



Informe anual 2022



COMITÉ NACIONAL

Ministro de Hacienda y Crédito Público

José Antonio Ocampo Gaviria

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Cecilia López Montaña

Ministro de Comercio, Industria y Turismo

Germán Umaña Mendoza

Director del Departamento Nacional de Planeación

Jorge Iván González

Representante del Gobierno en Asuntos Cafeteros

Marcela Uruña Gómez

Período 1° enero/2019 - 31 diciembre/2022

Jorge Alberto Posada Saldarriaga (Antioquia)

José Alirio Barreto Buitrago (Boyacá)

Eugenio Vélez Uribe (Caldas)

Daniilo Reinaldo Vivas Ramos (Cauca)

Juan Camilo Villazón Tafur (Cesar-Guajira)

Javier Bohórquez Bohórquez (Cundinamarca)

Ruber Bustos Ramirez (Huila)

Javier Mauricio Tovar Casas (Magdalena)

Jesús Armando Benavides Portilla (Nariño)

Armando Amaya Álvarez (Norte de Santander)

Carlos Alberto Cardona Cardona (Quindío)

Luis Miguel Ramírez Colorado (Risaralda)

Héctor Santos Galvis (Santander)

Luis Javier Trujillo Buitrago (Tolima)

Camilo Restrepo Osorio (Valle)

Gerente General

Roberto Vélez Vallejo

Gerente Administrativo y Financiero

Juan Camilo Becerra Botero

Gerente Comercial

Juan Camilo Ramos Mejía

Gerente Técnico

Hernando Duque Orrego

Director Investigación Científica y Tecnológica

Álvaro León Gaitán Bustamante

Comité editorial

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.

Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

José Ricardo Acuña Z.

Ph.D. Biólogo. Fisiología Vegetal, Cenicafé

Diana María Molina V.

Ph.D. Bacterióloga. Mejoramiento Genético, Cenicafé

Luis Fernando Salazar G.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé

Sandra Milena Marín L.

Secretaría Técnica Comité Editorial, revisión de textos y corrección de estilo
M.Sc., Esp., Ing. Agrónoma. Divulgación y Transferencia, Cenicafé

Diseño y diagramación

Luz Adriana Álvarez M.

Figuras

Santiago Aranzazu O.

Luz Adriana Álvarez M.

Fotografías

Página 5, Jorge Willmar Valencia G.

Página 87, Santiago Jaramillo C.

Página 173, www.freepik.es - @pressfoto

Archivo Cenicafé

Impresión

ISSN - 2145-521X

ISSN - 2744-9211 (En línea)

DOI 10.38141/10783/2022

Cómo citar:

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2022). Informe Anual Cenicafé 2022.

<https://doi.org/10.38141/10783/2022>



Contenido

Resumen
ejecutivo

5

Disciplinas
de investigación

17

Agroclimatología 19
Biometría 33
Calidad 34
Economía Agrícola 44
Entomología 49
Experimentación 66
Fisiología Vegetal 68
Fitopatología 74
Fitotecnia 87
Mejoramiento Genético 101
Poscosecha 138
Suelos 153

Disciplinas
de apoyo a la
investigación

169

Divulgación y
Transferencia 171
Tecnología de Información
y Comunicaciones 173

Recursos
humanos
y financieros

183



Resumen ejecutivo





Centro Nacional de Investigaciones de Café

Investigación para una caficultura resiliente a la variabilidad climática

Siguiendo la directriz de proveer un Servicio de Investigación Científica y Tecnológica para todos los caficultores de Colombia, que responda a las necesidades e instrucciones impartidas por la Comisión de Producción del Congreso Nacional Cafetero, complementadas por inquietudes de los Comités Departamentales y con las iniciativas resultantes de la vigilancia tecnológica permanente realizada en la Federación Nacional de Cafeteros, Cenicafé ejecutó un Plan Operativo alineado con los propósitos de la Gerencia General de mejorar la rentabilidad de los cultivos, y de la Gerencia Técnica de aumentar la productividad, optimizar los costos de producción y propiciar un mayor valor del café por su calidad.

Para el 2022, el equipo de colaboradores de Cenicafé retomó en pleno sus actividades

tras la pandemia de la COVID-19 y bajo una ocurrencia prolongada del fenómeno de La Niña, con proyectos de investigación que aportaron ciencia e innovación a la estrategia “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad” de la Gerencia Técnica, enfocándose en resolver problemas de la caficultura y transfiriendo los resultados al Servicio de Extensión, su cliente principal, para contribuir a la promoción del cambio técnico desde la finca, que mejore las posibilidades de los cultivadores de aumentar sus ingresos mediante la adopción de nuevas prácticas e impacte así la producción nacional de café.

Adelantando el trabajo bajo un Sistema de Gestión Integral certificado, el proceso de desarrollar investigación científica se llevó a cabo priorizando la seguridad y la salud de los colaboradores del Centro y cuidando la sostenibilidad ambiental. El siguiente es el resumen de los avances más notables durante este año.

Conocimiento para mitigar el efecto del clima

Ante la condición de variabilidad climática interanual prevalente de la fase fría de El Niño Oscilación Sur (La Niña), la red meteorológica cafetera, con presencia en 20 departamentos, operó este año con 197 puestos de observación convencionales y 104 automáticos, registrando en varias estaciones precipitaciones que superaron en 30% a la media climática y acumulaciones en brillo solar inferiores al 80%.

