patrón de alelos)

Se observaron diferencias entre pares de poblaciones que correspondieron parcialmente a ecorregiones de Colombia. Los patrones de diversidad y estructura genética observados en este estudio, son útiles para la creación de bancos de germoplasma y el diseño de estrategias de conservación para esta especie.

### Búsqueda de fuentes de resistencia a la PC en *Elaeis guineensis*

La búsqueda de fuentes de resistencia a la PC en palma africana se realiza a partir de las colecciones biológicas de *Elaeis guineensis* Jacq. de Cenipalma, provenientes de Angola y Camerún, que son cruzadas con un probador susceptible para generar progenies de prueba. Estas progenies a su vez, son sembradas en campo y/o en umbráculo para la evaluación de la incidencia y la severidad, y así tener conocimiento de su comportamiento frente a la enfermedad. Desde el 2016 se están analizando más de 250 cruzamientos Angola x Probador. Al cierre del 2019 se alcanzó una incidencia acumulada de 59 % del total de las palmas del ensayo. A pesar del rápido y agresivo progreso de la enfermedad en la zona de estudio, se identificaron progenies promisorias con bajas incidencias y un reducido número de palmas erradicadas (Figura 5).



**Figura 5. Porcentaje de incidencia en progenies Angola x Tester en condiciones de campo, 36 meses después de la siembra (En el círculo se encuentran las progenies promisorias por su baja incidencia y/o severidad a la Pudrición del cogollo)**

Adicionalmente, según resultados del mapeo por asociación, se encontraron polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) que pueden estar relacionados con patrones de resistencia o susceptibilidad a la Pudrición del cogollo (PC).

### Mejoramiento de *Elaeis oleifera* y generación de híbridos interespecíficos OxG

Para el desarrollo competitivo y sostenible de la palma de aceite en Colombia, se requiere de la generación de nuevos cultivares que integren las características de

alta producción y calidad de aceite, adaptación a diversos ambientes y tolerancia y/o resistencia a enfermedades y plagas. Sin embargo, la sostenibilidad del cultivo en el país se ve fuertemente amenazada por la enfermedad denominada Pudrición del cogollo (PC), causada por el oomicete *Phytophthora palmivora*, donde las únicas fuentes de resistencia probadas provienen de los híbridos interespecíficos entre *Elaeis oleifera* y *Elaeis guineensis* (OxG).

El mejoramiento genético se realiza mediante la metodología de Selección Recurrente Recíproca (SRR), en la que se mejoran familias genéticas tanto de *oleifera* como de *E. guineensis*, y se evalúan las progenies resultantes con el objeto de seleccionar las mejores familias, individuos y progenies. Esto, basados en la combinación específica y general de los parentales utilizados. Durante la vigencia 2019, Cenipalma generó progenies OxG de parentales sobresalientes, que se deben valorar en pruebas de evaluación agronómica (PEA) en las diferentes regiones palmeras de Colombia, con el objetivo de seleccionar las mejores adaptadas a las diversas zonas.

### Mejoramiento de *Elaeis guineensis*

En 2019 se terminaron de realizar cruzamientos DxP para ser evaluados en pruebas de progenies, enfocadas a la identificación de las mejores familias derivadas de palmas *dura*-IFA. Dichas familias fueron mejoradas por Cenipalma a partir de poblaciones *dura* de plantaciones comerciales, y se destacan por tener una alta producción de aceite, palmas de lento crecimiento o enanas (22 y 33 cm/año) y bajas incidencias de PC bajo condiciones del Campo Experimental Palmar de la Vizcaína. Las palmas *dura* seleccionadas fueron cruzadas con *pisíferas* élite, caracterizadas por una alta producción de racimos y elevadas tasas de extracción de aceite. Las progenies serán probadas en diferentes zonas agroecológicas del país.

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

Durante la vigencia 2019 se continuó con el seguimiento a cultivares comerciales híbridos OxG y *tenera* (DxP), más sembrados por los palmicultores en Colombia.

En el Campo Experimental Palmar de las Corocoras (Paratebueno, Cundinamarca) 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 9 metros), presentaron una producción por hectárea entre 26 y 42 toneladas de RFF; en la densidad de 128 palmas por hectárea (a 9,5 m) producciones entre 24 y 37 toneladas de RFF y en la densidad de 116 palmas (a 10 m) producciones entre 18 y 30 toneladas de RFF (Figura 6).

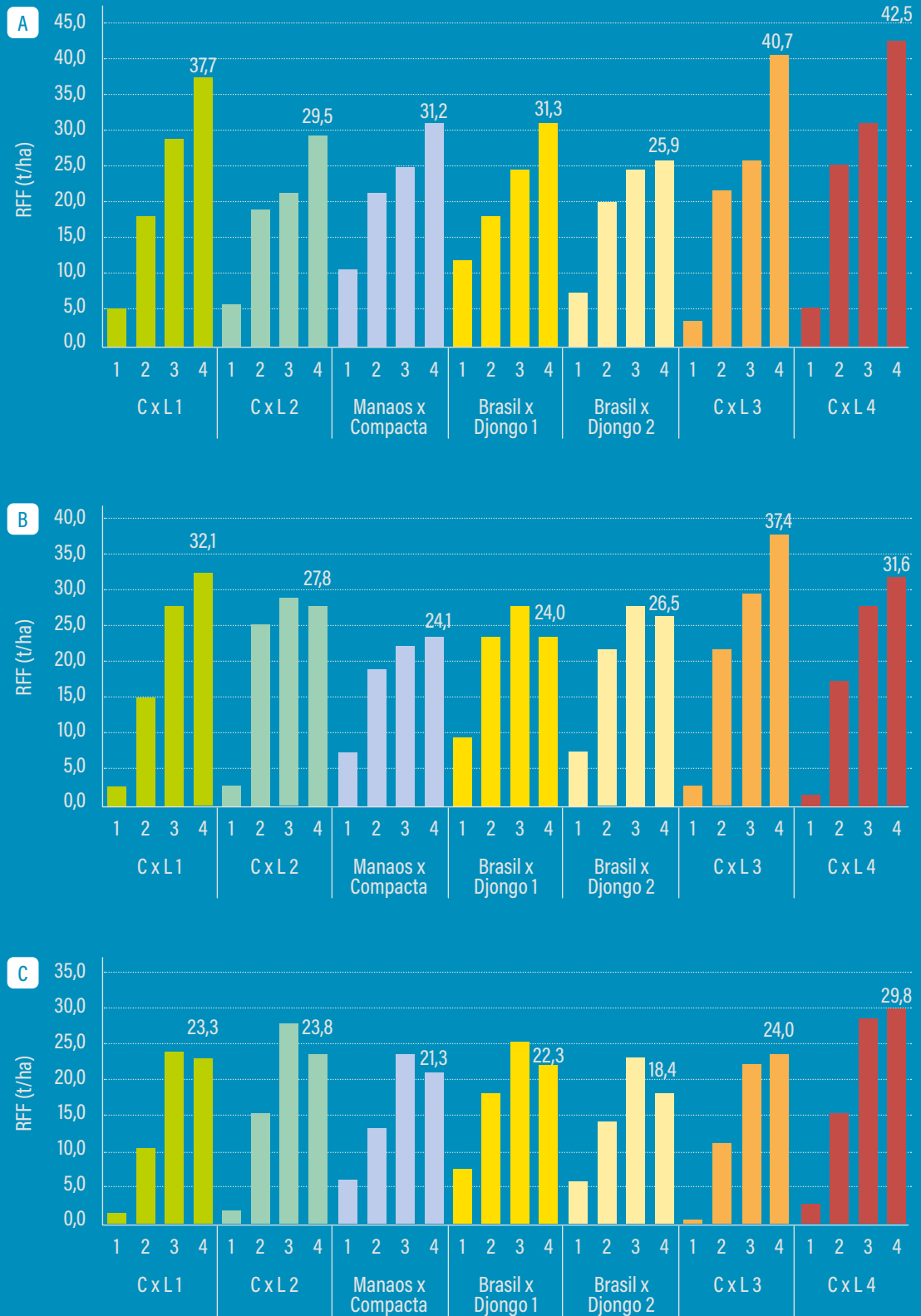


Figura 6. Producción de racimos de fruta fresca por hectárea (RFF/ha) para siete cultivares OxG en tres densidades de siembra (cuatro años): (A) 142 palmas/ha (B) 128 palmas/ha (C) 116 palmas/ha

En la mayoría de los cultivares OxG evaluados, las diferencias de producción por palma son similares (con algunas excepciones): a mayor densidad de siembra, mayor 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, en el que se alcancen las máximas productividades por unidad de área.

Por otra parte, en la prueba de cultivares comerciales tenera, evaluados bajo las condiciones del Campo Experimental Palmar de la Vizcaína en la Zona Central, la producción de 16 cultivares presentó una reducción del 22 % con respecto al año anterior. Las disminuciones en producción fueron generalizadas en esta zona en el mismo periodo de tiempo evaluado, posiblemente asociadas a las bajas precipitaciones en la región en 2019 (más de cinco meses considerados de déficit, con precipitación menor de 150 mm/mes en condiciones de no irrigación). Las mayores reducciones se presentaron en los cultivares Deli x Auros y Deli x (Auros x Yanganbi), donde algunos de alcanzaron disminuciones de más de 40 %; por el contrario, el menor impacto (aunque también con reducción) se presentó en los cultivares Deli x La Mé.

## Área de Fisiología

### Efecto de la aplicación de INA sobre la inducción de resistencia a la PC

El INA es un inductor de resistencia que ha sido probado en diferentes cultivos de manera exitosa para generar tolerancia a patógenos. En palma de aceite, después de obtener resultados positivos a nivel de parcela de investigación, se inició un trabajo para probar el efecto del inductor a escala semicomercial, en cinco parcelas sembradas en las cuatro zonas palmeras del país, las cuales, excepto en la Zona Suroccidental, están sembradas con *E. guineensis*. En las diferentes zonas se ha dado un incremento notable de la incidencia de PC. Sin embargo, las aplicaciones de los inductores han sido positivas para el manejo de la PC, encontrando valores más altos de incidencia de la enfermedad en los tratamientos testigos.

### Efecto de poliaminas en la recuperación de palmas con PC

La investigación lleva tres años de evaluación en el municipio de Puerto Wilches, Santander, con aplicaciones de putrescina en *E. guineensis* (siembra 2009) y dos testigos. Se presentó una reducción gradual de la incidencia y severidad de PC en las palmas tratadas con Sigma-Aldrich® o Ark Pharm®, más evidente en los lotes donde la presión de inóculo es elevada. Las que recibieron la poliamina emitieron nuevas flechas sanas o con menores grados de afectación. Además, la aplicación resultó más efectiva para la mejoría de palmas, a medida que el grado de severidad de PC fuera menor, siendo la Putrescina-Sigma® la que estimuló una mayor recuperación de palmas enfermas entre grado 1 y 4, mientras la Putrescina Ark Pharm® acusó el mismo comportamiento para las más afectadas.

### Cultivares comerciales caracterizados según su respuesta ecofisiológica y bioquímica a condiciones de estrés biótico (ML) o abiótico (déficit hídrico)

En la Zona Oriental se han realizado mediciones ecofisiológicas de temperatura foliar y de intercambio de gases, así como también la firma espectral en palmas

con ML y en asintomáticas en regiones de alta incidencia de la enfermedad desde abril de 2018.

Se encontraron variaciones en la tasa fotosintética, conductancia estomática, transpiración y temperatura foliar, en palmas que posteriormente desarrollaron los síntomas característicos de la enfermedad. Las mediciones realizadas durante el 2019, posterior a la época seca (primer trimestre), permitieron observar aumentos en la temperatura foliar, que generan una reducción en el delta de temperatura de las palmas enfermas del 50 % con relación al de las sanas: en promedio 1° C superior para las enfermas sin síntomas, y 3° C superior para enfermas con síntomas respecto a las sanas.

Se identificaron variaciones en la firma espectral, observando una mayor reflectancia en las palmas afectadas con respecto al promedio de las sanas, en particular en las regiones entre los 530 y los 550 nm del espectro visible, y a partir de los 720 nm en el infrarrojo. Por otra parte, buscando aumentar la probabilidad de detectar palmas enfermas de manera temprana, se realizaron ajustes en la frecuencia de medición en el área de estudio, pasando de bimestral a mensual y en algunos periodos quincenal, con lo que se incrementó el número de palmas detectadas sin síntomas.

Para la respuesta al déficit hídrico, en 2019 se caracterizaron 25 cruzamientos: 22 provenientes de la colección Camerún y tres comerciales. Se lograron identificar cuatro códigos promisorios por su uso eficiente del agua (UEA) en condiciones de déficit hídrico (Figura 7).

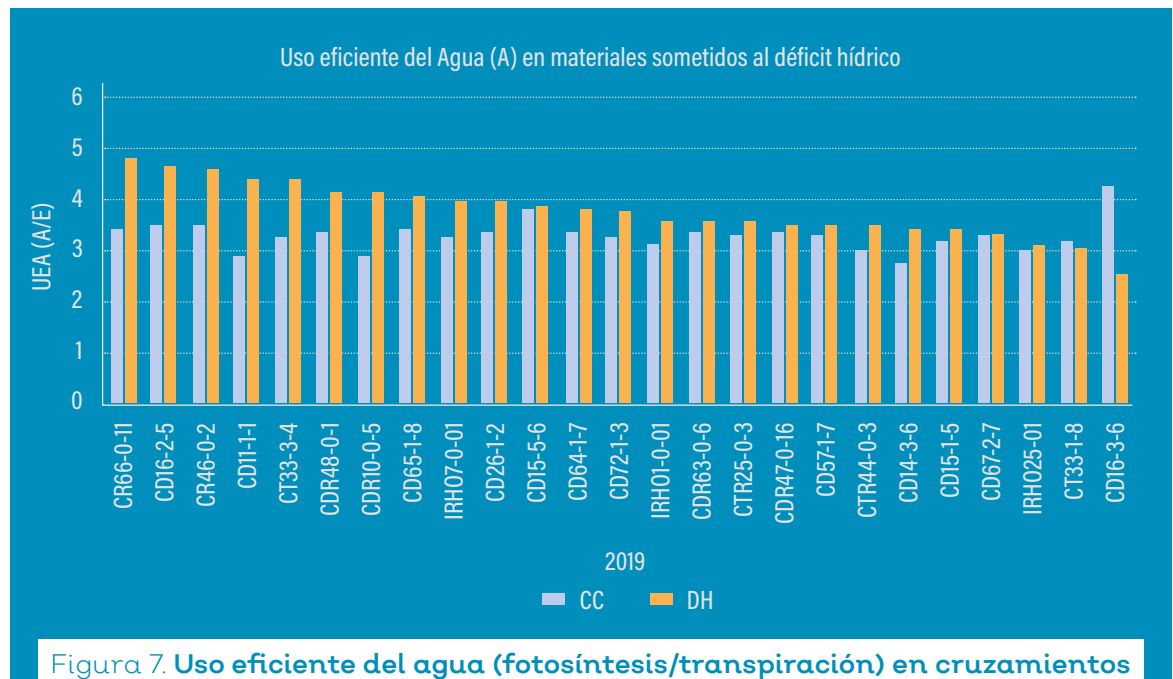


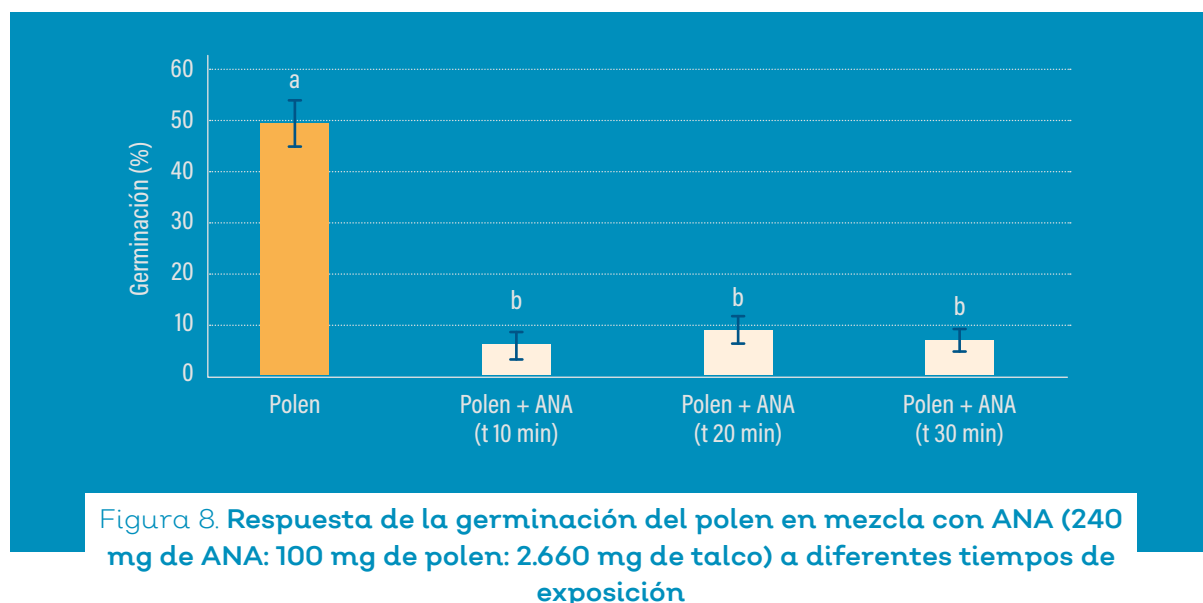
Figura 7. Uso eficiente del agua (fotosíntesis/transpiración) en cruzamientos de palma de aceite sometidos a dos potenciales hídricos del suelo

Entre tanto, desde el punto de vista de la biomasa producida, se pudo observar una menor reducción de esta en condiciones de estrés para uno de los cruzamientos, mostrando un comportamiento similar al presentado en el cultivar comercial IRHO 7001, que evidencia una característica de tolerancia al déficit hídrico en diferentes ensayos bajo las mismas condiciones.