Del análisis comparativo de los datos entre estaciones meteorológicas convencionales y automáticas, los estadísticos indican que 16 estaciones automáticas pueden dar continuidad a la serie histórica de humedad relativa de la estación convencional. Siguiendo el monitoreo de los componentes del balance hídrico en tres localidades para diferentes densidades de siembra y edades de cultivo, se reajustaron los porcentajes de lluvia efectiva, variando entre 20% y 88% para 10.000 plantas/ha de café a libre exposición en etapa productiva, entre 42% y 98% en etapa de zoca para lluvias menores a 0,5 mm y hasta mayores de 40 mm, respectivamente.

En el marco del trabajo colaborativo con el Instituto Internacional de Investigación del Clima (IRI), usando las herramientas CPT y PyCPT, se han generado pronósticos a nivel mensual del índice de disponibilidad hídrica (IDH), con predicciones acertadas de los períodos deficitarios a partir de la predicción de precipitación basada en modelos de circulación general.

Como parte del proyecto de CT&I BPIN 2020000100205, con recursos del Sistema General de Regalías, se usó como base el promedio histórico climático para construir siete índices agroclimáticos, los cuales permitieron agrupar a las fincas del departamento de Cundinamarca en nueve zonas agroclimáticas.

En cuanto a los estudios de los sistemas de café a libre exposición como sumideros de carbono, entre los meses 26 y 37 después del zoqueo se encontró un potencial de fijación de $6,27 \pm 0,25$ t ha⁻¹ de C, monitoreado con la técnica de covarianza de torbellinos. Las tasas promedio por año para el método directo fueron de 3,48 t ha⁻¹ de C contra 4,73 t ha⁻¹ de C del método indirecto.

Adicionalmente, se evidenció un comportamiento inversamente proporcional entre el déficit de presión de vapor y el potencial hídrico de las hojas de café, se evaluó el comportamiento de la temperatura del cultivo respecto a la temperatura ambiental y se realizó el seguimiento de la evapotranspiración de referencia, el déficit de presión de vapor y la humedad del suelo.

Diversidad genética para lograr la adaptación

Ante las condiciones favorables para su dispersión, la roya ha evolucionado provocando incrementos en incidencia y severidad en las líneas que conforman las variedades Cenicafé 1 y Castillo® Zonales, sin que hasta la fecha esto constituya la pérdida de la resistencia en condiciones de campo. No obstante, con el objetivo de reforzar la estrategia de diversidad genética de las variedades desarrolladas por Cenicafé y para seguir manteniendo la resistencia durable en el campo, se optó por recomponer estas variedades mediante la adición de líneas mejoradas que, además de excelentes atributos agronómicos, cuentan con fuentes de resistencia a la roya diferentes a las presentes en las variedades comerciales actuales.

De esta manera, Cenicafé 1 quedó conformada por 13 líneas y las Castillo® Zonales por 18 componentes. Así mismo, con el objetivo de que los caficultores colombianos y los extensionistas puedan relacionarse de primera mano con estas variedades, se establecieron nueve parcelas de Investigación Participativa

(IPA) a lo largo de toda la geografía cafetera de Colombia.

Se continúa el programa de cruzamientos y avance generacional orientado a la incorporación de nuevas fuentes de resistencia contra la roya, diferentes a las que poseen las variedades comerciales actuales, así como poblaciones mejoradas para resistencia a CBD y con efecto de antibiosis a broca. En relación con la broca, este año se seleccionaron 25 plantas F2 y 59 poblaciones F3, las cuales además de ser resistentes a la roya, presentaron oviposición de la broca entre 13% y 30% menor, comparada con los testigos.

Este año finalizó la caracterización agronómica y de calidad sensorial del germoplasma etíope de la Colección Colombiana de Café. Se encontró que el 25% de las accesiones evaluadas presentan una producción que supera el techo reportado para *C. arabica* hasta la fecha. En términos de calidad en taza, 100 genotipos se destacaron por presentar atributos sensoriales excepcionales, lo cual permitiría diversificar el perfil sensorial del café de Colombia a través de variedades destacadas por este atributo.

El ICA otorgó los derechos de obtentor de variedad para las progenies que conforman la variedad Cenicafé 1 y una progenie de la variedad Castillo Zona Centro. Además, se adelantó el trámite para solicitar el registro de las variedades Cenicafé 1, Castillo® Zonales y Tabi en el registro nacional de cultivares.

De esta semilla mejorada, hasta septiembre se distribuyeron 91.926 kg, con un cumplimiento del ANS del 80%, debido al efecto de la condición climática desfavorable. En semilla de bolsa este volumen correspondió a 83.687 kg, mientras que en semilla tipo “Comités”, destinada específicamente a germinadores comunitarios elaborados por los Comités de Cafeteros, fueron 8.239 kg. Por variedad, el 58% fue de Cenicafé 1, el 12% de Castillo® Zona Centro, el 9% de Castillo® Zona Sur, el

8% de Castillo® Zona Norte y restante en las otras variedades del Centro. Por procedencia, el 42% se produjo en la Estación Experimental Naranjal, 19% en la Estación La Catalina, el 17% en la Estación La Trinidad y el 11% en Paraguaicito.