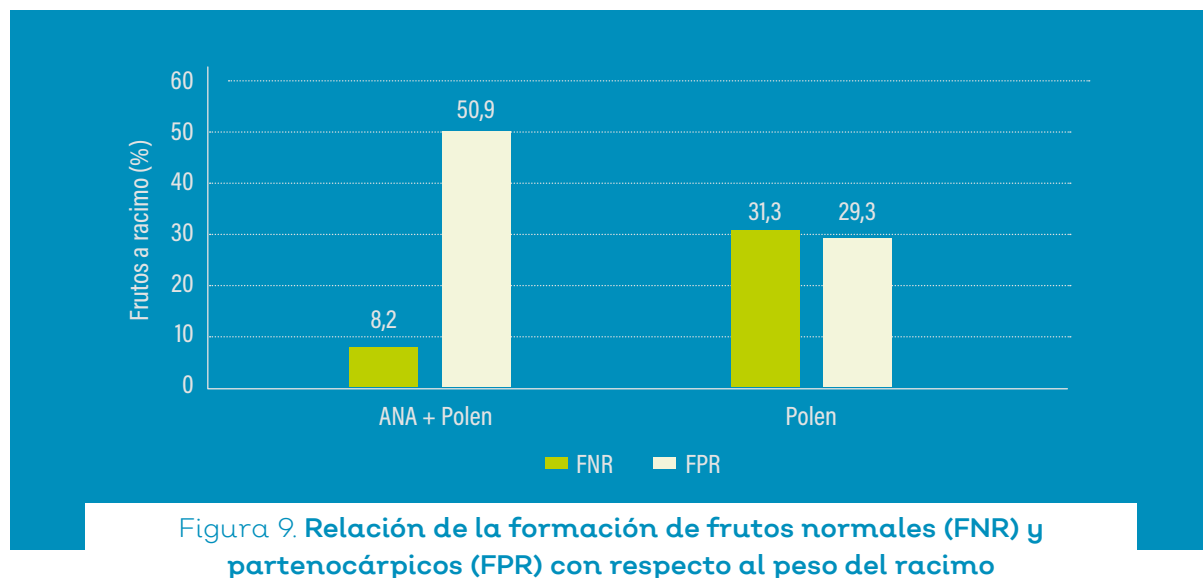


## Inducción de frutos partenocárpicos en híbridos interespecíficos, mediante la aplicación del regulador de crecimiento ANA

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. La Corporación ha evaluado las variaciones en la metodología, introducidas por los palmicultores, como aplicar el ANA espolvoreado sumado a la adición de polen en la mezcla, con el fin de producir frutos normales y mejorar el proceso de prensado en la planta de beneficio por la presencia de la almendra. Los resultados han podido demostrar que la germinabilidad del polen se afecta negativamente por el ANA (Figura 8), alcanzando valores cercanos al 10 %, con lo que no se espera que pueda darse la fecundación efectiva de las flores.



Adicionalmente, se corroboró en campo la formación de frutos normales (FNR) y partenocárpicos (FPR), y su relación con respecto al peso del racimo (Figura 9).



Se pudo observar el reducido incremento en el número de frutos normales con el uso de ANA-polen, si se compara con los obtenidos cuando se utilizó solamente polen. Por tal motivo, no se recomienda aplicar en forma simultánea esta mezcla en aplicaciones comerciales.

## Área de Biotecnología

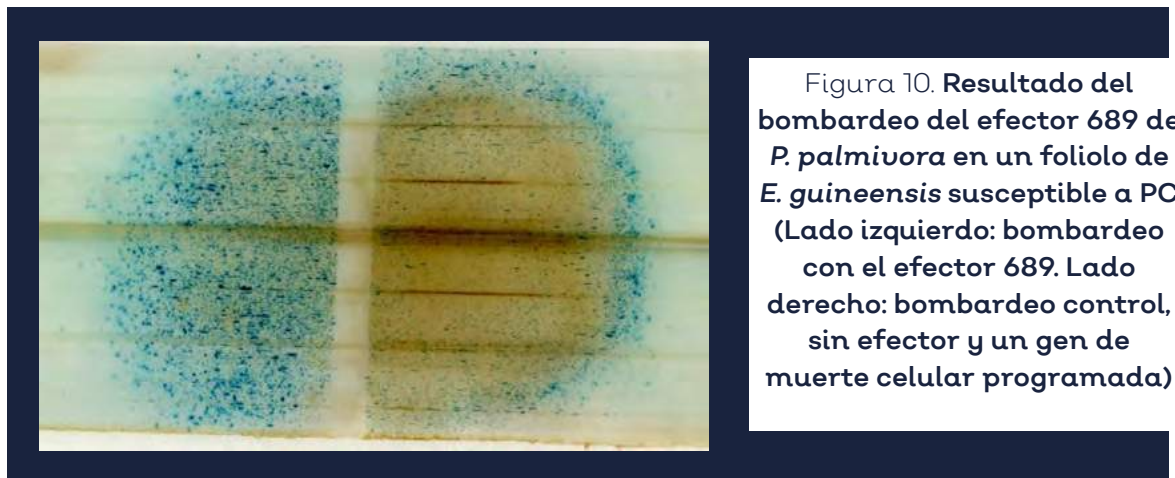
### Catálogo de genes validados por su importancia en la interacción planta-patógeno

Se validaron 10 genes de *P. palmivora* mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por su nombre en inglés) en tiempo real. Los principales resultados muestran que los genes de elicitorina, proteasa, esporulación y fosfoenolpiruvato carboxiquinasa, se sobreexpresan cuando el patógeno invade el cultivar susceptible. Si *P. palmivora* ataca el cultivar resistente, la expresión de estos genes se limita de forma considerable y así se reduce la proliferación del patógeno en el tejido y en el tiempo.

Mediante biobalística se logró la expresión transitoria de seis proteínas de virulencia (efectores) de *P. palmivora* en tejido vegetal. La evaluación en folíolos de ocho cultivares comerciales, mostró que tres presentaron un mayor porcentaje de resistencia para un efector en particular. Por otra parte, el análisis en folíolos de un cultivar *E. guineensis* DxD, altamente susceptible a la PC, evidenció mayor porcentaje de resistencia a dos de estos efectores.

Los efectores E5, E2 y E19 se evaluaron en ocho cultivares comerciales, y se observó que estos no mostraron una respuesta de resistencia a los E5 y E2, mientras que tres presentaron un mayor porcentaje de resistencia para el E19. Se analizaron cinco efectores en un cultivar *E. guineensis* DxD y los resultados indican mayor porcentaje de resistencia a los E19 y 829; mientras que los E5, 689 y 799 son más patogénicos en este.

En la Figura 10 se aprecia un ejemplo del resultado del bombardeo del efector 689 en un folíolo de *E. guineensis* que es susceptible a PC.



En este caso, una mayor cantidad de puntos azules significa que la proteína del patógeno se pudo expresar en el tejido vegetal porque no se activaron los mecanismos de defensa de la planta. Estos resultados ayudan a entender, desde

el punto de vista molecular, la variabilidad patogénica de los aislamientos de *P. palmivora*, y a proyectar el diseño de las pruebas de selección temprana para la búsqueda de cultivares resistentes a la PC.

### Catálogo de genes candidatos para la implementación de la selección asistida por marcadores

Para el estudio de la tolerancia a aluminio en la colección de Camerún, se validaron cinco genes mediante la reacción en cadena de la PCR en tiempo real. Se observó que el cultivar tolerante IROH 7001 presentó sobreexpresión para cuatro de los genes evaluados, y el CTR3-0-12 para uno. Esto indica que los mecanismos genéticos de tolerancia son diferentes. Además, los cultivares susceptibles se caracterizaron por la subexpresión de los genes evaluados.

Sobre la tolerancia al déficit hídrico, se analizaron cinco genes mediante la reacción en cadena de la PCR en tiempo real. A pesar de no encontrarse diferencias de expresión para los genes evaluados en los cultivares comparados, se establece que están involucrados en procesos biológicos de defensa contra estrés oxidativo, construcción y mantenimiento de la pared celular, desarrollo de cloroplastos y síntesis de aminoácidos.

Para el estudio de la expresión de genes durante el desarrollo del fruto -proyecto Oil Palm Genome Project (OPGP-B)- se seleccionaron 12 genes involucrados en síntesis de ácidos grasos y acumulación de aceite en mesocarpio. Esto con el fin de realizar la validación mediante la reacción en cadena de la PCR en tiempo real. Se logró la estandarización del proceso de extracción de ARN en mesocarpio de *E. guineensis* e híbrido OxG, y la selección de un gen de referencia para la evaluación en los diferentes tiempos de desarrollo.

### Metodologías de cultivo de tejidos *in vitro*

Se introdujeron 10 nuevas palmas al proceso de clonación, con características de interés agronómico y aparente resistencia a la PC. En estas, la inserción de explantes ha permitido obtener un total de 4.800 estructuras en evaluación para la generación de callo embriogénico. El año cierra con 1.500 plántulas aclimatadas y en fase de vivero para ser evaluadas en campo. En el ensayo de introducir metodología de micropropagación a partir de inflorescencias, se cuenta con 100 callos de tipo embriogénico y cuatro posibles embrioides que continúan en observación para su desarrollo a brotes y plántulas.

## 2. Programa de Plagas y Enfermedades

### Objetivo general

Generar y transferir conocimientos sobre las enfermedades, sus agentes causantes y los principales insectos plaga de la palma de aceite, y establecer estrategias para su manejo y control a fin de mitigar su impacto y asegurar la producción sostenible.

## Principales actividades desarrolladas en 2019

### Área de Fitopatología

#### Seguimiento e identificación de síntomas asociados a enfermedades de la palma de aceite

Se caracterizaron los síntomas asociados a las pudriciones de estípite en las cuatro zonas palmeras, y toma de muestras para el respectivo trabajo de diagnóstico en laboratorio. Se encontró que las pudriciones predominantes en el 2019 fueron: corchosa (Aracataca, San Alberto y San Martín); húmeda (Zona Bananera, Codazzi, Becerril, Puerto Parra, San Pablo, La Gloria, Tibú, Monterrey, Paratebueno, Maní, Cumaral y Barranca de Upía); seca (Zona Bananera, María la Baja, El Copey, Codazzi, Pivijay, San Alberto, San Martín, La Gloria, Yarima, Sabana de Torres, San Carlos de Guaroa, Cumaral, Maní, Villa Nueva y Vista Hermosa), y basal (Zona Bananera, Codazzi, El Copey y San Alberto). Siendo predominantes, con un mayor número de registros, la pudrición húmeda y la seca del estípite (Figura 11).



Figura 11. Síntomas externos e internos de pudriciones del estípite registradas: A. Húmeda B. Seca C. Basal

#### Microorganismos asociados a las enfermedades: identificación y caracterización morfológica y molecular

Para el diagnóstico de pudriciones del estípite fueron tomadas muestras en las cuatro zonas palmeras, principalmente de palmas afectadas con pudrición húmeda. Se obtuvieron 91 aislamientos de diferentes morfotipos de bacterias, que serán evaluados por su actividad patogénica con el fin de identificar el agente causal de esta enfermedad en Colombia. De igual manera, se amplió el número de aislamientos de *Ganoderma*, con dos nuevos de palmas afectadas con Pudrición basal del estípite en la Zona Norte.

En municipios de Norte de Santander, donde los casos de Anillo rojo se han incrementado, se tomaron muestras de palmas enfermas. En el laboratorio, se encontró el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* (Figura 12).



Figura 12. **Síntomas externos e internos de Anillo rojo y Nematodo *Bursaphelenchus cocophilus***

Se realizó el diagnóstico molecular de *Bursaphelenchus cocophilus* y se incorporó la secuencia parcial en la base de datos del GenBank para este patógeno en Colombia.

Se completó el diagnóstico molecular de la Marchitez sorpresiva causada por el flagelado *Phytomonas* sp. La detección del flagelado también se realizó en plantas espontáneas de palma de aceite, lo que constituye la primera observación de *Phytomonas* en palmas muy jóvenes.

#### Fuentes de inóculo y diseminación de agentes causales

Con el fin de verificar las posibles fuentes de inóculo de la PC en las zonas Norte y Oriental, se tomaron muestras de suelo, agua de sitios con encharcamiento cercanos o dentro de focos, y muestras de tejido necrosado afectado, que fueron procesadas en los laboratorios.

En la Zona Norte, en agua, el porcentaje de estructuras fue inferior al 2 %; en suelo la presencia de micelio cenocítico fue entre 32,9-57,5 %. Para observación de estructuras en tejidos afectados, en palmas quemadas en pie en una plantación, se tomaron 11 muestras y se encontró micelio y clamidosporas típicas del género *Phytophthora* en siete de ellas, con cantidades hasta 9.000 clamidosporas/100 g de materia seca (MS) y 4.600 esporangios /100 g de MS.

En la Zona Oriental fue posible observar estructuras en el 46,2 % de suelo, 37 % de agua y 69 % de tejido. En estas muestras se observaron principalmente clamidosporas y esporangios.

#### Epidemiología de enfermedades de la palma de aceite

Para la caracterización de los mecanismos de dispersión de *P. palmivora*, agente causal de la PC en palma de aceite, se llevó a cabo un ensayo en laboratorio para determinar el efecto del arrastre de estructuras infectivas por acción del viento bajo condiciones controladas. La prueba fue corrida 30 veces a cinco diferentes velocidades del viento (2, 4, 6, 8, y 10 m/s), sobre una cepa de *P. palmivora* aislada de palma y dos testigos contrastantes (*P. infestans* de tomate y *P. palmivora* de cacao), puestos en los túneles de viento al mismo tiempo en un lapso de cinco minutos. Los resultados obtenidos permitieron identificar que a una velocidad de 2 m/s, el porcentaje de tubos con mínimo una estructura infectiva de *P. palmivora* aislado de palma de aceite fue del 6,6 %, a 4 m/s del 13,3 %, a 6 m/s del 20 %, a 8 m/s del 26,7 %

y a 10 m/s del 33,3 %, sin diferencias significativas con respecto al testigo negativo (*P. palmivora* aislado de cacao). Este resultado preliminar permite identificar la posible existencia de una relación entre las velocidades del viento y la cantidad de inóculo dispersado. Sin embargo, hace falta realizar una serie de pruebas confirmatorias que lo valide.

Con el objetivo de describir matemáticamente el comportamiento de las diferentes epidemias causadas por la Marchitez letal (ML) en la Zona Oriental, se analizaron 562 lotes en dos plantaciones que registraron epidemias entre enero de 2011 y diciembre de 2017. Para cada lote seleccionado se evaluaron cinco modelos de crecimiento matemático de tipo exponencial, monomolecular, logístico, Gompertz y Richards. Los resultados obtenidos solo con la variable coeficiente de determinación, demostraron que para la plantación 1 el modelo matemático de mejor ajuste es el Gompertz, y en la plantación 2 el monomolecular, en registros de 24 y 36 meses. A partir de los datos conseguidos, se realizará una tercera caracterización en una plantación diferente, con el fin de robustecer el tipo de análisis y contar con una mayor capacidad de interpretación de resultados en el desarrollo de epidemias causadas por la ML en la Zona Oriental.

### Alternativas biológicas para el manejo de enfermedades

En la búsqueda de un agente con capacidad de biocontrol sobre *P. palmivora* causante de la PC, se lograron evaluar 28 cepas bacterianas nativas de plantaciones de palma de aceite del sur del Cesar. Las propiedades antagónicas de las cepas se estudiaron estimando el porcentaje de inhibición del patógeno mediante cultivos duales (Figura 13). Como resultado, 13 códigos bacterianos evidenciaron control sobre el crecimiento radial de *P. palmivora*, con porcentaje de inhibición superior al 80 % de esta. Los aislamientos promisorios permiten continuar con estudios más detallados sobre el desarrollo de la PC a nivel de plántulas y en campo.

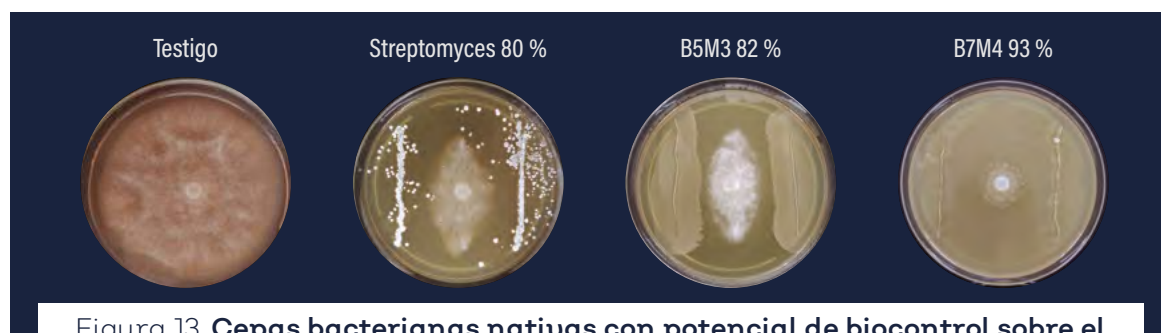


Figura 13. **Cepas bacterianas nativas con potencial de biocontrol sobre el desarrollo de *P. palmivora***

En la Zona Norte se realizó la evaluación *in vitro* de siete bacterias endófitas aisladas, en donde se observó una inhibición del crecimiento de *P. palmivora* del 80, 78 y 72 % de tres de ellas. En la zona de interacción se observaron alteraciones en el desarrollo del micelio, ramificación y deformidades de este.

En las zonas Norte y Central, se avanzó en diferentes pruebas *in vitro* con aislamientos nativos de *Trichoderma* sp., como agente de control biológico de *P. palmivora*. Se encontraron tres aislados cuyos extractos crudos son capaces de inhibir la germinación de *P. palmivora* entre un 80 y 98 %. En la Zona Norte, se

identificaron 13 aislamientos de *Trichoderma* spp. que presentaron un porcentaje de parasitismo del 100 %.

### Prácticas físicas y culturales para el manejo de enfermedades

En una plantación de la Zona Central se revisaron las prácticas de manejo de la Pudrición del cogollo, y se realizaron ajustes en la detección temprana y la aplicación de productos curativos. Estos permitieron bajar la incidencia actual a valores entre 5,2 y 8,1 para los diferentes tratamientos, mientras el testigo incrementó la incidencia alcanzando un porcentaje de 13,3.