Manejo integrado para restablecer la sanidad fitosanitaria

Para avanzar en el entendimiento del comportamiento de la roya del cafeto en Colombia, se continuaron estudios de variabilidad patogénica, genética y genómica de aislamientos y poblaciones en variedades de café susceptibles, resistentes y germoplasma de interés, y se desarrollaron ocho marcadores moleculares de ADN específicos con potencial para separar grupos genéticos del hongo. Se están caracterizando al menos diez nuevas razas o variantes para Colombia con genotipos complejos de virulencia. El ensamblaje del nuevo genoma de referencia de la roya, con tamaño aproximado de 760 Mbp, fue mejorado, complementando la anotación funcional con evidencia experimental.

En cuanto a gotera, se desarrolló un diagrama de área estándar para medir severidad en hojas y frutos afectados, y se finalizaron análisis epidemiológicos de experimentos ubicados en Cauca y Boyacá. De otro lado, a partir de listados oficiales del ICA, 2.837 de fungicidas químicos registrados y 356 biocontroladores, se seleccionaron para evaluación 35 productos que puedan emplearse en el tratamiento de focos y plan de choque, en caso de presentarse en Colombia la enfermedad de los frutos o cerezas del café, CBD. Se avanza igualmente en la validación y transferencia al ICA del nuevo método de detección del hongo causante de CBD, para prevenir su ingreso a Colombia.

Considerando los temas regulatorios, ambientales y de mercado que están limitando

o restringiendo el uso de algunos productos en café, se iniciaron tres investigaciones sobre evaluación y validación de nuevas alternativas de fungicidas químicos y biológicos, en convenio con compañías privadas.

En la investigación sobre la broca del café, se están mejorando los métodos de cría en laboratorio de este insecto y de dos avispas parasitoides de origen africano, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*. Los genomas de referencia de estas avispas fueron secuenciados y ensamblados con el fin de iniciar estudios de mejoramiento genético. Estos parasitoides han permitido controlar la broca en una estrategia *area-wide* en el campo. En control genético, fue corroborada la tolerancia a la broca de materiales híbridos de café, los cuales son más productivos que las variedades comerciales y se está realizando silenciamiento de expresión de dos genes, en la planta de café, asociados con la producción de dos volátiles clave en la interacción planta-insecto. Se desarrolló un sistema de silenciamiento de genes vitales para la broca a través del cultivo y modificación de bacterias simbioses del tracto digestivo del insecto.

Existe potencial de uso de drones en la caficultura dado que se encontraron eficacias biológicas comparables con las técnicas actuales de aspersión. Durante la retención de pases de cosecha se identificó que los ataques de la broca provienen de los frutos infestados del árbol y en menor medida del suelo, y están en evaluación alternativas que permitan a los caficultores usar lonas y retención de pases incluso con infestaciones mayores al 2%.

Se encontró la asociación mutualista de las cochinillas de las raíces de café a hongos basidiocarpos, evidente a los once meses después de sembradas las plantas. Como consecuencia de esta asociación se afecta la epidermis de la raíz, la corteza y el cilindro vascular, resultando en clorosis, marchitez y muerte de las plantas. Para el control de esta plaga se seleccionaron insecticidas eficaces

en el laboratorio, dos de origen botánico, uno biológico, uno mineral y tres químicos.

En Nariño fue identificado y caracterizado el daño causado por el picudo quebrador de ramas del café, *Ecnomorhismus quasimodus*, que está siendo controlando por enemigos naturales, especialmente la avispa parasitoide de huevos *Heterospilus* sp. Por primera vez en café, se reportaron los ataques de caracol gigante africano *Achatina fulica* en Quindío; el control se realiza con trampas de capturas y tratamiento en fosas. Fueron preservadas 311 cepas de hongos que controlan plagas del café y microorganismos que fijan fosfatos en el suelo.

En el estudio de la evaluación de equipos y métodos de aplicación de herbicidas para el control de arvenses en el cultivo del café, se evidenció que mediante el uso del selector de arvenses con ruedas es posible obtener ahorros en la cantidad de agua y herbicida, aún frente al selector de arvenses convencional; adicionalmente, se demostró que algunos equipos eléctricos y reguladores de presión pueden ser incluidos en el Manejo Integrado de Arvenses (MIA). En cuanto a las alternativas para el control químico de arvenses, se han identificado opciones seguras que además de disminuir la dosis de glifosato hasta 50%, mejoran su control.

Sistemas de producción para amortiguar la variabilidad

La conductancia hidráulica de la hoja de café es el principal impedimento para maximizar el intercambio gaseoso y su tasa fotosintética. La medición de la conductancia foliar de 42 accesiones de la colección núcleo de germoplasma de *Coffea* sp. indicó que las accesiones E069, Rume-Sudán, Dalecho.TC, ET06, E149, S17.Irgalem, *Coffea canephora* y Catuaí están dentro del grupo conductancia foliar muy alta. Las ocho líneas de la variedad Cenicafé 1 se clasificaron dentro del grupo de conductancia muy alta

(25,0%), alta (37,5%) y moderada (37,5%), lo cual es muy relevante para el desempeño fotosintético de esta variedad.