Buscando mejorar el proceso de remoción de tejidos afectados por PC, se evaluó la eficiencia de la cortadora motorizada STIHL® 75 y el palín tradicional, interviniendo palmas entre los grados 1- 4. El tiempo promedio invertido incrementó dependiendo del grado de infección para las dos herramientas: la cortadora STIHL registró en promedio 1,7 y 8,9 minutos, para los grados 1 y 4 respectivamente, mientras el palín tradicional en promedio 5,1 minutos y 11,4 minutos para los grados 1 y 4 respectivamente.

## Área de Entomología

### Colección de artrópodos plaga y organismos benéficos del cultivo de la palma de aceite

El seguimiento continuo de los insectos plaga del cultivo y sus enemigos nativos ha permitido detectar algunos insectos emergentes que pueden constituirse en plaga. Ejemplo de ello es el barrenador de frutos *Caphys bilineata* Stoll (Lepidoptera: Pyralidae), que causa daño en el mesocarpio de los frutos maduros de los cultivares híbridos *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en las zonas Norte, Central y Oriental (Figura 14).

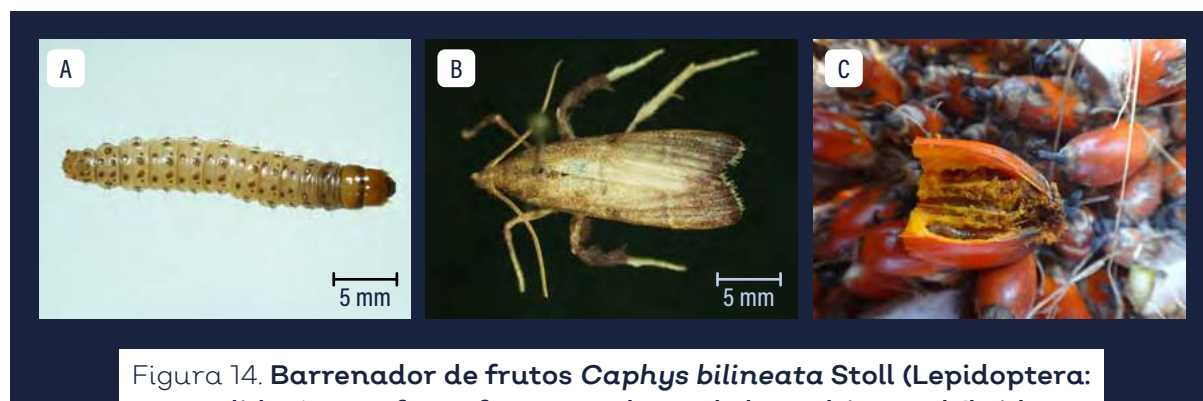


Figura 14. Barrenador de frutos *Caphys bilineata* Stoll (Lepidoptera: Pyralidae) que afecta frutos maduros de los cultivares híbridos (A Larvas, B Adulto, C Fruto afectado)

En nuestra colección, también se destaca el registro de un nuevo depredador de larvas de *Loxotoma elegans* Zeller perteneciente a la familia *Syrphidae* (Diptera) (Figura 15).



Figura 15. **Syrphidae** depredador de larvas de *Loxotoma elegans*  
**A. Larva del depredador en el cuerno de *Loxotoma* B. Larva de *Syrphidae* alimentándose de *L. elegans* C. Pupa D. Adulto**

A la colección de nematodos entomopatógenos se incorporaron nueve aislamientos pertenecientes a las familias *Heterorhabditidae* (ocho) y *Steinernematidae* (uno).

En 2019 se obtuvieron 40 cepas de hongos entomopatógenos aisladas de insectos plaga del cultivo. Estos fueron incorporados a la colección de microorganismos entomopatógenos de Cenipalma. Los aislamientos son un insumo importante en los estudios para la búsqueda de nuevas alternativas de control biológico de diferentes insectos plaga, en plantaciones de palma de aceite.

En las colecciones biológicas de Cenipalma se han registrado tres insectos polinizadores del Campo Experimental Palmar de la Vizcaína (CEPV): *Mystrops costaricensis* Gillogly (Coleoptera: Nitidulidae), *Elaeidobius kamerunicus* Faust (Coleoptera: Curculionidae) y *E. subvittatus* Faust (Coleoptera: Curculionidae) (Figura 16).



Figura 16. **Insectos polinizadores colectados en el CEPV. A. *Elaeidobius kamerunicus* B. *Elaeidobius subvittatus* C. *Mystrops costaricensis***



El número de polinizadores detectados en las inflorescencias femeninas de los diferentes orígenes de las colecciones biológicas de *E. oleifera*, *E. guineensis* y de cuatro híbridos comerciales, fueron menores que los registrados en las inflorescencias masculinas.

### Efecto de arvenses nectaríferas en la biodiversidad de insectos benéficos en plantaciones de palma

La siembra de arvenses nectaríferas en los bordes de lotes de palma de aceite, es una práctica dirigida a incrementar la biodiversidad de los insectos benéficos (parasitoides y depredadores). Para fomentarla, de manera permanente se realiza la colecta de semillas de plantas nectaríferas en el campo, y se establecen los viveros y trasplante de plántulas en lotes de los campos experimentales de Cenipalma.

Se identificaron cinco especies de arvenses promisorias por dar refugio a parasitoides y predadores de insectos plaga de la palma de aceite: frijolito (*Senna bacillaris* (L. F.) H. S. Irwin & Barneby), cafetillo (*Bunchosia hartwegiana* Benth), cordoncillo (*Piper tuberculatum* Jacq.), algodóncillo (*Gossypium hirsutum* L.) y flemingia (*Flemingia congesta* W.T. Aiton). Igualmente, se identificaron parasitoides de seis especies defoliadoras de palma de aceite y las plantas nectaríferas que visitan para alimentarse o buscar refugio, y que favorecen su establecimiento en los cultivos (Tabla 1).

Tabla 1. Parasitoides y predadores de insectos plaga de la palma de aceite asociados con plantas nectaríferas

| Enemigos naturales              | Insecto plaga afectada    | Estado de desarrollo afectado | Planta nectarífera asociada                                           |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Parasitoides                    |                           |                               |                                                                       |
| Tachinidae                      | <i>Dirphia gragatus</i>   | Larva                         | <i>Senna reticulata</i>                                               |
| <i>Cotesia</i> sp.              | <i>Sibine fusca</i>       | Larva                         | <i>Urena lobata</i>                                                   |
| <i>Casinaría</i> sp.            |                           |                               | <i>Hibiscus furcellatus</i>                                           |
| Tachinidae                      |                           |                               |                                                                       |
| Conopidae                       |                           |                               |                                                                       |
| Telenomus                       | <i>Opsiphanes cassina</i> | Huevos                        | Frijolito, cafetillo<br>cordoncillo,<br>algodoncillo<br><br>Flemingia |
| <i>CreMATOGASTER</i> sp.        | <i>Loxotoma elegans</i>   | Larvas                        | <i>Urena lobata</i>                                                   |
| <i>Synoeca</i> sp.              |                           |                               |                                                                       |
| <i>Polistes erythrocephalus</i> |                           |                               |                                                                       |
| Vespidae                        | <i>L. elegans</i>         | Larvas                        | <i>U. trilobata</i><br><i>U. lobata</i>                               |
| <i>Polybia</i> sp.              | <i>L. elegans</i>         | Larvas                        | <i>Asystacia instrusa</i><br><i>Ipomea carnea</i>                     |

Continúa

| Enemigos naturales        | Insecto plaga afectada                              | Estado de desarrollo afectado | Planta nectarífera asociada |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <i>Myzinum</i> sp.        | <i>L. elegans</i>                                   | Larvas                        | <i>Hyptis capitata</i>      |
| <i>Synoeca</i> sp.        |                                                     |                               |                             |
| <i>P. erythrocephalus</i> |                                                     |                               |                             |
| <i>Polybia</i> sp.        |                                                     |                               |                             |
| Tachinidae                | <i>Automeris</i> sp.                                | Larvas                        | <i>U. lobata</i>            |
| Predadores                |                                                     |                               |                             |
| Reduviidae                | <i>L. elegans</i>                                   | Larvas                        | <i>Hibiscus furcellatus</i> |
|                           | <i>Dirphia gragatus</i><br><i>Automeris liberia</i> |                               | <i>U. lobata</i>            |
|                           |                                                     |                               | <i>U. trilobata</i>         |
|                           |                                                     |                               | <i>Senna reticulata</i>     |
|                           |                                                     |                               | <i>Crotalaria</i> sp.       |
|                           |                                                     |                               | <i>Ipomea carnea</i>        |

### Evaluación de formulaciones comerciales de *Bacillus thuringiensis* como alternativa de manejo de defoliadores de la palma de aceite

Con el fin de que los palmicultores puedan utilizar, a corto plazo, un producto disponible en el mercado para controlar larvas de los principales defoliadores de la palma de aceite, se seleccionaron y evaluaron formulaciones comerciales de *Bacillus thuringiensis* y su efecto sobre *Stenoma cecropia*, *Opsiphanes cassina* y *Loxotoma elegans*.

Se estudió la eficacia de cinco formulaciones para el control de larvas de *S. cecropia* bajo condiciones de laboratorio y campo. De estas, se eligieron Dipel y Xentari para continuar con estudios en plantaciones comerciales. Siete días después de la aspersión, la reducción en la población de larvas sanas de *S. cecropia* comparada con el testigo, fue del 85,3 % y del 77,2 % para Dipel y Xentari, respectivamente, con una dosis de 500 g/ha. Las larvas muertas en las dos evaluaciones de campo, mostraron claros síntomas de infección por *B. thuringiensis*.

Para el control de larvas de *O. cassina* se evaluó la eficacia de seis formulaciones. Se realizaron evaluaciones de patogenicidad y virulencia en condiciones de laboratorio y casa de malla, seleccionando tres: Dipel, Bt-Biox y Xentari. De estas, solo Dipel se estudió bajo condiciones de campo en una plantación de palma de aceite. Seis días después de su aspersión, la mortalidad de larvas fue del 94,6 % con una dosis de 500 g/ha. Las larvas muertas evidenciaron síntomas de infección por la bacteria *B. thuringiensis*. Las evaluaciones bajo condiciones de campo de las formulaciones Bt-Biox y Xentari, se tienen planeadas para 2020 cuando las poblaciones de *O. cassina* incrementen en la Zona Central.

Para el control de larvas de *L. elegans* bajo condiciones de laboratorio, se evaluó la eficacia de siete formulaciones, en cuatro experimentos dependiendo del estadio larval. Se encontró que estas ocasionaron mortalidad promedio superior al 80 % (especialmente cinco de ellas: Dipel, Xentari, Agrogen, Baktur y Bt-Biox). Hubo diferencias significativas entre los tratamientos en los grupos de instares

larvales analizados, ya que las larvas más pequeñas fueron más susceptibles que las grandes.

### Supervivencia de *H. crudus* y métodos de control

En 2019 se realizaron cuatro bioensayos para determinar la supervivencia de los adultos de *H. crudus* en cuatro cultivares *E. guineensis* y cuatro híbridos interespecíficos *E. guineensis* x *E. oleifera* de 1,3 a siete años. Se observó gran variabilidad en la supervivencia, sin embargo, se evidenció una menor de los adultos de *H. crudus* en los cultivares híbridos (Tabla 2).

Tabla 2. **Supervivencia de adultos de *Haplaxius crudus* en diferentes cultivares de palma de aceite**

| Prueba             | Nombre comercial            | Cultivar               | Edad         | Supervivencia (días) | Condiciones ambientales                |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|--------------|----------------------|----------------------------------------|
| 1                  | Deli x La Mé Millenium 1059 | <i>E. guineensis</i>   | 15 meses     | 9,5 ± 3,8            | T: 26 ± 3,1 °C<br>H.R: 91,8 ± 13,2 %   |
|                    | Coari x La Mé FA0131M       | <i>E. guineensis</i> x | 15 meses     | 4,5 ± 2,0            |                                        |
|                    |                             | <i>E. oleifera</i>     |              |                      |                                        |
|                    | Coco                        |                        |              | 25,5 ± 8,2           |                                        |
| 2                  | Oleífera x C.MIX            | <i>E. guineensis</i> x | 15 meses     | 4,1 ± 1,9            | T: 25,5 ± 3 °C<br>H.R: 93,7 ± 12,4 %   |
|                    |                             | <i>E. oleifera</i>     |              |                      |                                        |
|                    | Coari x La Mé FA0131M       | <i>E. guineensis</i> x | 15 meses     | 4,7 ± 3,0            |                                        |
|                    |                             | <i>E. oleifera</i>     |              |                      |                                        |
|                    | Coco                        |                        |              | 20,7 ± 11,4          |                                        |
| 3                  | Deli x La Mé 7001           | <i>E. guineensis</i>   | 18 meses     | 13,8 ± 5,5           | T: 26,2 ± 3,4 °C                       |
|                    | Deli x La Mé 1001           | <i>E. guineensis</i>   | 20 meses     | 11,6 ± 5,6           | H.R: 87,7 ± 15,5 %                     |
|                    | Deli x La Mé 7001           | <i>E. guineensis</i>   | Siembra 2015 | 24,9 ± 13,2          | T: 26 ± 4 °C                           |
|                    | Deli x La Mé 1001           | <i>E. guineensis</i>   | Siembra 2015 | 25,8 ± 13,9          | H.R: 87 ± 16,2 %                       |
| 4                  | Unipalma                    | <i>E. guineensis</i>   | Siembra 2013 | 8,8 ± 4,3            | T: 26,2 ± 3,5 °C<br>H.R: 90,4 ± 14,6 % |
|                    | Amazon 176                  | <i>E. guineensis</i> x | Siembra 2012 | 6,8 ± 4,1            | T: 25,9 ± 3,3 °C                       |
| <i>E. oleifera</i> |                             | H.R: 91,1 ± 12,5 %     |              |                      |                                        |

Se realizaron dos experimentos para evaluar la eficacia del hongo *M. anisopliae* sobre adultos de *H. crudus* en época seca e inicio de temporada de lluvias. Se registraron diferencias en el porcentaje de mortalidad, que fue mayor en época

de lluvias (96,3 %) comparado con la temporada seca (46,1 %). Estos resultados reafirman la importancia de la humedad en el proceso infeccioso del hongo, y por lo tanto la recomendación al palmicultor es la de hacer las aplicaciones de hongos entomopatógeno al inicio y durante la época de lluvias, para optimizar la eficacia del controlador biológico.

Con el objetivo de evaluar la eficacia de control de *M. anisopliae* sobre adultos de *H. crudus*, uno, siete y 10 días después de la aspersión del hongo, se llevaron a cabo dos experimentos independientes, cada uno bajo una condición de precipitación diferente (385 mm y 177 mm). Los tratamientos correspondieron a palmas asperjadas con el hongo *M. anisopliae* en la dosis de  $1 \times 10^{13}$  esporas/ha y palmas sin asperjar (testigo). En las dos condiciones de precipitación, el hongo ocasionó más del 90 % de mortalidad de los adultos de *H. crudus*, cuando los insectos fueron liberados en los foliolos de palma de aceite inmediatamente después de su aplicación. Y esta se redujo en ambos casos, cuando los insectos fueron infestados uno, siete y 10 días después de la aspersión del hongo.

También se estudió la eficacia de *M. anisopliae* para controlar adultos de *H. crudus* en tres plantaciones de la Zona Oriental. El hongo se asperjó en la dosis de  $1 \times 10^{13}$  esporas/ha en el follaje de la palma de aceite. La mortalidad observada fue superior al 90 % en las tres plantaciones, 10 días después de la aplicación.

Para evaluar la eficacia de insecticidas químicos comerciales para el control de adultos de *Haplaxius crudus*, se asperjaron cuatro ingredientes activos en las dosis sugeridas por las casas comerciales: Clothianidin y Dinotefuran en 215 g/ha, y Sulfoxaflor y Cartap en 300 cc/ha. Clothianidin, Dinotefuran y Sulfoxaflor, causaron el 100 %, 99,4 % y 93,9 % de mortalidad, respectivamente, ocho días después de la aplicación. El Cartap solo ocasionó el 10 %. No se encontraron diferencias significativas ( $P \geq 0,05$ ) entre los tres primeros, y se seleccionaron para el análisis de dosis. Para hacerlo, se evaluaron una dosis comercial y dos al 20 % y 40 % por debajo de esta. El experimento se hizo con un diseño de bloque completamente aleatorio, con 10 tratamientos y siete repeticiones. La mortalidad acumulada observada, ocho días después de la aplicación de Clothianidin, fue de 98,6 %; 97,9 % y 94,3 %, para las dosis 215, 172 y 129 g/ha, respectivamente. Para Dinotefuran, fue de 93,6; 86,4 y 85,7 %, para las dosis 215, 172 y 129 g/ha, respectivamente. Para Sulfoxaflor, fue de 87,1; 73,6 y 58,6 %, para las dosis 300, 240 y 180 cc/ha, respectivamente. Ocho días después de la aplicación, la mortalidad producida por los tres insecticidas fue superior al 87 %, y no se observaron diferencias significativas entre las dosis más altas.

### 3. Programa de Agronomía

#### Objetivo general

Incrementar la productividad en el sistema agroindustrial de la palma de aceite en Colombia, a través del conocimiento de la interacción suelo-agua-palma-ambiente, y de la generación, evaluación e implementación de tecnologías y procesos sostenibles en el cultivo.

## Principales actividades desarrolladas en 2019

### Área de Suelos y Nutrición

#### Nutrición de siembras jóvenes en áreas de renovación

Desde el 2017, en la Zona Central, se estableció el experimento en una plantación, con el objetivo de determinar los requerimientos de nutrientes de un cultivo de híbrido OxG recién establecido en áreas de renovación. El ensayo cuenta con cinco tratamientos con diferentes dosis relativas de fertilización mineral (0, 25, 50, 75 y 100 % de los requerimientos del cultivo), para documentar en qué medida los posibles aportes de los residuos de renovación pueden contribuir a la nutrición del nuevo cultivo.

Los resultados de los análisis foliares no presentaron diferencias entre los tratamientos para los contenidos de los nutrimentos N, P, K, Mg y B, en el primer año de experimentación. Las pruebas de comparación de medias para las variables evaluadas tampoco mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, que se relacionan con los aportes que están efectuando los residuos de la renovación y las coberturas de leguminosas establecidas en el área experimental.