La densidad de siembra demostró su efecto sobre la producción de café en la variedad Cenicafé 1 en El Tambo, con una producción promedio acumulada de 18.712 kg ha⁻¹ de café cereza (cc), con 10.000 plantas/ha. Con la misma variedad en la Estación Naranjal, se establecieron 14 densidades de siembra desde 2.500 hasta 15.625 plantas/ha, para las cuales se observan registros de producción que alcanzaron 14.212,5 kg y 15.612,5 kg de café pergamino seco por hectárea, con 9.426 y 10.412 plantas/ha, respectivamente.

Usando podas calavera y pulmón, los registros de producción de café cereza por parcela, en tres localidades durante el año 2022, mostraron el efecto de los años improductivos, cuando se realizan renovaciones con podas calavera o pulmón cada dos o tres años de manera recurrente, así como el aumento en la pérdida de sitios productivos con cada intervención, demostrando que son métodos de renovación temporales, recomendados únicamente para ordenar la estructura de edades y estabilizar la producción. El análisis económico de diferentes sistemas de manejo en el cultivo del café, indicó que la producción acumulada es superior para el sistema de zoca tradicional, con los sistemas de zoca pulmón y calavera se registraron producciones inferiores en 36% y 22%, respectivamente, y con el sistema de safra cero una producción acumulada 57% inferior respecto al referente de zoca tradicional.

En el mantenimiento de los árboles en los sistemas agroforestales con café, en donde deben considerarse aspectos de seguridad de las personas, normativa ambiental y costos de la labor, los indicadores de rendimiento en la Estación El Rosario, reportaron valores promedio entre 0,3 a 0,9 jornales/árbol según la especie, la edad y el sistema de producción. Se avanzó en la conformación de las bases de

datos para determinar la eficiencia técnica y asignativa de caficultores en el departamento de Caldas, que permitirá conocer información socioeconómica y del proceso de toma de decisiones en los sistemas de producción.

Así mismo, en sistemas intercalados con café, el potencial productivo y la calidad nutricional de líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado, en las localidades de La Catalina, El Rosario y El Tambo, no mostró diferencias significativas en el rendimiento de las líneas y los testigos. Se destacan las líneas BNA 8 y BNA 21 con rendimientos promedio de 2.197 kg ha⁻¹ y 2.208 kg ha⁻¹, respectivamente, y contenidos de hierro de hasta 82,08 mg kg⁻¹.

Se encontró que la aplicación de riego puede reducir la producción de café en 10%, resultado relacionado principalmente con la disminución en la magnitud del estrés hídrico requerido para inducir la floración. En razón de las altas lluvias ocurridas durante este período, no se pudieron aplicar los tratamientos que buscan determinar el efecto de los sistemas de riego por goteo y aspersión bajo sombra.

Los resultados de la investigación de alternativas de fertilización con fósforo durante la etapa de establecimiento de café indican que este nutriente puede estar disponible en el suelo para la planta, aún 24 meses después de su aplicación en la siembra, especialmente cuando el fertilizante se aplica en forma localizada; pese a lo anterior, durante este período solo en una de las cuatro localidades donde se lleva a cabo el estudio se encontró efecto del suministro de fósforo en la producción.

Mediante la aplicación de la biomasa de guandul y tephrosia (leguminosas que se establecieron entre los surcos del café durante la fase de crecimiento del cultivo), se puede abastecer potencialmente a las plantas de nitrógeno y potasio requeridos durante el

primer año. Se aplicaron los tratamientos correspondientes a dos proyectos que tienen como objetivo evaluar el efecto del yeso y la pulpa de café en la siembra.

En las Estaciones Experimentales de Cenicafé están cultivadas en café 164,89 ha, con un 47% destinado a la producción de semilla de variedades Castillo®, Castillo® Regional, Cenicafé 1, Castillo® Zonales y Tabi; 22% se dedicaron a proyectos de investigación y el 31% hacen parte del parque experimental. Se desarrollaron 128 réplicas de investigaciones, principalmente en Naranjal, Paraguaicito, El Tambo y La Catalina, además de siete réplicas de investigación en fincas de caficultores ubicadas en el área de influencia de las Estaciones, sobresaliendo el apoyo de San Antonio y Naranjal.

Soporte científico para mejorar la calidad

Se continúa la caracterización del café según su origen geográfico. Con respecto al café producido en los ecotopos cafeteros, la proporción de muestras sin defectos sensoriales fue de 74% y el promedio del puntaje total fue 81,4 con valor máximo de 86,0. En las actividades de la caracterización de la calidad del café del departamento Cesar, se analizaron un total de 1.647 muestras en la primera cosecha, con un 70,6% que no presentó defectos sensoriales. Por su parte, en el departamento de Quindío, se completó el análisis de 224 muestras, y de éstas el 78% no tuvieron defectos sensoriales.

Los modelos de identificación de procedencias de muestras de café a partir de huellas espectrales NIRS, siguen soportando la influencia de las características de clima e idiosincrasia de zonas o regiones geográficas amplias en la acumulación de compuestos químicos en el grano, de acuerdo con métodos de clasificación supervisados (máquinas de vector soporte y clasificador Naive Bayes), y no supervisados (algoritmo K-means). En cuanto

a la diferenciación del café por procesos, las prácticas 7P® realizadas por caficultores de Isnos (Huila), con el apoyo del Servicio de Extensión del departamento y Cenicafé, han resultado el 100% de las muestras con taza limpia, frente a 66,7% cuando se realizan variaciones en recibo, fermentación, lavado y secado, lo que refuerza a las 7P® como una estrategia acertada para producir consistentemente café de buena calidad.

Se obtuvieron avances importantes en la descripción de la composición y la dinámica microbiana durante el proceso de degradación del mucílago por fermentación natural, tanto en Cesar como en Quindío, en condiciones de finca y usando bioreactores.

Modelos desarrollados mediante la técnica NIRS pudieron detectar en café almendra verde y pergamino, la presencia de defectos sensoriales, con porcentajes de acierto de 83,5% para el primero, y de 93,5% para el segundo. Así mismo, en convenio con la Universidad Tecnológica de Pereira, se está avanzando en la implementación de la metodología para la determinación de acrilamida en café tostado según la norma ISO 18862.

Innovación en cosecha y beneficio para preservar la sostenibilidad

El análisis económico de la retención de pases en combinación con el empleo de lonas en la recolección de café, indicó en El Tambo (Cauca) que pudo recolectarse el 60,56% del flujo de café anual con recolección asistida, logrando un incremento de la productividad de la mano de obra del 19,03%, lo cual representó excedentes de 3,96% para el caficultor, frente al costo incurrido en recolección convencional; en Chinchiná, Caldas, pudo acopiarse el 39,5% del café anual, logrando incrementos en la eficiencia del 43,8%, lo cual condujo a excedentes anuales de 4,8% para el caficultor, mientras que en Pueblo Bello (Cesar), se

recolectó el 84,8%, con un incremento del 20,7% de la eficiencia, determinando beneficios por 6,71%.

Continuó el desarrollo de pecheros para la separación de frutos verdes en el despulpado de café, utilizando herramientas como el diseño asistido por computador, impresión 3D para plástico y un centro de maquinado con Control Numérico Computarizado (CNC). Las innovaciones en proceso de patente incluyen canales individuales, verticales paralelos y compuertas basculantes, que cumplen con la norma NTC2090 y también mejoran la eficiencia del proceso de despulpado. El desarrollo está conformado por módulos con capacidad de 600 kg h⁻¹ de frutos de café, con los que se construyeron prototipos con capacidades de 600, 1.200, 1.800 y 2.400 kg h⁻¹.

El objetivo de cero descargas en el manejo y tratamiento de las aguas residuales provenientes de lixiviación de la pulpa, del tanque tina o de la tecnología Ecomill®, se ha alcanzado con los filtros verdes, con cubierta plástica transparente, suelo impermeabilizado y sembrado con pasto vetiver. Esta reducción total del impacto ambiental por beneficio de café se obtiene a través de la alta evapotranspiración que ofrece el pasto mencionado en esas condiciones (23,69 L día⁻¹).

En el secado de café se determinó que si se mantienen los flujos de aire y combustible para obtener una combustión limpia (llama azul) con el tipo de gas utilizado, la combustión directa del gas licuado de petróleo (GLP) no contamina los granos de café ni afecta la calidad de la bebida.

La clasificación rápida de café lavado de acuerdo con la calidad física de los granos continuó con tecnologías de análisis de imágenes y visión artificial. Se avanzó en la construcción de un banco de pruebas para el sistema de clasificación hidráulica de alta capacidad de frutos de café.

En la evaluación del efecto de diferentes empaques y condiciones de almacenamiento para el café almendra verde, se encontró que a los 240 días, en un sitio con condiciones promedio de temperatura de 29,9°C y humedad relativa de 61%, el café almacenado en fique y papel aumenta su humedad y actividad del agua.

Tecnología para conectar e informar

El equipo de TIC de Cenicafé continuó con el soporte al Sistema de Información y Gestión Administrativa de proyectos (SIGA), así como a los portales de Cenicafé y de Agroclima, manteniendo permanentemente la infraestructura tecnológica en las sedes para que investigadores, extensionistas y la comunidad cafetera puedan tener acceso continuo a los productos del Centro y a las conexiones virtuales que faciliten la transferencia de conocimientos. Paralelamente, se actualizaron los aplicativos de diagnóstico continuado de balance hídrico y de broca y roya; adicionalmente, se crearon nuevas aplicaciones para la caracterización agroclimática y la administración de Boletín Agrometeorológico Cafetero.

Por su parte, el Centro de Documentación de Cenicafé ha seguido adelantando el cambio tecnológico de la biblioteca, tanto para los investigadores generadores del contenido técnico, como para los usuarios internos y externos, con 257 DOI asignados, 72 publicaciones con Crossmark, trámites de registro en Funder registry y ROR, digitalización de 931 archivos en pdf, edición de los seminarios como una publicación seriada, dos convenios interbibliotecarios y atención de más de 1.400 chats corporativos.

Las labores de divulgación y transferencia estuvieron centradas en las publicaciones de 12 Avances Técnicos, dos números de la Revista Cenicafé, el Boletín Técnico No. 47 sobre el Modelo de simulación para el comportamiento de la infestación por

broca en el cultivo del café, 12 Boletines Agrometeorológicos Cafeteros, cuatro Boletines Fitosanitarios, el Anuario Meteorológico Cafetero 2020, nueve libros, que incluyen la tercera edición de la Guía Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad, y 20 volantes técnicos.