A diferencia de N, P y K, para el boro se observa respuesta al aumento de las dosis aplicadas. Con estos resultados es posible afirmar que, en áreas de renovación, los residuos pueden suplir en el primer año hasta el 100 % del N, P y K requeridos. Para el B, alrededor del 50 % de la dosis sería lo recomendado.

En 2019, se consolidaron los trabajos sobre la nutrición de cultivares OxG para las zonas Oriental, Central y Suroccidental. Los datos previos mostraron impactos en rendimientos hasta de 8 t de RFF/ha adicionales como respuesta a las aplicaciones balanceadas de nitrógeno con respecto a P, K, y B. Mediante la ejecución de análisis de racimos (Figura 17), fue posible evidenciar la no influencia de las dosis de nutrientes aplicadas en el potencial de aceite. Teniendo en cuenta que la mejor combinación de dosis de N y K representó alrededor de 8 t de RFF/ha en comparación con el tratamiento testigo, es posible lograr hasta 1,43 t de APC/ha adicionales como resultado del mayor rendimiento de RFF obtenidos.

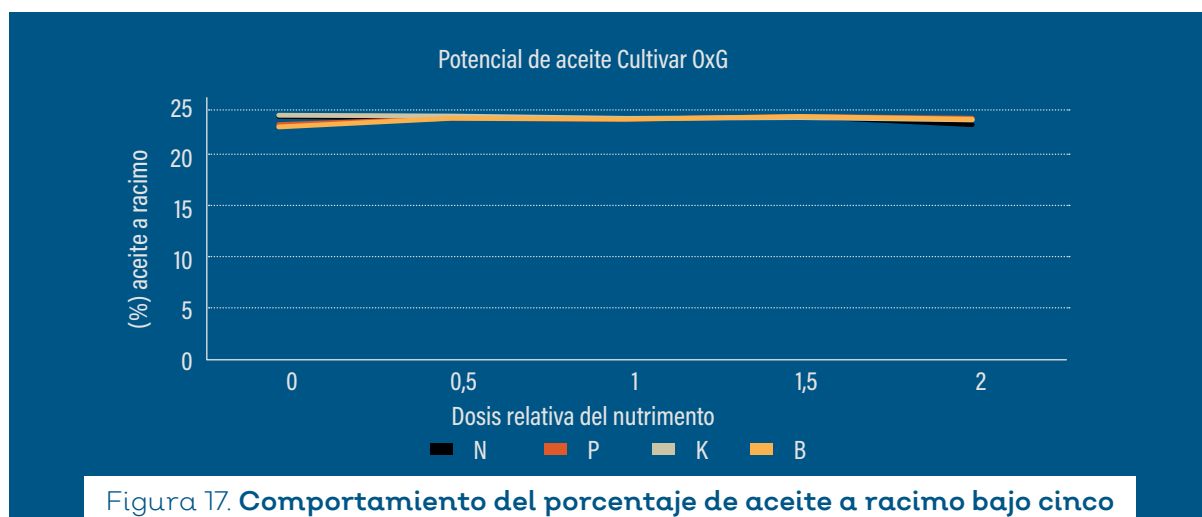
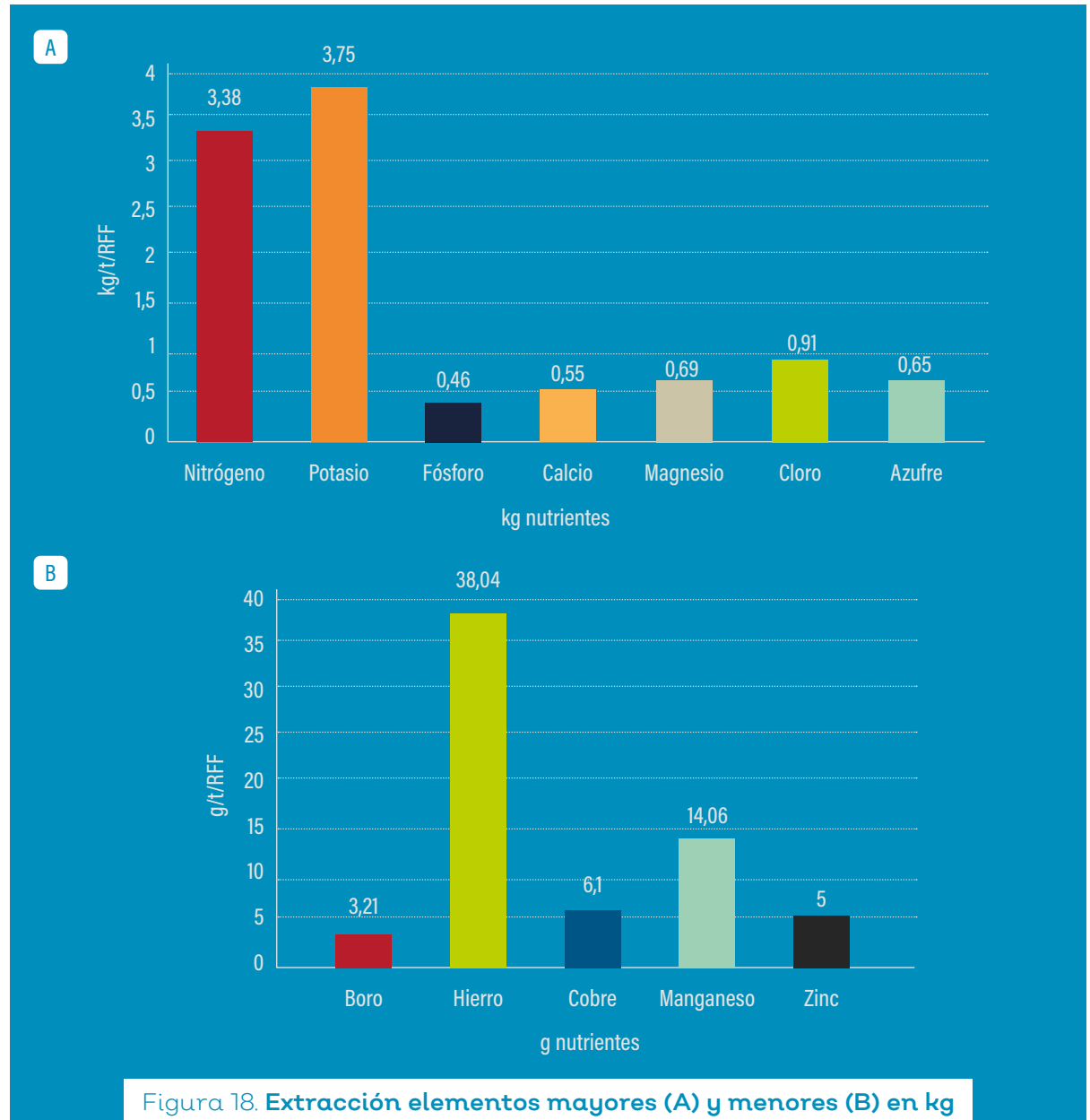


Figura 17. Comportamiento del porcentaje de aceite a racimo bajo cinco niveles de nutrientes en cultivares OxG

## Extracción de nutrimentos por cosecha en un cultivar de palma híbrido OxG (Coari x La Mé)

La investigación se desarrolló en una plantación de la Zona Suroccidental, con buen manejo agronómico, bajo condiciones de suelos de paisaje de vegas con un diseño muestral. Se evaluaron 33 racimos, fragmentados en sus diferentes partes (mesocarpio, raquilas, nuez y peciolo), para un total de 132 muestras que fueron procesadas y analizadas. La extracción de nutrientes por tonelada de racimos de fruta fresca se describe en la Figura 18.



Por cada tonelada de racimos de fruta fresca se extraen 3,38 kg de nitrógeno, 0,46 kg de fosforo, 3,75 kg de potasio, 0,55 kg de calcio, 0,69 kg de magnesio, 0,91 kg de cloro, 0,65 kg de azufre, 3,21 g de boro, 38,04 g de hierro, 6,10 g de cobre, 14,06 g de manganeso y 5,00 g de zinc. Este conocimiento aporta información para una

correcta planificación de planes de fertilizantes ajustados para el cultivar híbrido Coari x La Mé, bajo condiciones de Tumaco.

## Área de Aguas

### Requerimientos hídricos para cultivares *E. guineensis* con edades entre uno y tres años, y su impacto en la producción

El ensayo se estableció en 2018 en el Campo Experimental Palmar de la Sierra (CEPS), en lotes que cuentan con un sistema de riego por aspersión con irrigación parcial. Su objetivo es determinar los requerimientos hídricos de los cultivares de palma *Elaeis guineensis* Dami las Flores (Deli x Auros) y Millenium 7001 (Deli x La Mé), durante su etapa improductiva. Se evalúan cuatro tratamientos con diferentes láminas de riego, que permitan mantener la humedad del suelo bajo distintos niveles de agotamiento del agua aprovechable: T1: suelo a capacidad de campo, T2: 25 % de agotamiento del agua aprovechable, T3: 50 % de agotamiento y T4: 75 % de agotamiento, controlados a partir de la apertura de válvulas.

Los valores de evapotranspiración de los dos cultivares analizados son similares, hasta el momento, entre los distintos tratamientos.

A la fecha, se presentan diferencias entre los cultivares Deli x La Mé (Millenium), que registra una producción inferior que el Deli x Auros, debido al menor número de racimos por palma: nueve en comparación con los 19 en promedio de Deli x Auros. Se espera que las diferencias entre tratamientos se manifiesten cuando haya transcurrido un mayor tiempo de evaluación.

### Diagnóstico del desempeño hidráulico de los sistemas de riego por superficie y aspersión en la Zona Norte

En una empresa en la Zona Norte, en 2019, a través de actividades de diagnóstico y mejora, fue posible la demostración de la viabilidad del incremento de la eficiencia de la conducción en los canales de riego. En la Figura 19 se presentan los resultados, antes y después de la reconstrucción del canal principal de riego. Como se observa, se logró un aumento de la eficiencia de conducción en el tramo evaluado, alcanzando un valor mayor al 70 %.

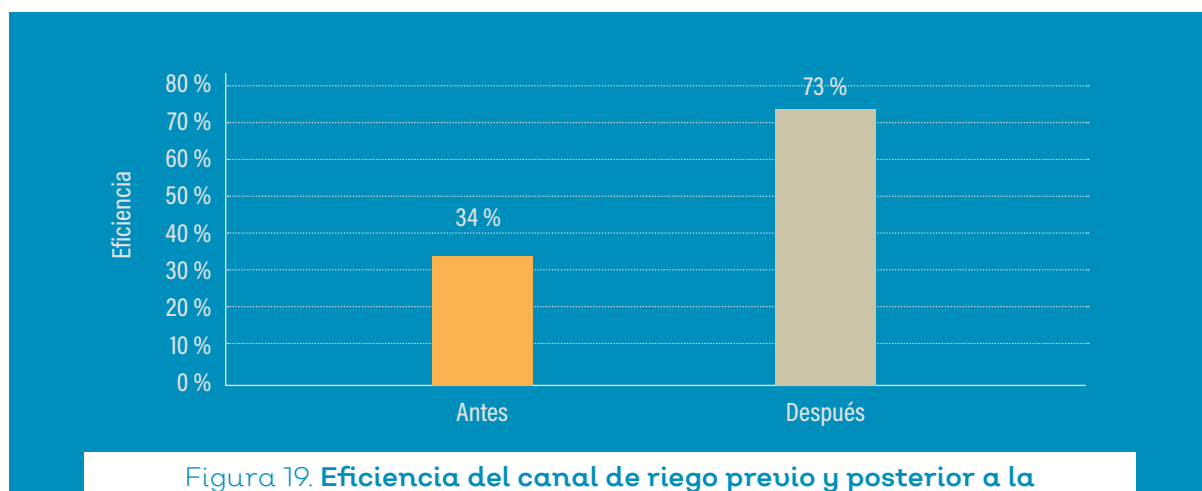


Figura 19. Eficiencia del canal de riego previo y posterior a la implementación de prácticas de mejoramiento

Además de un 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 el CEPS se estudiaron los efectos sobre el cultivar Deli x Ghana de diferentes sistemas de riego: por goteo de alto caudal, por aspersión y por tubería de ventanas. Las características de los suelos y de los sistemas de riego se observan en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de los sistemas de riego evaluados en CEPS

| Variable            | Goteo                | Aspersión         | Ventanas          |
|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| Textura suelo       | Franco Arcilloso     | Franco Arcilloso  | Franco Arcilloso  |
| LAA (mm)            | 67.88                | 55.50             | 56.55             |
| Sistema de riego    | Goteo de alto caudal | Aspersión         | Compuertas        |
| Eficiencia de riego | 90 %                 | 68 %              | 18 %              |
| Área efectiva       | 70 m <sup>2</sup>    | 70 m <sup>2</sup> | 70 m <sup>2</sup> |

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 en el de compuertas, donde la producción del cultivar es mucho menor.

Esto indica que, debido a la baja eficiencia del sistema de riego por compuertas (18 %), combinado con limitaciones en oferta de agua, 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. Los resultados obtenidos hasta el momento muestran claramente la importancia de hacer uso de sistemas de riego más eficientes.

### Comportamiento de la humedad del suelo bajo diferentes especies leguminosas, y su impacto en el desarrollo de la palma y componentes de producción

El objetivo de este proyecto, realizado en el CEPS en el lote con un cultivar de palma híbrido OxG Coari x La Mé con edad de uno a tres años, es evaluar el efecto de las coberturas leguminosas en la disponibilidad de agua del suelo para el cultivo de palma de aceite en condiciones de la Zona Norte. Adicionalmente, se determinará el requerimiento hídrico de las especies de leguminosas usadas en asocio con el cultivo (*desmodium* y kudzú), bajo diferentes niveles de agotamiento de agua del suelo: 50 %, 75 % y 95 % y capacidad de campo.

Los datos preliminares de humedad registrados durante dos meses de evaluación en las dos zonas de muestreo permiten observar que el tratamiento con cobertura mantiene una humedad del suelo más alta con respecto al de cobertura mínima. La humedad del suelo en los primeros 30 cm es hasta un 15 % mayor en los que tienen cobertura.

La estimación del consumo diario para las dos especies de coberturas leguminosas se realizó a partir del balance hídrico del lisímetro, con los datos



de entradas (precipitación y riego) y salidas de agua (escorrentía, percolación y evapotranspiración -ET).

El análisis de la evapotranspiración de la cobertura leguminosa *Pueraria phaseloides* (kudzú), evidencia que a medida que se redujo la disponibilidad de agua en el suelo, se disminuyeron los valores de ET de la cobertura. Al hacer los estudios de área foliar y peso seco de la cobertura, se observó un mejor desarrollo para el tratamiento donde la humedad del suelo se mantiene a capacidad de campo. Por lo tanto, se puede mencionar que la evapotranspiración media de esta especie de cobertura es de 3,5 mm/día bajo condiciones de evaluación en lisímetros.

En el caso de *desmodium*, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

## Área de Mecanización y Procesos

### Edad óptima de trasplante definida para palmas híbridas y *E. guineensis* en la Zona Oriental

En el 2018 se establecieron los experimentos en el Campo Experimental Palmar de las Corocoras (CEPC), con tres lotes del cultivar híbrido y dos de *E. guineensis*, donde se sembraron plántulas con edades en vivero de 10, 12, 14, 16, 18 y 20 meses de edad.

Contrario a la respuesta presentada por la variable altura de planta, la acumulación de hojas efectivas (Figura 20) presentó la tendencia a ser menor a medida que las plantas permanecieron mayor tiempo en el vivero.

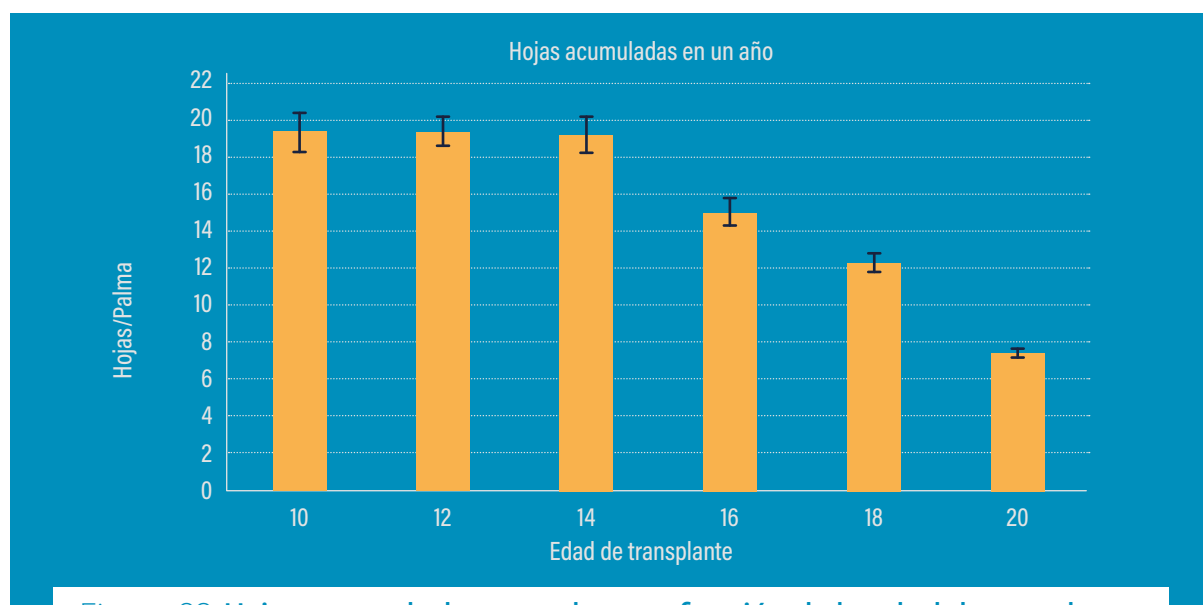


Figura 20. Hojas acumuladas en palma en función de la edad de trasplante

Las plantas trasplantadas a campo, con edades entre 10 y 14 meses de vivero, presentaron 19 hojas efectivas por palma, en comparación con las trasplantadas a campo cuando cumplieron 20 meses en vivero, que mostraron 7,5 hojas efectivas. El menor número de hojas encontradas en las palmas de

mayor edad, podría ser una consecuencia del daño ocasionado a las raíces al momento de retirarlas del vivero para ser llevadas a campo definitivo.