Durante el 2022 Cenicafé participó presencialmente en la 3ª Feria de Maquinaria Agrícola en Bucaramanga (Santander), la Feria de Cafés Especiales del Cauca, la Feria Expo Eje 2022 en Montenegro (Quindío), Cafés de Colombia Expo 2022 en Bogotá, así como en la actividad virtual 2da Feria Internacional de Innovación Agropecuaria.

En esta vigencia se reanudaron las atenciones presenciales a caficultores, instituciones gremiales y estudiantes, donde se recibieron 543 visitantes en 32 actividades, de las cuales resaltan los días de campo en la Estación Experimental Naranjal con los delegados de las Secretarías de Agricultura de varios departamentos, así como las jornadas con el Subcomité Técnico, los Directores Ejecutivos y el Comité Directivo de la FNC. En el apoyo al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé, se recibieron 4.664 visitantes en las Estaciones Experimentales, un 284% más que en el período anterior, con el 52% de ellos correspondiente a Caficultores.

Cenicafé siguió creciendo su presencia en el ciberespacio. La página de Cenicafé tuvo 110.028 usuarios y 898.728 visualizaciones. El 66% de las personas que consultaron la página son de Colombia, con visitantes de Estados Unidos, México, Perú y Venezuela, principalmente. Por su parte, la página Agroclima.Cenicafé.org tuvo 20.803 usuarios y 184.823 visualizaciones.

Como estrategia virtual para la divulgación de las publicaciones, tecnologías y eventos, a través de su canal de YouTube, Cenicafé realizó 22 Seminarios Científicos virtuales, 15 videos

de *Un Minuto de Avance Cenicafé*, ocho Cafetips y nueve vídeos Tutoriales, con 640.800 visualizaciones y 3.560 suscriptores, con un aumento del 30% con respecto al 2021. En la cuenta de Twitter (@Cenicafe) se llegó a 5.810 seguidores (aumento del 11,4%) y 135.765 visualizaciones, en Instagram (Cenicafe) se alcanzaron 5.311 seguidores (aumento del 27%) y 134.545 visualizaciones, y en Facebook (Cenicafe FNC) se contó con 7.300 seguidores y más de 974.000 visualizaciones.

Esta actividad se complementó con el envío de correos electrónicos, motivando el ingreso a las diferentes secciones del portal de Cenicafé mediante el *Tome Nota* y las invitaciones a los seminarios científicos a los suscriptores del portal y al Servicio de Extensión. En cuanto a la distribución física de publicaciones se entregaron 84.631 ejemplares a Comités de Cafeteros, caficultores y demás colaboradores de la FNC. En total, durante el período octubre 2021 – septiembre 2022, Cenicafé tuvo más de 3.400.000 visualizaciones de sus publicaciones a través de las páginas web, redes sociales, correos electrónicos y entrega física de las publicaciones.

Gestión para una operación eficiente y segura

El principal ingreso de Cenicafé es la transferencia que le realiza la Federación de Cafeteros (FNC) para el desarrollo de los proyectos de Investigación y Experimentación Científica, que se mantuvo en \$23.171 millones. Adicionalmente ingresaron \$6.535 millones por aprovechamientos, incluidos \$5.000 millones por venta de semilla a los Comités de Cafeteros, los cuales financian exclusivamente a este programa. El presupuesto de convenios de cofinanciación ascendió a \$843 millones representados en ocho convenios de investigación con terceros.

Al cierre del período, Cenicafé contaba con 191 colaboradores en las disciplinas

de investigación y apoyo del Centro (65% de hombres y 35% de mujeres). El 63% de los colaboradores del Centro cuenta con formación superior, de los cuales el 66% tiene formación posgradual. Se tramitaron 2.525 órdenes de compra, por valor de \$15.671 millones, correspondientes a 2.382 procesos en la plataforma NEON y negociaciones con 449 proveedores, cuyos representantes legales fueron consultados por el área de Gestión de Riesgos de la FNC en las Listas Públicas de Control. El 99,5% de los proveedores fueron evaluados como confiables y altamente confiables. Se gestionaron 56 procesos contractuales.

Cenicafé cuenta con 5.023 activos tangibles, adquiridos con recursos propios, de convenios y del Fondo Nacional del Café, de los cuales se logró inventariar el 98%, mediante un ejercicio de administración de los activos fijos con la participación de todos los colaboradores del Centro. El área de mantenimiento apoyó el proceso desarrollar investigación científica y tecnológica, atendiendo los requerimientos de las diferentes disciplinas y asegurando el correcto funcionamiento de los equipos, parque automotor, red climática e infraestructura.

El funcionamiento de Cenicafé ha seguido orientado por su Sistema de Gestión Integral (SGI), que mantiene su certificación en las

normas ISO 9001:2015, ISO14001:2015 e ISO 45001:2018, fortaleciéndose en un proceso de mejora continua para desarrollar investigación científica y tecnológica, preservando el medio ambiente y trabajando en condiciones de seguridad y salud de los colaboradores, contratistas y visitantes.

Este año marcó la superación de las condiciones restrictivas de la pandemia de COVID-19, que logramos sortear preservando la vida de nuestros compañeros, avanzando en las responsabilidades de investigación que nos fueron encomendadas y generando nuevos espacios y fortalezas, de la mano de la Gerencia Técnica, del Servicio de Salud de la FNC, y con un apoyo enorme del Servicio de Extensión y de muchos caficultores en todo el país.