### Factores de manejo agronómico y su influencia en la aparición de malogro de racimos en cultivos híbridos OxG

Los ensayos establecidos en los lotes de Cenipalma, en Zona Suroccidental, buscan comprobar que la implementación de buenas prácticas agrícolas, combinadas con una polinización de calidad, ayudan a disminuir el fenómeno del malogro de racimos permitiendo aumentar la producción de RFF en híbrido OxG.

En la Estación Experimental La Providencia se seleccionaron para el estudio 130 palmas, divididas en dos grupos, suspendiendo en uno de estos la polinización asistida. El 11,7 % de las inflorescencias polinizadas se malograron, mientras que en las no polinizadas fue del 24,3 %. El análisis de la información permitió concluir también, que la probabilidad de encontrar un racimo malogrado en inflorescencias polinizadas fue alrededor de tres veces inferior con respecto a las que no recibieron polinización.

Adicionalmente, se realizaron 42 análisis de racimos distribuidos en los tres tratamientos aplicados. El de sin polinización presentó la menor proporción de frutos normales (8 % *fruit set*) y la mayor proporción de abortos (34,5 % en promedio), reafirmando así la importancia de la polinización en la conformación del racimo.

### Evaluación de la calidad de aplicación de equipos para la polinización en el cultivo de palma

Buscando disminuir los altos costos de la labor de la polinización asistida en cultivos híbridos OxG, se adelantó en una plantación del Meta y en el CEPC, la evaluación de tres equipos para polinización. Estos fueron: el sistema de pera de goma, la insufladora y el polinizador motorizado, bajo las condiciones de apertura y no apertura de inflorescencias. La calidad de la aplicación del polen se analizó mediante el uso del trazador fluorescente Tinopal CBS-X.

El equipo polinizador motorizado presentó un comportamiento similar cuando se realizó o no la apertura de las brácteas, alcanzando cubrimientos entre el 95 y 100 % en los tres sectores de la inflorescencia (ápice, medio y base). Con la goma tradicional fueron menores, entre un 5 y 20 % en la base, y hasta un 60 a 90 % en el ápice de la inflorescencia.

En el CEPC, con apertura de brácteas, se alcanzaron coberturas entre el 90 y 100 % en el ápice y parte media de la inflorescencia al utilizar la bomba insufladora. La cobertura bajó a valores entre 40 y 65 % para la parte basal cuando no hubo apertura de inflorescencias.

### Efecto del laboreo en suelos compactos sobre el desarrollo vegetativo del cultivo

El experimento inició en el 2017 en el CEPC, con el objetivo de evaluar el efecto en el cultivo de diferentes sistemas de labranza sobre suelos compactos, previo al establecimiento del cultivo de palma. Los tratamientos implementados contemplan la combinación de instrumentos para la labranza vertical del suelo (arado de cinceles rígidos y Cenitandem) comparados con la rastra de disco como testigo.

Las mayores resistencias a la penetración se presentaron en la labranza del suelo con rastra de disco, mientras que los menores valores se dieron en los tratamientos en los que se utilizó el subsolador.

Con relación al semestre inmediatamente anterior, las variables vegetativas mostraron un incremento del 30 % de la longitud del raquis, sin que se presenten diferencias entre tratamientos. Comportamiento similar se evidenció en la variable sección transversal de peciolo, sin diferencias estadísticas y con el menor incremento en el tratamiento donde se utilizó el Cenitandem en la línea de siembra (T4).

## Área de Geomática

### Relación entre las respuestas espectrales y el contenido de nitrógeno y potasio en el cultivo de palma de aceite (híbrido OxG)

El objeto de este estudio, que se realiza en una plantación de la Zona Oriental, es determinar la relación entre las respuestas espectrales y el contenido de nitrógeno y potasio en el cultivo de palma de aceite (híbrido), con fines de diagnóstico nutricional no destructivo.

Los mejores modelos pensando en estimaciones cuantitativas, resultaron ser para la de contenidos de nitrógeno y fósforo, con un RMSE bajos y  $r^2$  más altos en comparación del potasio, de donde  $r^2$  no es mayor de 0,3 para los datos de validación. Para potasio, se comprobó que la mayor concentración se presenta en el raquis y no a nivel foliar. Por lo tanto, no hubo un buen ajuste del modelo para este elemento, hecho que coincide con observaciones en otros experimentos.

De aquí podemos concluir que el modelo obtenido hasta el momento podría ser utilizado para conocer los niveles nutricionales en una plantación, identificando de manera rápida y eficiente aquellas palmas que presenten valores de nitrógeno por encima o por debajo de los niveles críticos determinados.

### Relaciones entre la reflectancia espectral y la respuesta fisiológica de palmas de aceite (*Elaeis guineensis*) cultivar IRHO 8210, afectadas con Marchitez letal

Con el objetivo principal de determinar si los cambios fisiológicos generados por la Marchitez letal (ML) en palma de aceite, inciden en el comportamiento de su respuesta espectral en las regiones del visible (VIS) e infrarrojo cercano (IRC) del espectro electromagnético, se viene desarrollando la evaluación desde el 2018 en una plantación en el Meta.

Se han realizado mediciones ecofisiológicas de temperatura foliar y de la firma espectral, en palmas con ML y en asintomáticas, en zonas de alta incidencia de la enfermedad, encontrando variaciones en la tasa fotosintética, conductancia estomática, transpiración y temperatura foliar en palmas que posteriormente desarrollaron los síntomas característicos de la enfermedad.

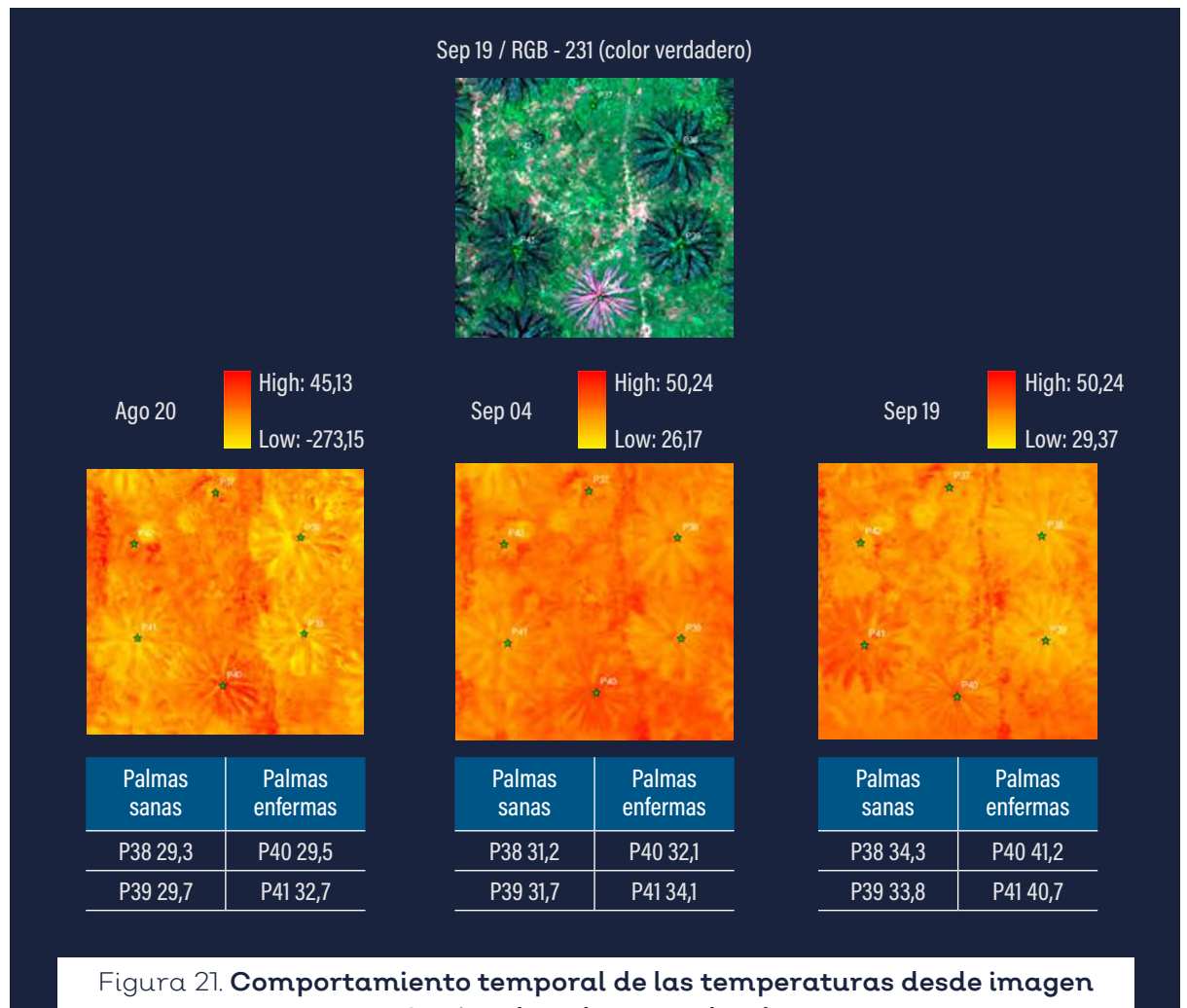
Sin embargo, en las palmas sanas también se presentaron variaciones entre muestreos, por lo que se debe hacer una comparación más adecuada con la curva de reflectancia promedio de las sanas vs. la de las palmas sospechosas. Adicionalmente, en cada muestreo se procura tomar la firma de palmas con

síntomas de la enfermedad identificadas previamente por la plantación, para tener una referencia más clara del efecto de la enfermedad en la firma espectral.

### Metodología para relacionar el diagnóstico de Marchitez letal en campo con imágenes multispectrales y térmicas, adquiridas con sensores remotos transportados por aeronaves remotamente tripuladas (ART) en Zona Oriental

Con el objeto de evaluar las respuestas espectrales adquiridas de sensores transportados por ART y sensores próximos para el diagnóstico de Marchitez letal (ML) en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*), se desarrolla la investigación en una plantación en el Departamento del Meta, con homogeneidad en cuanto a las características físicas y químicas del suelo, el manejo agronómico y que ha reportado casos de palmas afectadas por ML. Para realizar los diferentes vuelos se utilizó una ARP, específicamente un multirrotor (hexacóptero) debido a su estabilidad, capacidad de carga, mejor control y mayor maniobrabilidad en entornos de difícil acceso.

El trabajo continuará procesando cada ortomosaico generado, para clasificar palmas que se ubiquen en las categorías definidas y con sensores térmicos montados en aeronaves no tripuladas (drones), cuyas imágenes permiten medir una variación temporal de la temperatura del dosel de las diferentes plantas evaluadas (Figura 21).



Hasta el momento, se ha encontrado que se puede discriminar entre palmas sanas y palmas enfermas por medio de las imágenes térmicas. Estas últimas presentan una temperatura más alta en comparación con las sanas, logrando establecer algunos umbrales para poder separar los grupos de palmas, aproximadamente un mes antes de ver la expresión de síntomas de ML en la planta.

### Estimación de la masa seca foliar en palma de aceite a partir de imágenes de satélite

La masa seca foliar (MSF) es un parámetro indispensable para el cálculo de planes de fertilización, a partir de imágenes de satélite para la zona de estudio, utilizando como base el índice de área foliar (IAF). Se pudo encontrar la relación entre IAF y MSF y el modelo para la estimación de la MSF, a partir del cual se realizaron mapas de estimación de la MSF para la zona de estudio (Figura 22).

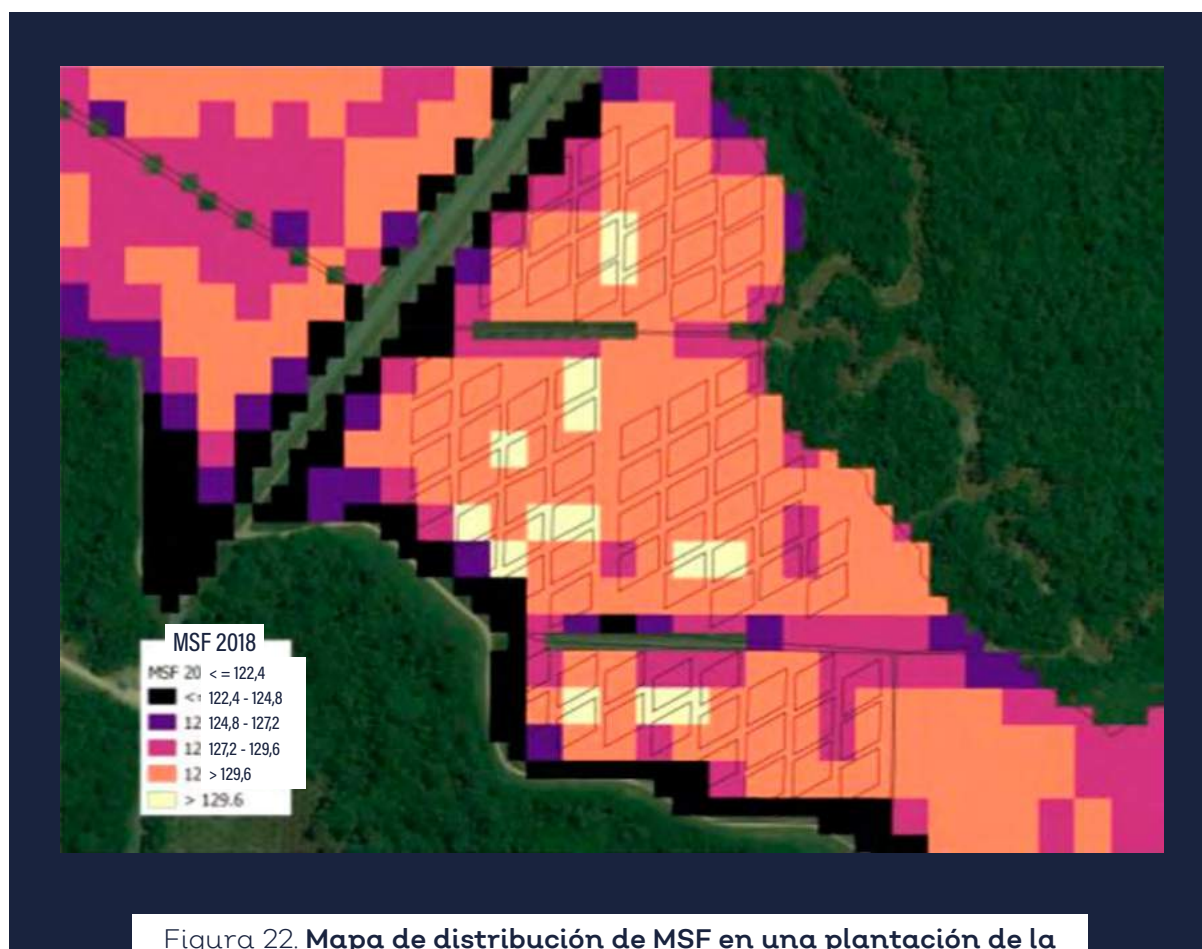


Figura 22. Mapa de distribución de MSF en una plantación de la Zona Central

De acuerdo con los cálculos realizados en campo, se evidenció que el equipo SunScan para medición óptica indirecta, subestima los valores de IAF en palma adulta. Esto lleva a considerar la pertinencia de su uso en condiciones comerciales, que pese a no ser destructivo es mucho más costoso y con menor rendimiento.

La estimación de la MSF, por medio de imágenes de satélite en palma adulta, ofrece la posibilidad de obtener dicha variable a un costo mínimo y con alto nivel de precisión. La determinación de la variabilidad espacial de la MSF es la base para la formulación de planes de fertilización de tasa variada, pero debe ser complementada con el conocimiento de esta variabilidad en la producción y los análisis foliares.

### Formación y actualización de la base de datos del Catastro Palmero 2019

Este proyecto tiene como objetivo la permanente actualización del área de palma de aceite, y levantar información asociada a esta en las zonas palmeras Norte, Central, Suroccidental y Oriental de Colombia para la base de datos catastral del sector a escala de lote. El Catastro Palmero para 2019, reporta un total de 592.762 ha de área sembrada y un avance de 273.068 ha de formación en el aspecto agronómico. Adicionalmente se han realizado procesos de depuración, que han llevado a eliminar cerca de 2.000 ha que no correspondían a cultivos de palma de aceite, y que se encontraban principalmente en las zonas Norte y Suroccidental.

La Figura 23 resume el progreso del Catastro Palmero en los ámbitos físico (determinación de áreas con cultivos) y físico + agronómico (inclusión de variables como cultivar y años de siembra).

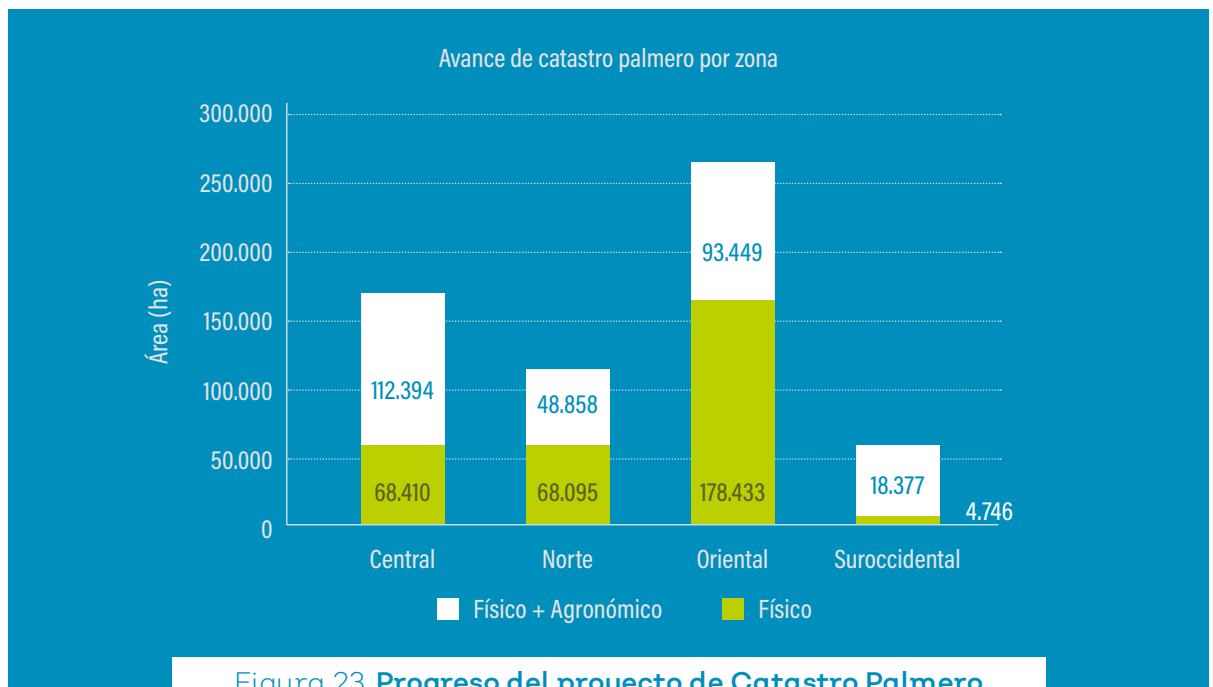


Figura 23. Progreso del proyecto de Catastro Palmero

Contar con un catastro real permite tener un inventario preciso del cultivo, con datos verificados en campo e imágenes de mediana/alta resolución, y hacer seguimiento multitemporal del crecimiento del cultivo a nivel nacional. Esta información es importante para actividades como análisis de línea base del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) dentro del Acuerdo de Cero Deforestación; estudios de cambio de uso de suelo (ILUC, por su sigla en inglés); relacionamiento de datos fitosanitarios,

de producción, entre otros, con su ubicación espacial, contribuyendo al manejo regional de la productividad y de la sanidad de la palma, y registro de plantaciones ante entidades gubernamentales.

## 4. Programa de Procesamiento y Usos

### Objetivo general

Generar y/o adaptar tecnologías y prácticas para mejorar la productividad en las plantas de beneficio. Así mismo, coadyuvar al sector palmero colombiano a la obtención de ingresos adicionales mediante propuestas permanentes, económicas y ambientalmente atractivas, de oportunidades que resulten en mayores consumos de aceite de palma y palmiste, y en el desarrollo de materiales de valor agregado usando los productos y subproductos obtenidos en la agroindustria de la palma de aceite.

### Principales actividades desarrolladas en 2019

#### Área de Ingeniería

**Metodologías analíticas para la determinación de contaminantes y otros compuestos de interés y seguimiento a procesos para mejorar la calidad de aceite durante el proceso de extracción**

Los cloruros es un importante parámetro de calidad del aceite de palma debido a que se consideran precursores de compuestos como los 3MCPD y EG. Se han implementado dos métodos en muestras aceitosas del procesamiento de aceite de palma en planta de beneficio: la primera, adaptada en 2018, consiste en extracción líquido-líquido con 10 ml de solución buffer carbonato-bicarbonato; la segunda, validada en 2019, es fusión alcalina con posterior calcinación a 500 °C.

La cuantificación de cloruros a partir de 2018 en planta de beneficio permitió identificar las unidades de proceso en las que se concentra la mayor cantidad de cloruros solubles. Los muestreos en 2019 correspondieron a la etapa de clarificación, y los resultados permiten identificar que el mayor contenido de cloro en el proceso corresponde a los flujos de licor de prensa diluido (816 ppm) y descarga de centrífuga (993 ppm).

En 2019 inició la primera fase del estudio que busca una metodología para la mitigación de cloruros a escala laboratorio y/o piloto. Se tomaron muestras de aceite de palma crudo (APC) para la determinación de cloro en las corrientes de: aceite recuperado del tanque de centrífuga, aceite recuperado del preclarificador, aceite crudo del clarificador y APC terminado en tanque de almacenamiento, en una planta de beneficio de la Zona Norte. Los resultados presentaron valores de: 591,8-597,1 ppm (aceite recuperado del tanque de centrífuga), 125,9-105,3 ppm (aceite recuperado del preclarificador), 24,5-32,7 ppm (aceite crudo del clarificador) y 20,6-24,2 ppm (APC terminado en tanque de almacenamiento). Se encontró que los APC recuperados de centrífugas presentan los valores más altos de cloro.

Se consolidó la estandarización de las metodologías analíticas para la determinación de ésteres de 2- y 3-MCPD y ésteres de glicidilo (EG) en aceites de origen vegetal. Se obtuvieron seis curvas de calibración para la cuantificación de estos compuestos, dos por cada analito (rangos bajo y alto de concentración).

### Metodologías para la determinación del potencial industrial de aceite y calidad de fruto en planta de beneficio

La metodología de medición del potencial industrial de aceite (PIA) permite obtener el indicador de forma instantánea (al menos cada 5 segundos), en línea (mediante automatización y el equipo NIR Online) y con alta confiabilidad, cubriendo al menos el 85 % - 90 % del fruto presente (se eliminan las colas del traslape de fruto en el digestor) en cada cargamento (viaje) que se envía a la planta de beneficio (Figura 24).

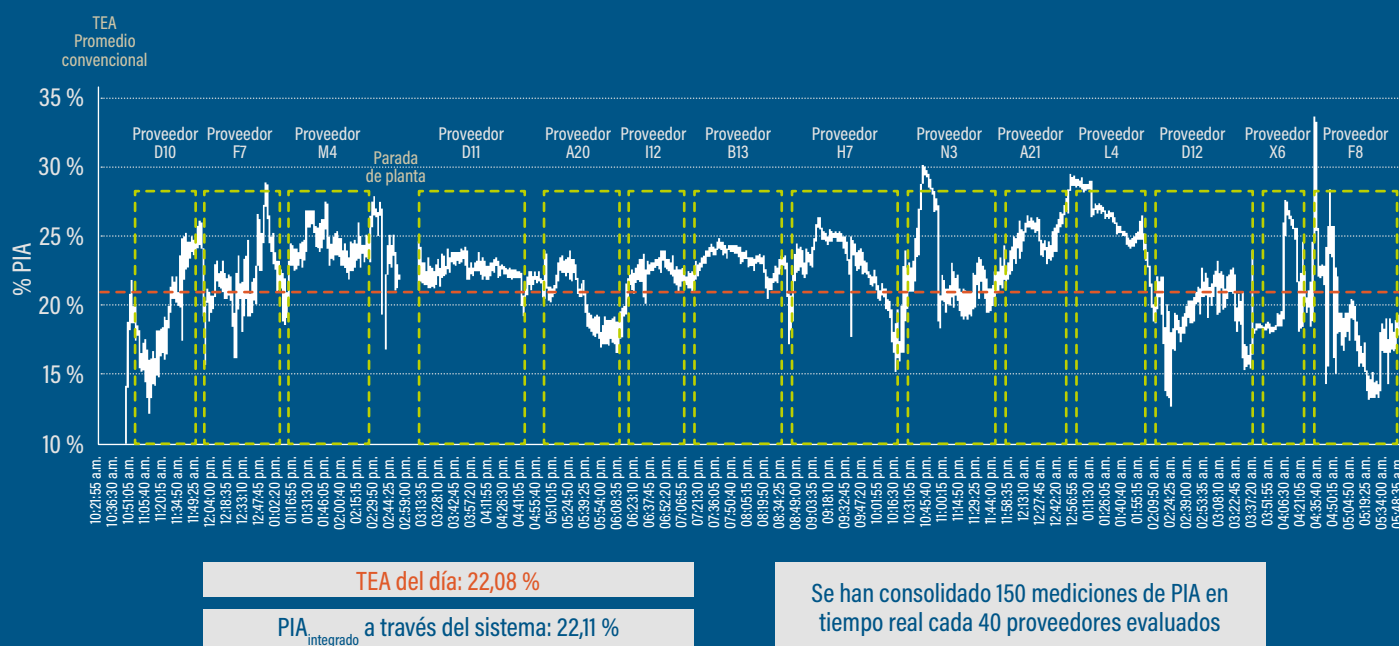


Figura 24. Comportamiento en tiempo real de PIA y caracterización de proveedores de fruto

Este método integra dos tipos de soluciones presentes en la planta piloto: sistema semiautomatizado con vertedero hidráulico y sensores especializados, y la metodología automatizada integrando NIR Online, que permite la determinación de PIA por proveedores y la tasa de extracción de aceite (TEA) total del día.

Otra metodología que se ha venido evaluando para la medición del potencial industrial del aceite, es la de la masa que pasa al digestor (MPD), que 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. Esta se evaluó de forma extensiva con racimos de cultivos *E. guineensis* e híbridos OxG, en las plantas piloto de las zonas Oriental y Suroccidental. La MPD se utiliza como herramienta de medición y control de



los racimos de fruto de palma de aceite. Su implementación en cinco plantas de beneficio permitió estimar el contenido de aceite de los RFF de cultivares híbridos OxG recibidos en puntos de recepción y tolva.

Se unificaron los criterios de calidad de RFF OxG en tolva, junto con los comités asesores de plantas de beneficio y plantaciones en las zonas Suroccidental y Oriental, así: maduración con cinco estados (inmaduros, maduros, sobremaduros, podridos y tusas vacías), conformación con cuatro clases de racimos (de acuerdo con su grado de polinización) y criterios externos (RFF con pedúnculo largo e impurezas) (Figura 25).



Figura 25. Criterios de calidad en tolva para racimos de fruta fresca (RFF)

Se demostró en la práctica, la utilidad y funcionalidad de los criterios unificados de calificación de fruto en tolva.

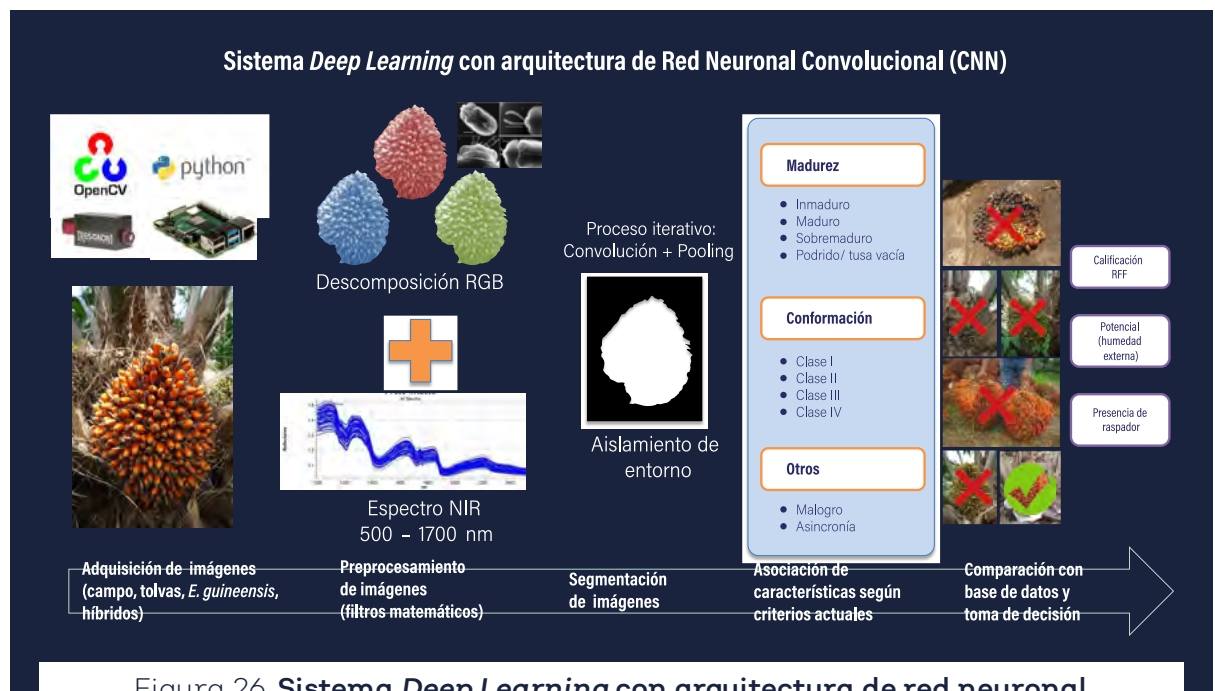
### Metodologías, tecnologías y prácticas para la optimización del procesamiento de fruto *E. guineensis* e híbridos OxG

Se evaluaron las condiciones de procesamiento de RFF de cultivar híbrido polinizado con regulador de crecimiento ANA, para observar el comportamiento del licor de prensa (LP). Se encontró preliminarmente, que la relación de dilución empleada (1,8 vol. Ac/ vol. agua), no ofrece la mayor eficiencia y velocidad de separación. Es decir, para procesar estos racimos, se requiere más agua. Por otro lado, se pudo observar que la presión de prensado provoca un efecto sobre la separación del LP en los RFF: a medida que aumenta, la eficiencia y la velocidad de separación decrecen.

Se realizaron pruebas de esfuerzo mecánico para compresión de semillas de tagua, en colaboración con la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad

Industrial de Santander, UIS. Preliminarmente, sujeto a más ensayos, 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 el que se encuentre inmersa dado que la temperatura en digestores en planta oscila entre 60 °C y 80 °C.

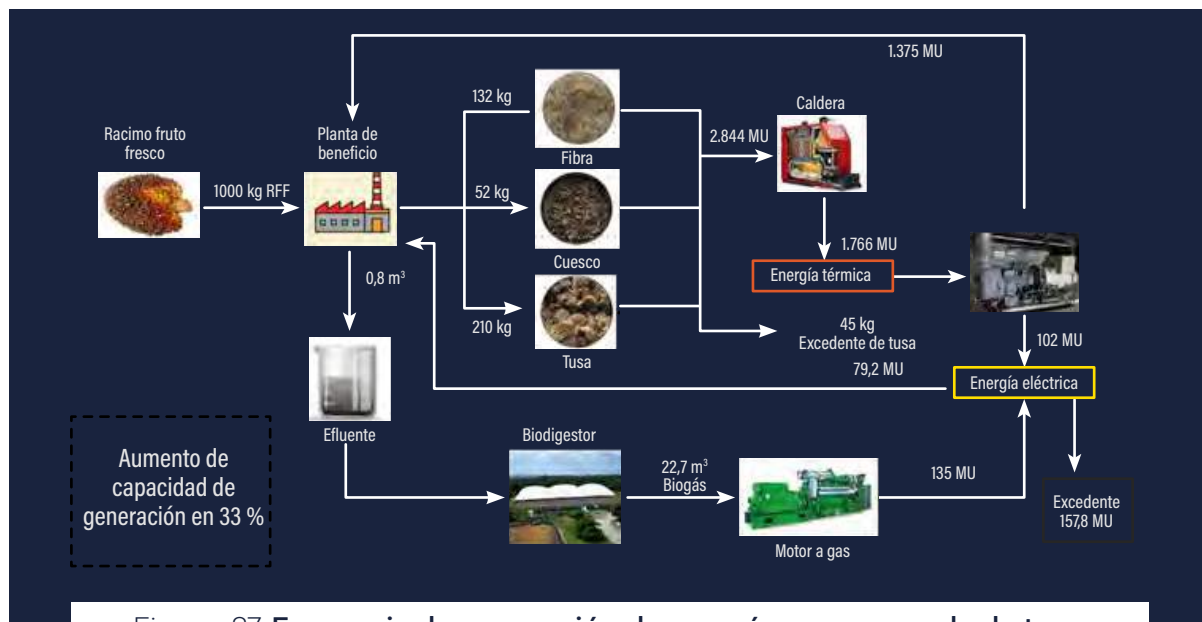
En la búsqueda de una alternativa para automatizar la calificación de racimos en campo y en tolva de planta de beneficio, se dan los primeros pasos en la integración de tecnologías de reconocimiento de patrones en imágenes a través de redes neuronales tipo *Deep Learning*, junto con tarjetas de desarrollo Raspberry PI, sensores y cámaras hiperespectrales portátiles (CMOS y NIR), una unidad autónoma de neuroprocesamiento digital de imágenes avanzado (Intel neural stick 2), entre otros dispositivos. Esta alternativa está gobernada por aplicaciones desarrolladas en lenguaje Python, librerías TensorFlow y OpenCV, permitiendo interactuar con esos recursos a través de una interfaz visual y táctil para el usuario final (Figura 26).



## Área de Biorrefinería

### Metodologías y alternativas de uso de la biomasa

Se revisa el estado de tecnologías actuales para la generación de energía eléctrica a partir de la biomasa residual de palma de aceite, y se desarrolla una metodología para aumentar su potencial a partir de la combustión de una mayor cantidad de tusa. El método se basa en la creación de indicadores para determinar la viabilidad del quemado de tusa junto con fibra y cuesco, desarrollando balances de masa de acuerdo con la composición del combustible (Figura 27).



En el escenario propuesto, que incluye el aprovechamiento energético de la tusa, se podría aumentar la generación de energía en un 33 %.

### Extracción y caracterización de compuestos bioactivos de interés, procedentes de subproductos de la cadena productiva (Fase II)

Es un proyecto colaborativo entre Cenipalma y la Universidad Jorge Tadeo Lozano, titulado “Valorización de los aceites recuperados de los fondos de columnas de destilación en la producción de biodiésel a partir de aceite de palma”. En 40 muestras analizadas, se encontraron concentraciones promedio de: vitamina E (17.584 mg /kg), fitoesteroles totales (155.465 mg/kg) y escualeno (3.002 mg/kg), resultados bastante prometedores. La composición porcentual másica de los ácidos grasos del aceite recuperado del fondo de columnas de destilación de biodiésel se reporta como: palmítico (32,65 %p/p), oleico (46,04 %p/p) y linoleico (8,2280 %p/p).

### Tecnologías, metodologías y recursos utilizados para la gestión ambiental y el aprovechamiento de subproductos en plantas de beneficio (Fase II)

En 25 plantas de beneficio (cinco en Zona Central, siete en Zona Norte, 11 en Zona Oriental y dos en Zona Suroccidental), se realizó el diagnóstico de los sistemas de tratamiento de biomasa, y se evaluaron las distintas condiciones de operación, control y documentación, gestión ambiental y Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), para definir el índice de balance tecnológico (IBT) desde el punto de vista ambiental y de SST en plantas de beneficio.