En la transición hacia las actividades presenciales de una nueva normalidad, concretamos experiencias y ganancias para llegar de manera más oportuna y eficiente a la caficultura, e impactar los sistemas de producción de café, que son los pilares en los que Colombia ha soportado las condiciones adversas de La Niña prolongada 2020-2022. La variabilidad climática es un factor cada vez más determinante en la rentabilidad cafetera y la investigación científica relevante es la vía para mantenerla viable y sostenible. Encontrar esas soluciones sigue siendo la misión de Cenicafé.

Álvaro Gaitán B.
Director
Octubre de 2022



Disciplinas de investigación



Stemi 305

ZEISS



AGROCLIMATOLOGÍA

Monitoreo meteorológico y servicio agroclimático. ACL101007

La Red Climática Cafetera estuvo conformada por 197 puestos de observación convencionales y 104 automáticos. La red tiene presencia en 20 departamentos. Los datos e información derivada son gestionados a través de la plataforma agroclimática cafetera (<https://agroclima.cenicafe.org>). La condición de variabilidad climática interanual que prevaleció fue la fase fría de El Niño Oscilación Sur - “La Niña”, con respuesta de nuestra red a su intensificación, principalmente en el primer semestre de 2022. Con relación a la precipitación, varias estaciones principales experimentaron aportes superiores al 30% de lo climatológico (Tabla 1). Respecto al brillo solar, todas las estaciones presentaron menor oferta de horas de sol, la mayoría con acumulados inferiores al 80% del valor histórico (Tabla 2). Con relación a la temperatura máxima, el cuatrimestre junio-septiembre de 2022, experimentó la mayor condición de enfriamiento (Tabla 3), mientras que, para la temperatura mínima, fueron marzo y junio de 2022 (Tabla 4). Junio de 2022 experimentó, para la mayoría de las estaciones, las mayores anomalías de las variables analizadas. De manera anticipatoria, los boletines agroclimáticos cafeteros emitidos en el período (Números 74 a 85

<https://agroclima.cenicafe.org/web/guest/boletin-agrometeorologico>), advirtieron sobre la evolución del evento y las recomendaciones clave a realizar en los cultivos en las diferentes regiones cafeteras. Hasta el trimestre diciembre de 2022 y febrero de 2023 se espera continúen las condiciones de La Niña, con probabilidades por encima del 60%.

Determinación del factor de corrección para las variables temperatura, humedad relativa y precipitación, registrada en la estación automática con respecto a las registradas en la estación convencional. ACL101010

Se realizó un análisis comparativo de los datos de humedad relativa observados por 33 estaciones meteorológicas convencionales (EMC) y automáticas (EMA), que funcionaron en paralelo, entre el 2014 y 2019, para probar su desempeño y ajustar los datos de humedad relativa de la EMA, con el fin de asegurar la continuidad de la serie histórica de la EMC. En el análisis estadístico se hallaron el sesgo promedio (EMC – EMA), el porcentaje de días en los que la diferencia entre las humedades relativas diarias fuera $>-10\%$ y $<10\%$ (PR10) y el índice de concordancia (d) para una serie de calibración y validación. El método para calcular la humedad relativa

Tabla 1. Comportamiento de la precipitación (mm), desviación con relación a la climatología (>, cambio significativo positivo; <, cambio significativo negativo; =, sin cambio estadístico).

		Cesar	Santander	Antioquia	Caldas	Caldas	Tolima	Risaralda	Quindío	Cauca
		Valledupar	Floridablanca	Venecia	Chinchiná	Chinchiná	Líbano	Pereira	Buenavista	El Tambo
Año	Mes	Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	Cenicafé	Naranjal	La Trinidad	La Catalina	Paraguacito	Manuel Mejía
2021	Octubre	>	<	>	<	<	=	>	=	=
2021	Noviembre	=	<	>	<	<	=	>	>	>
2021	Diciembre	<	=	=	=	<	<	<	<	>
2022	Enero	=	<	>	>	>	>	=	>	>
2022	Febrero	=	>	>	=	>	>	>	>	>
2022	Marzo	=	=	>	>	>	>	>	>	>
2022	Abril	>	>	>	=	>	=	>	>	=
2022	Mayo	<	<	=	>	<	=	<	<	<
2022	Junio	>	>	>	>	>	>	>	>	>
2022	Julio	=	>	>	=	=	=	>	=	>
2022	Agosto	>	=	>	=	<	=	>	>	=
2022	Septiembre	>	>	>	<	<	<	>	=	>
Normal	1990-2019	2.042	1.519	2.644	2.629	2.939	2.185	2.282	2.199	2.078
Anomalía	2021-2022	466	9	1.191	197	21	426	787	517	825

Tabla 2. Comportamiento del brillo solar (horas), desviación con relación a la climatología (1990 – 2019) (>, cambio significativo positivo; <, cambio significativo negativo; =, sin cambio estadístico).