De las plantas que participaron en la caracterización de alternativas empleadas, el 100 % realiza un aprovechamiento de la fibra y la cascarilla en la generación de vapor y energía, nueve utilizan la tusa, fibra y efluentes para la producción de compost, y dos producen biogás. Es posible inferir que cerca del 56 % de las plantas evaluadas no aprovecha eficientemente los subproductos generados en la extracción de aceite de palma.

## Indicadores y criterios de sostenibilidad ambiental asociados a gases efecto invernadero, uso eficiente y valorización de biomasa

Terminó el proyecto con cofinanciación del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por su sigla en inglés), para estudios de huella de carbono e identificación de buenas prácticas para disminución de gases de efecto invernadero (GEI). La cartilla de buenas prácticas para la disminución de los GEI, así como las infografías, quedaron en proceso de edición final. Con estos recursos, también se pudo obtener un *software* para la determinación de la huella de carbono del APC, tanto para las labores de campo como para las de las plantas de beneficio. De otro lado, en estudios de huella hídrica, como un indicador de sostenibilidad, se logró identificar el volumen de agua utilizada directa o indirectamente en el proceso productivo de palma de aceite en el Campo Experimental el Palmar de las Corocoras, discriminando los usos que se dan al recurso hídrico y el impacto de las diferentes prácticas de manejo. El cálculo de huella hídrica para el CEPC, con los datos de cultivo, condiciones climáticas y análisis de aguas de captación-drenaje, se estimó en un total de 481 m<sup>3</sup>/t RFF, en donde 32 % corresponde a la huella hídrica azul, 44 % a la verde y 24 % a la gris.

## Tecnologías alternas de tratamiento de efluentes para el cumplimiento de la normatividad ambiental

La evaluación del proceso de aluminato y cal hidratada (UHLA) para remoción de cloruros a escala piloto en vertimientos finales, depende de la posibilidad de la instalación del sistema en una planta de beneficio, lo que no fue posible. A escala laboratorio se continuaron pruebas relacionadas con la disminución del consumo de agua para la preparación de la cal hidratada, y se realizaron ensayos de saturación y sobresaturación de la cal, utilizando diferentes soluciones de cloruro de sodio. Los resultados demostraron que el proceso UHLA es eficiente para muestras con baja concentración de cloruros (100-500 mg/l Cl<sup>-</sup>), con remociones cercanas al 60 %. Sin embargo, para mayor concentración de cloruros, las remociones están en el rango de 10-25 %. Por tanto, se concluye que la viabilidad de uso de este proceso es limitada porque está sujeta a bajas concentraciones de cloruros o a la posibilidad de consumo de agua por parte de la planta de beneficio para diluir la cal hidratada.

Se encontraron resultados interesantes en cuanto a la capacidad de remoción de contaminantes en el sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR), asociado a una planta de beneficio que implementa humedales artificiales (buchón de agua) como tratamiento terciario de depuración. Todos los parámetros fisicoquímicos de calidad presentan cumplimiento en cuanto a los límites máximos permisibles para contaminantes en vertimientos, expuestos en la Resolución 0631 del 2015. Se destaca especialmente la remoción de cloruros a través de estos sistemas terciarios, lo que es una limitante muy grande en los sistemas convencionales.

## Estudio costo-beneficio de la generación de bonos de carbono para empresas palmeras

Se construyó un modelo costo-beneficio para la implementación del proyecto de bonos de carbono, que se divulgó en talleres con las empresas palmeras en Bogotá, Barranquilla, Santa Marta, Bucaramanga y Cali. Este modelo busca estimar los ingresos que puede alcanzar una planta de beneficio si empieza a

generar bonos de carbono, a partir del aprovechamiento del biogás producido en biodigestores que reemplazan las lagunas de oxidación. Se encontró que, de acuerdo con la producción de biogás, el retorno de la inversión puede cambiar. A mayor producción de biogás se reduce el tiempo de retorno de la inversión. Es así como con la tasa menor de producción de biogás, que es de 22 m<sup>3</sup>/t RFF, se tiene una TIR de 28 % y un tiempo de retorno de seis años; mientras que para una alta producción de 35m<sup>3</sup>/t RFF, la TIR es de 58 % y un tiempo de retorno de dos años.

## Área de Calidad y usos del aceite

### Pruebas de alimentación en el sector avícola utilizando productos y subproductos de la extracción del aceite de palma

El proyecto se realizó en alianza con la granja avícola “Buenavista”, que dispuso de 1.994 aves durante ocho semanas para la prueba. Se evidenció que las aves no sufrieron ninguna afectación por el consumo del alimento. Adicionalmente, las variables analizadas como el número de huevos y su tamaño según el promedio tuvieron un comportamiento similar al grupo control.

### Exploración del uso de tusa y fibra como parte de compuestos poliméricos

Este proyecto se llevó a cabo en alianza con el Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho, ICIPC. Se usaron 25 kg de tusa, con una longitud promedio de 3 mm, para la obtención del biocompuesto y la caracterización mecánica del material obtenido. Los resultados evidenciaron que existe potencial para conseguir un compuesto PP (polipropileno) + fibra, con buenas propiedades para aplicaciones como maderas plásticas estructurales o decorativas (Figura 28). Los logros preliminares sugieren orientar el proyecto a aplicaciones de construcción, ya que es un mercado maduro en el que se utilizan altos porcentajes de fibras, alcanzando hasta un 40 % de incorporación de tusa en la matriz con el PP.

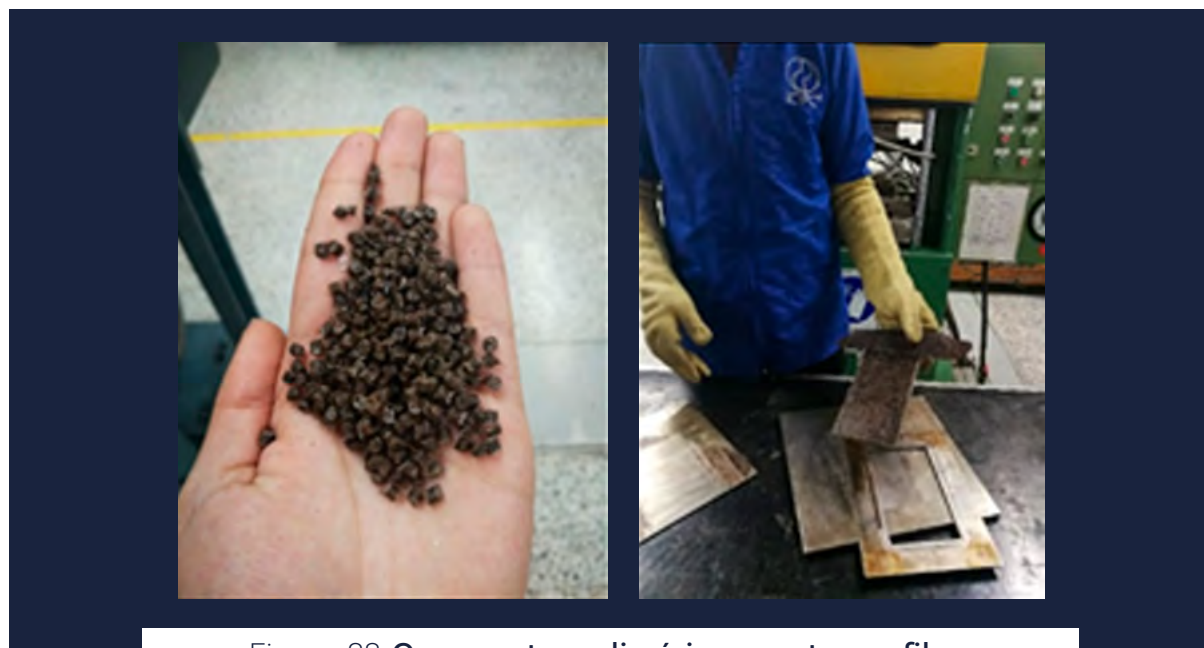


Figura 28. **Compuestos poliméricos con tusa y fibra**

## Gestión desarrollada para aumentar el consumo de biodiésel de aceite de palma en Colombia

Se promovió el uso de mezclas voluntarias de biodiésel, con el tanqueo de mezcla B50 en los vehículos de los directivos de Fedepalma y Cenipalma. Los análisis de aceite lubricante que se realizaron a estos no mostraron afectaciones en los motores. Además, se acompañaron las pruebas de uso de mezcla B50, que apoyó Fedepalma, en buses de Transmilenio. Este proyecto, en el que estuvieron involucradas entidades como Terpel, BioD, Gesoltec, Universidad Nacional de Colombia, Fedebiocombustibles y Volvo, arrojó como resultado que, al comparar las emisiones respecto a los buses con B10, el empleo del B50 puede reducir en un 8 % las de monóxido de carbono, 2 % los NOx y 43 % los hidrocarburos.

## Pavimentación de vías con mezcla asfáltica aditivada con aceite de palma

Se realizó el seguimiento a los tramos pavimentados en 2016 con la mezcla asfáltica aditivada con aceite de palma crudo, y se pudo evidenciar que estaban en buen estado, sin fisuras, grietas ni huecos. Se hicieron pruebas para ver la compactación de la mezcla, cuyos resultados también fueron satisfactorios.



Figura 29. **Tramos pavimentados con mezcla asfáltica aditivada con aceite de palma crudo**

Para la caracterización de la biomezcla asfalto, caucho y aceite de palma para pavimentar vías en Colombia, se llevaron a cabo las pruebas de determinación de curvas reológicas, la recuperación elástica por torsión y la medida del tamaño de partícula por medio del microscopio de fluorescencia de las dos muestras de asfalto-caucho aditivadas, cada una con diferentes porcentajes de caucho, aceite de palma y Evotherm. Se encontró que el porcentaje óptimo de aceite en la mezcla es del 2 %, debido a que produce la mayor disminución de las temperaturas de mezclado y compactación del asfalto. Si se compara este porcentaje con el producto que se usa normalmente en la industria para reducir dichas temperaturas, se evidencia un mejor comportamiento con el aceite de

palma. También se determinó que el aceite de palma no influye en el cambio de consistencia del asfalto a medida que transcurre el tiempo de su preparación.

### Alianzas estratégicas para investigación en valor agregado

Dentro de los proyectos realizados se encuentra el trabajo llevado a cabo con la Universidad Javeriana, denominado: “Desarrollo de dos productos lácteos “tipo queso” bajos en sodio con potencial funcional, mediante la inclusión de aceite de palma alto oleico (*Elaeis guineensis* x *Elaeis oleifera*) (Figura 30). Se obtuvo un informe preliminar con la información de que los productos presentan una adecuada calidad nutricional, según los análisis bromatológicos adelantados. Sin embargo, se está a la espera de los resultados de perfil de ácidos grasos y análisis de vitaminas A y E, para poder contribuir a la evidencia de la calidad nutricional.



Figura 30. Productos “tipo queso”

Por otra parte, con la Universidad de La Sabana, se evaluó el comportamiento del aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico. Para hacerlo, se emplearon diferentes tecnologías de escala nanométrica, permitiendo aprovechar la versatilidad del aceite fuente de vitaminas A y E para la generación de matrices alimenticias, que permitan darle mayor valor agregado al sector agroindustrial.

Con la Pontificia Universidad Javeriana se desarrolló el proyecto: “Estudio de factibilidad para la implementación de la dieta líquida total reformulada”. En el Hospital Universitario San Ignacio, se evidenció que las dietas terapéuticas modificadas en textura, como la líquida total (DLT), por sus atributos sensoriales como el sabor, la apariencia y la variedad de preparaciones, no logran cubrir los requerimientos nutricionales y generan desperdicio de alimentos debido a la baja aceptabilidad, impactando en el estado de salud del paciente. Por este motivo, se cambió la minuta patrón y se innovó en las preparaciones de la DLT, incluyendo en el módulo de grasa aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico fortificando, y mejorando la calidad nutricional y los atributos sensoriales. Esto influyó de manera positiva en la aceptación de la dieta y en la recuperación

postoperatoria de los pacientes impactados.

### Difusión: acompañamiento técnico y científico que involucre promoción de los aceites de palma

El Proyecto Especial de Salud y Nutrición Humana realizó charlas y conferencias a diferentes grupos de interés, participó en eventos de actualización y entregó material de difusión basado en evidencia científica, con el fin de dar a conocer los beneficios y usos del aceite de palma y sus productos. Durante 2019, esas actividades incluyeron:



Taller “Consumo de grasas y aceite de palma: de mitos a realidades” dictado en el XXXIII Congreso de Metabolismo y Nutrición Clínica, hacia una terapia nutrición integral, al que asistieron más de 1.200 personas. El taller, por su parte, contó con la participación de 120 personas.



XVIII Congreso Colombiano de Nutrición y Dietética II Internacional en Alimentación y Nutrición., con asistencia de 600 profesionales de la salud



Workshops con profesionales de la salud realizados en Bogotá, con 32 asistentes, y Barranquilla, con 70.



Apoyo al área de mercadeo en el programa “Palmero compra palma”: activación en núcleos palmeros para su lanzamiento y vinculación. Igualmente, actividades de reforzamiento y actualización de la misma campaña en los núcleos que lo requerían.



Se realizó vigilancia científica a través de la revisión de un total de 1.494 artículos, presentaciones y otras piezas de comunicación, que sirven como soporte de información para divulgar.

En el 2019, el Proyecto Especial de Salud y Nutrición Humana se encargó de diseñar y participar en la elaboración de material de difusión, basándose en evidencia científica e informes actualizados sobre lípidos y grasas de los diferentes tipos de aceites; normatividad nacional e internacional; salud y nutrición; y noticias de interés sobre hábitos y estilos de vida saludable, haciendo énfasis en los usos y beneficios del aceite de palma y sus productos con información técnica fácil de entender.

### Normatividad: aceite de palma y sus fracciones para uso en el sector de alimentos

La actividad en 2019 se centró en el estudio de normas y estándares técnicos relacionados con aceites y grasas, con el fin de defender y fomentar el consumo de aceite de palma en el mercado local. En este sentido, se desarrolló una intensa labor de gestión y seguimiento a la normatividad, participando en diferentes mesas de discusión ante entidades como ICONTEC, Ministerio de Educación, Codex Alimentarius, el Subcomité Nacional de Grasas y Aceites, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, entre otros.

Este año quedó publicada, después de la reunión en Malasia, la enmienda final de la norma de aceites vegetales, Codex Stan 210, donde se incluye en Codex Alimentarius, el aceite de palma con mayor contenido de ácido oleico O<sub>x</sub>G.



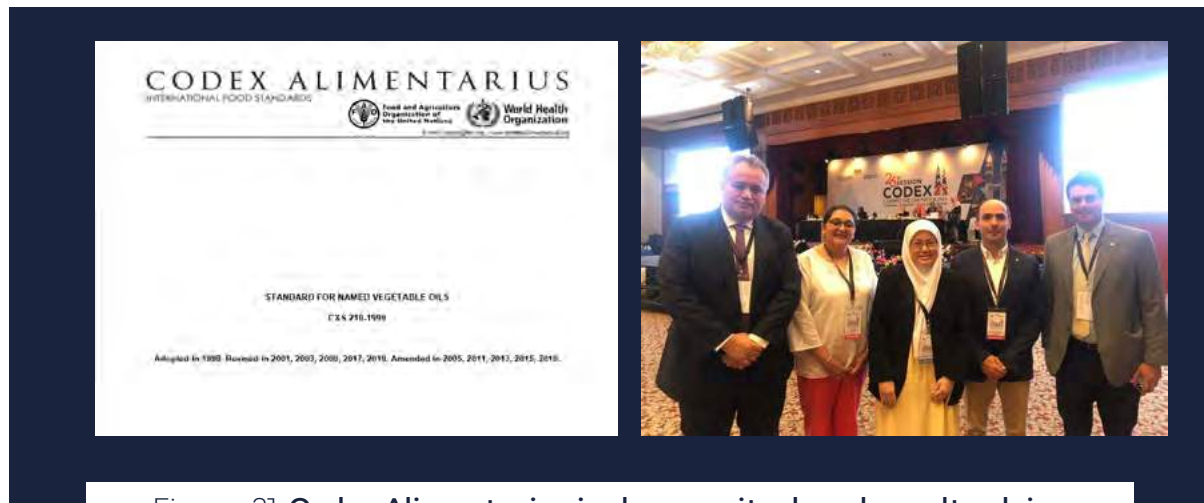


Figura 31. Codex Alimentarius incluye aceite de palma alto oleico

### Gestión para la inclusión del aceite de palma en compras públicas

Se realizó una investigación para determinar el potencial de mercado en el sector de hoteles, restaurantes y cafeterías (Horeca) y compras públicas, con el fin de conocer los principales segmentos a los cuales dirigir los esfuerzos comerciales. Se revisaron individualmente más de 50 procesos de contratación relacionados con alimentos y bebidas, encontrando que las compras relacionadas con el Programa de Alimentación Escolar (PAE), con el abastecimiento de las Fuerzas Militares y de los proyectos productivos de los centros carcelarios, representan un mercado de 105.000 millones de pesos anuales.

Se revisó el Decreto 29.452 de 2017, que define los requisitos nutricionales para la alimentación infantil, determinando que lo estipulado en el mismo no implica una restricción al aceite de palma. Por otra parte, se continuó con los acercamientos con el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF, buscando que se incluya el aceite de palma en sus fichas técnicas.

## 5. Unidad de Validación

La Unidad de Validación integra a investigadores de tres áreas de Cenipalma: Biometría, Evaluación Económica y Validación de Resultados de Investigación. Igualmente, atiende a todos los programas de investigación y actúa como el enlace entre el proceso de investigación y el de Transferencia de Tecnología, a cargo de Extensión.

### Objetivo general

Garantizar resultados de investigación y prácticas promisorias, con robustez estadística y análisis económico, evaluación y validación de resultados a nivel comercial.

## Principales actividades desarrolladas en 2019

### 1. Garantizar el rigor estadístico de los resultados de investigación de Cenipalma

El equipo de Biometría interacciona con los diferentes programas de investigación, extensión y unidades de Cenipalma, en la revisión de los protocolos (33), planes de aleatorización (13) y métodos de análisis de datos (36).

### Prácticas promisorias llevadas a cabo por empresas del sector

#### Estudios de métodos de aplicación de ácido naftalenacético (ANA) sólido

Se documentó la aplicación de ANA en presentación sólida, con diferentes métodos desarrollados por plantaciones que han sembrado cruzamientos OxG y adoptaron esta tecnología de polinización artificial. Dado que la presentación de la mezcla con la que se poliniza (sólida o líquida), implica diferencias importantes en lo que concierne al rendimiento de la labor, era necesario llenar el vacío en el acervo de conocimiento de la agroindustria. De esta manera, se procedió a registrar la polinización con ANA sólido en diferentes paisajes, con diversos cruzamientos OxG y con diferentes alturas de la palma (Tabla 4).

Los estudios de tiempos y movimientos han permitido estimar el rendimiento de la labor y los factores que inciden en su aplicación. Entre estos, quizás el más relevante, es la productividad de la plantación, representada en el número de inflorescencias a polinizar. Así, a mayor número de inflorescencias, menor es el cubrimiento en área de un trabajador. Incluso, deberá explorarse la necesidad de dividir la tarea entre un operario encargado de abrir brácteas y otro que se dedique a aplicar 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. Por esta razón, el sector precisa seguir explorando métodos para administrar la mezcla 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, en lugar de dos, al mismo lote. 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.

Tabla 4. Comparación de sistemas de aplicación de ANA sólido

| Plantación  | 1                                        | 2             | 3               |
|-------------|------------------------------------------|---------------|-----------------|
| Zona        | Suroccidental                            | Central       | Central         |
| Cruzamiento | Coari x La Mé<br>Brasil x polen africano | Coari x La Mé | Brasil x Djongo |

Continúa

Investigación

| Plantación                 | 1                                                                                                                                                 | 2                                                                                                                                                     | 3                                                                                                                                                       |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zona                       | Suroccidental                                                                                                                                     | Central                                                                                                                                               | Central                                                                                                                                                 |
| Edad cultivo               | 12 años                                                                                                                                           | 13 años                                                                                                                                               | 9 años                                                                                                                                                  |
| Mezcla                     | ANA - Polen - Talco<br>ANA - Talco                                                                                                                | ANA - Polen - Talco                                                                                                                                   | ANA - Talco                                                                                                                                             |
| Dosis por inflorescencia   | 4,1 g - 4,5 g                                                                                                                                     | 4,1 g - 4,5 g                                                                                                                                         | 3 g                                                                                                                                                     |
| Herramientas               | Tubo de cobre con gancho*<br>Manguera<br>Bomba insufladora<br>Tanque de PVC<br>Canguro con piernera<br>Dispositivo CTR (Click Palm) para registro | Tubo aluminio con gancho*<br>Manguera<br>Bomba insufladora<br>Tanque de PVC<br>Canguro con piernera<br>Collar con cuentas de tres colores para conteo | Tubo aluminio con gancho*<br>Manguera<br>Bomba insufladora<br>Tanque de PVC<br>Canguro con piernera<br>Celular con android para registro (CyberTracker) |
| Tiempo de trabajo efectivo | 5,4 h                                                                                                                                             | 6 h                                                                                                                                                   | 6 h                                                                                                                                                     |
| Rendimiento                | 439 inflorescencias / día (lotes un ingreso a la semana)<br><br>389 inflorescencias (lotes con dos ingresos a la semana)                          | 205 inflorescencias / día (si la densidad es 50 inflorescencias / ha)<br><br>409 inflorescencias / día (si la densidad es 341 inflorescencias / ha)   | 235 inflorescencias / día (si la densidad es 63 inflorescencias / ha)<br><br>436 inflorescencias / día (si la densidad es 107 inflorescencias / ha)     |
| Costo/ha al año            | \$1'478.040                                                                                                                                       | \$1'406.860                                                                                                                                           | \$1'442.715                                                                                                                                             |

\* El gancho permite abrir brácteas y marcar las hojas con inflorescencia

### Validación del punto óptimo de cosecha en cultivares OxG

Uno de los principales retos en torno al manejo de los cruzamientos OxG, es la necesidad de determinar el punto óptimo para la cosecha de cada uno de los cultivares, considerando que “las señales” que permiten juzgar si un racimo está maduro y listo para cosecharse varían entre ellos. Los resultados de investigaciones del Programa de Biología y Mejoramiento arrojaron que el punto óptimo de cosecha para los cruzamientos de híbridos OxG es a partir del estadio 807, en el cual se alcanza el mayor peso y potencial de aceite.

La Unidad de Validación trabajó en conjunto con Agrosavia para validar el punto óptimo de maduración de los racimos de los cruzamientos OxG Corpoica, en el Centro de Investigación El Mira, en Tumaco. La plantación cuenta con un área de 100 hectáreas sembradas con cultivares híbridos OxG Corpoica: Cereté x Deli y Cereté x Yangambi.

Se evaluaron los resultados de la labor de cosecha en términos de estado de madurez de los racimos y de contenido de aceite. En la fase 1 del estudio, se consideró el criterio de corte a partir de 10 frutos desprendidos, tal y como se

realizaba en Agrosavia (las flores habían sido polinizadas con polen). En la fase 2, se implementó el criterio de cosecha según el punto óptimo propuesto por Cenipalma para el cultivar Cereté x Deli, sin modificar el ciclo de corte de racimos (21 días). En la Fase 3, se observó el efecto de reemplazar la polinización asistida (polen) por polinización con ANA, manteniendo el punto óptimo de cosecha. Los resultados de las tres fases en cuanto a la tasa de extracción de aceite (TEA), se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5. TEA obtenida en diferentes escenarios de polinización y criterios de cosecha OxG Corpoica**

| <b>Fases de manejo (cultivar OxG Corpoica)</b>                 | <b>TEA (%)</b> |
|----------------------------------------------------------------|----------------|
| Fase 1: polinización asistida + criterio de cosecha plantación | 17,28 %        |
| Fase 2: polinización asistida + punto óptimo de cosecha        | 20,23 %        |
| Fase 3: ANA + punto óptimo de cosecha                          | 26,24 %        |

Con los criterios utilizados en la primera fase, se encontró que el 29,3 % de los racimos cosechados estaba en estadios 805 y 806 (inmaduros), situación que impactó de manera negativa la TEA. En la fase 2, el 72 % de los racimos cosechados se encontraban en estadio 807 y se mejoró la TEA a 20,23 %. Finalmente, los racimos polinizados con ANA, cosechados según punto óptimo de cosecha, arrojaron una TEA de 26,24 %.

Esta validación confirmó la importancia de realizar la cosecha siguiendo los criterios de maduración del racimo para cada cruzamiento OxG, al demostrar el impacto que tiene sobre el contenido de aceite de los racimos. Además, en este trabajo, por primera vez se estimó el impacto del punto óptimo de cosecha y del ANA sobre la TEA industrial, ya que las evaluaciones previas de potencial de aceite se llevaron a cabo en laboratorio.

#### **Análisis económico de la tecnología de aplicación de ácido naftalenacético (ANA)**

El uso de ANA se ha difundido rápidamente entre las empresas que cuentan con plantaciones sembradas con cruzamientos OxG. La Unidad de Validación adelantó una investigación cuyo objetivo era estimar el costo-beneficio asociado a su uso. El trabajo consistió en modelar económicamente la aplicación de ANA, a partir de los datos que corresponden a la experiencia de plantaciones, con tres escenarios: 1: polinización asistida con polen, 2: polinización artificial, dos entradas a la semana (ANA sólido + talco + polen), y 3: polinización tradicional en antesis (polen + talco) y dos refuerzos con ANA (sólido).

Los costos se estimaron de acuerdo con los precios promedio de APC, almendra, aceite de palmiste y torta de palmiste en 2018. Es importante destacar que los resultados aquí consignados, no corresponden a recomendaciones de Cenipalma sino a la evaluación económica del trabajo que estaban desarrollando las plantaciones en 2019. Específicamente, nos referimos al hecho de que el Programa de Biología de Cenipalma encontró en esta vigencia (2019), que mezclar polen con ANA no es eficiente porque el polen pierde en su totalidad la germinabilidad. Sin embargo, esta era una práctica que la empresa estaba probando cuando se llevó a cabo el estudio.

Tabla 6. Análisis de ingresos para un escenario hasta producción de APC

| Escenario                                        | 1            | 2            | 3            |
|--------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Aceite de palma crudo (t APC/ha)</b>          | <b>5,7</b>   | <b>6,9</b>   | <b>6,8</b>   |
| Ingreso bruto APC (millones \$/ha)               | 10,30        | 12,50        | 12,40        |
| Ingreso bruto aceite palmiste (millones \$/ha)   | 0,62         | 0,22         | 0,31         |
| Ingreso bruto torta de palmiste (millones \$/ha) | 0,14         | 0,05         | 0,07         |
| <b>Total ingresos brutos (millones \$/ha)</b>    | <b>11,06</b> | <b>12,77</b> | <b>12,78</b> |
| Egresos APC (millones \$/ha)                     | 8,30         | 9,10         | 8,90         |
| Egresos aceite de palmiste (\$/ha)               | 0,11         | 0,33         | 0,46         |
| <b>Total egresos (millones \$/ha)</b>            | <b>8,41</b>  | <b>9,43</b>  | <b>9,36</b>  |

Es evidente que, debido a la mayor TEA que se obtiene en los escenarios de aplicación de ANA, la cantidad de aceite de palma crudo que se podría generar sería superior respecto a la alcanzada con polen (Tabla 6). El egreso por concepto de producción de aceite de palmiste se estimó a partir de un costo de procesamiento de \$ 32.000/t almendra. Los resultados sugieren diferencias en el margen de ingreso de 27 % y 31 % para los escenarios en los cuales se aplica ANA.

El ejercicio permite establecer que la adopción de la tecnología de ANA suscita un mayor valor en la producción de fruta y una disminución en el costo por tonelada de aceite, como consecuencia del incremento en la extracción de 2,8 puntos porcentuales. Luego, con el fin de incentivar la mayor producción de aceite, se debería revisar la retribución al productor. Cabe anotar que no se han considerado los costos adicionales por recirculación de almendra o uso de otros subproductos que la reemplacen en el prensado de la fruta.

### Estimación del costo de producción

Este trabajo se realizó de manera conjunta entre el equipo de Economía Agrícola de Cenipalma y el de Economía de Fedepalma, para estimar los costos por tonelada de racimos de fruta fresca (RFF) de palma de aceite y aceite de palma crudo (APC) en Colombia, en 2017 y 2018. Participaron 23 productores que corresponden a 62.000 ha (de un total de 540.688 ha plantadas en el país en 2018), y 10 plantas de beneficio que representan 369.726 toneladas de APC (de un total de 1.6 millones de toneladas producidas). En cada empresa se recopiló información sobre la frecuencia y el precio de cada proceso necesario para obtener una tonelada de APC, 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). Debe resaltarse que los cultivadores y plantas de beneficio que intervinieron se destacan por la adopción de tecnologías y rentabilidad de sus negocios.

Los resultados indican que el promedio de los costos correspondientes a la etapa de establecimiento (año cero), y de los tres años de la fase improductiva de los cultivos plantados con cultivares *E. guineensis* (años uno, dos y tres), de las empresas participantes 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. El valor superior de las siembras *E. guineensis* en esta etapa, obedece a la mayor densidad de siembra; a que son menos exuberantes en comparación con los OxG, por lo que requieren mayor trabajo de control de malezas; y a la gran susceptibilidad a enfermedades que incrementa los costos del manejo sanitario.

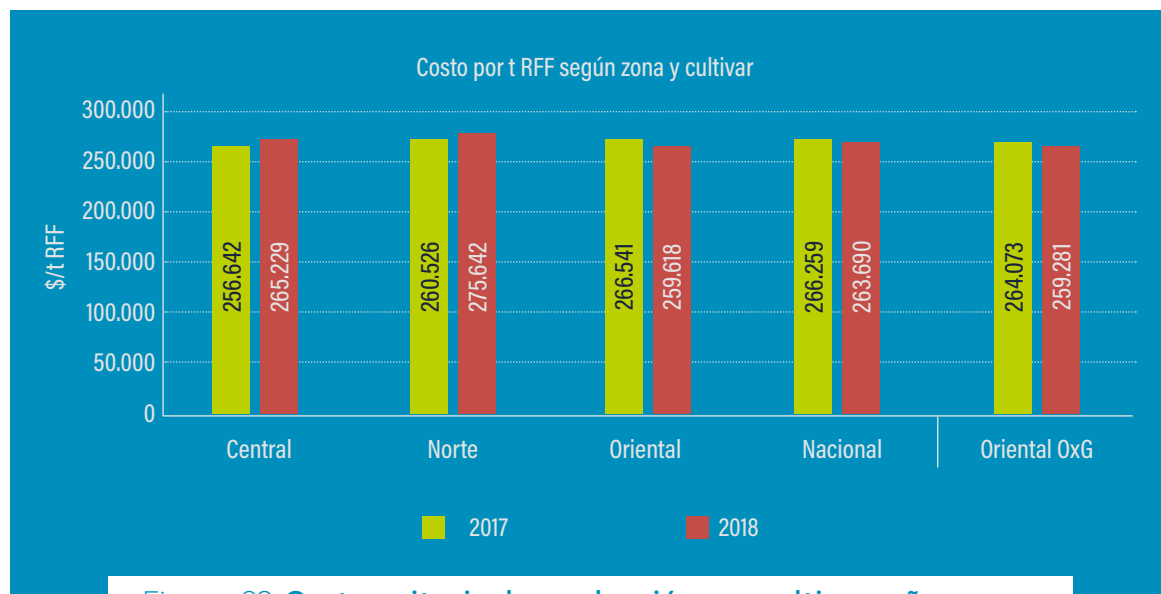


Figura 32. Costo unitario de producción por cultivar, año y zona

En cuanto al costo unitario promedio (Figura 32) de los cultivos plantados con *E. guineensis*, se encontró que la producción de una tonelada de RFF costó \$ 266.159 en 2017 y \$ 263.690 en 2018, a nivel nacional. 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 costo unitario promedio de los cultivos plantados con OxG, se consideraron exclusivamente los datos de la Zona Oriental donde se encuentran cultivos adultos (mayores de 18 años). Los resultados arrojaron \$ 264.073/t RFF en 2017 y \$ 259.281/t RFF en 2018. Este último, produjo costos unitarios de \$ 1.351.231/t APC en 2017 y, \$ 1.417.035/t APC en 2018.

En general, el costo de producción se redujo en 2018 con respecto a 2017. Ello responde al hecho de que muchas empresas, ante la caída del precio del aceite en 2018, recortaron actividades como fertilización y labores de mantenimiento del cultivo, cuyos efectos sobre la producción serán evidentes en vigencias futuras. Sin embargo, el impacto contable de la disminución del gasto es inmediato.

#### Costo económico del manejo de la Marchitez letal en Bajo Upía

Su objetivo era valorar económicamente el costo de manejar la Marchitez letal, en cinco plantaciones del Bajo Upía. Estas engloban un total de 17.921 ha sembradas con palma de aceite (75 % del área corresponde a cultivares *E. guineensis*). Fue necesario unificar criterios que permitieran medir el estado de afectación de la enfermedad en las plantaciones de manera homogénea. Se definió, en conjunto

con el personal técnico participante, que por área con ML se entenderían lotes con un caso (o más) en la vigencia del estudio (abril de 2017 – diciembre de 2018).

En lo que concierne a la estimación de los costos asociados al manejo de la enfermedad, se utilizó un cuestionario en el que se indagó por las prácticas llevadas a cabo por cada empresa para controlar el vector, delimitar focos, detección temprana de casos de ML y eliminación de palmas infectadas. El análisis consideró dos escenarios. El primero corresponde al costo de manejo preventivo (áreas sin ML) y el segundo a las que han reportado la presencia de la enfermedad.

En lo que concierne a prácticas de manejo en áreas afectadas, la labor de detección temprana fue el rubro de mayor participación en el costo (depende de la frecuencia). Con respecto a la erradicación de palmas con ML, el método químico fue el más frecuente y el costo osciló entre \$ 8.000 y \$ 15.000 por palma. En cuanto al uso de insecticidas y fungicidas, en general todas las plantaciones realizan aplicaciones aéreas y mediante bomba Jacto. La frecuencia varía entre tres y doce al año. En promedio el costo fue de \$ 40.000/ha, con rendimientos de 30 ha/día. Otra práctica que se empleó para el manejo de la enfermedad correspondió a la eliminación de focos que tuvo como criterio de erradicación de lotes que presentaran más del 30 % de casos de ML. Al respecto, se observó que los métodos varían desde la inyección química, hasta la erradicación con retroexcavadora.

Finalmente, el costo total de manejo de la ML en áreas con presencia de la enfermedad osciló entre \$ 65.032 /ha al año y \$ 423.478 /ha al año. Entretanto, en las áreas sin ML, el costo total osciló entre \$ 28.884/ha al año y \$ 53.176/ha al año (Tabla 7).

Tabla 7. Prácticas de manejo de la ML y costo por plantación

| Plantación                              | A       | B       | C       | D       | E      |
|-----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| <b>Áreas con ML</b>                     |         |         |         |         |        |
| Censos                                  | x       | x       | x       | x       | x      |
| Erradicaciones                          | x       | x       | x       | x       | x      |
| Aplicaciones control químico/biológico  |         | x       | x       | x       |        |
| Erradicación de focos                   |         | x       | x       | x       |        |
| <b>Total costo áreas con ML (\$/ha)</b> | 126.266 | 423.478 | 322.957 | 205.759 | 65.032 |
| <b>Áreas sin presencia de ML</b>        |         |         |         |         |        |
| Censo                                   | x       | x       | x       | x       | x      |
| <b>Total costo áreas sin ML (\$/ha)</b> | 28.884  | 53.176  | 48.550  | 40.500  | 31.357 |



**Cenipalma**  
Exposición en 11/03 por con AMRQ  
Palmira Obtenida

Desarrollado por  
**3.1 Tasa**  
desarrollado por  
Instituto de  
Agropecuario

**EXPOSICIÓN NACIONAL**