		Cesar	Santander	Antioquia	Caldas	Tolima	Risaralda	Quindío	Cauca
		Valledupar	Floridablanca	Venecia	Chinchiná	Libano	Pereira	Buenavista	El Tambo
Año	Mes	Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	Naranjal	La Trinidad	La Catalina	Paraguacito	Manuel Mejía
2021	Agosto			<		<			
2021	Septiembre	<	<	=	=	=	=	>	<
2021	Octubre	=	<	<	<	=	=	=	<
2021	Noviembre	>	=	<	<	=	<	<	<
2021	Diciembre	=	<	<	<	<	<	<	<
2022	Enero	=	<	<	<	<	<	<	<
2022	Febrero	=	<	<	<	<	<	<	<
2022	Marzo	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Abril	=	<	<	<	<	<	<	<
2022	Mayo	=	<	<	<	<	<	<	<
2022	Junio	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Julio	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Agosto	<	<		<		<	<	<
Normal	1990-2019	2.313	1.304	1.935	1.636	1.534	1.621	1.635	1.662
Anomalía	2021-2022	-119	-315	-489	-298	-398	-356	-288	-423

Tabla 3. Comportamiento de la temperatura máxima (°C), promedio mensual, entre oct/2021 y sep/2022 y su relación con la climatología (1990 – 2019).

		Cesar	Santander	Antioquia	Caldas	Caldas	Tolima	Risaralda	Quindío	Cauca
		Valledupar	Floridablanca	Venecia	Chinchiná	Chinchiná	Líbano	Pereira	Buenavista	El Tambo
Año	Mes	Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	Cenicafé	Naranjal	La Trinidad	La Catalina	Paraguaitico	Manuel Mejía
2021	Octubre	>	=	=	<	<	<	>	<	<
2021	Noviembre	>	=	<	<	<	<	=	<	<
2021	Diciembre	>	=	<	<	<	=	<	<	=
2022	Enero	=	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Febrero	=	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Marzo	=	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Abril	=	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Mayo	>	<	<	<	<	<	=	<	<
2022	Junio	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Julio	<	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Agosto	=	<	<	<	<	<	<	<	<
2022	Septiembre	=	<	<	<	<	<	<	<	<
Normal	1990-2019	27,1	23,8	25,3	28,0	26,9	24,9	27,3	28,2	24,4
Anomalía	2021-2022	0,2	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-0,9	-0,7	-1,0	-0,9

Tabla 4. Comportamiento de la temperatura mínima (°C), promedio mensual, entre oct/2021 y sep/2022 y su relación con la climatología (1990 – 2019).

		Cesar	Santander	Antioquia	Caldas	Caldas	Tolima	Risaralda	Quindío	Cauca
		Valledupar	Floridablanca	Venecia	Chinchiná	Chinchiná	Líbano	Pereira	Buenavista	El Tambo
Año	Mes	Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	Cenicafé	Naranjal	La Trinidad	La Catalina	Paraguacito	Manuel Mejía
2021	Octubre	>	>	<	<	>	>	=	=	=
2021	Noviembre	<	=	<	<	=	>	>	=	<
2021	Diciembre	=	>	<	>	>	>	>	>	>
2022	Enero	=	=	<	<	=	>	=	<	=
2022	Febrero	<	<	<	<	<	=	=	<	=
2022	Marzo	<	<	<	<	<	=	<	<	=
2022	Abril	>	<	<	=	=	=	=	=	<
2022	Mayo	=	<	<	=	>	>	>	=	<
2022	Junio	>	<	<	<	<	=	<	<	<
2022	Julio	>	=	<	>	>	>	>	>	>
2022	Agosto	>	<	<	=	>	>	>	>	>
2022	Septiembre	>	<	<	=	=	>	=	>	<
Normal	1990-2019	15,9	16,9	16,7	17,1	17,1	16,7	17,4	17,2	14,6
Anomalía	2021-2022	0,3	-0,4	-1,0	-0,3	0,2	0,7	0,3	0,0	-0,2

media de la EMA que fue más consistente con la EMC, fue utilizando los 288 datos cincominutales. A la serie de diferencias de humedad relativa media entre EMC y EMA se aplicó la prueba de Homogeneización Normal Estándar, encontrando puntos de quiebre, lo cual indica que los datos no son homogéneos, principalmente por falta de metrología o calibración de los instrumentos. Los resultados del análisis estadístico indican que las series de las EMA requieren ajuste para preservar la continuidad de la serie de la EMC. Para mejorar los estadísticos se utilizó el Mapeo de Cuantiles (MC), el cual mejoró el sesgo promedio, el PR10 y el d en la serie de calibración de todas las estaciones. En humedad relativa media, 14 EMA pueden dar continuidad a la serie histórica de la EMC sin realizar ajuste a los datos (Figuras 1 y 2), dos EMA pueden dar continuidad, ajustando los datos con el MC, y 17 EMA tienen una serie independiente con respecto a la EMC.

Determinación del comportamiento sumidero o emisor de carbono de un sistema de producción de café a libre exposición. ACL103001

A partir de la medición del flujo de energía, agua, gases y carbono, mediante la implementación de la técnica de covarianza de torbellinos, en un sistema de producción de zoca de café en su segundo año de producción, ubicado en la Estación Experimental Paraguaicito (Quindío), pudo establecerse que, en el período analizado, entre el mes 26 y mes 37 después del zoqueo, el sistema continuó como sumidero de carbono, con un potencial de fijación de $6,27 \pm 0,25 \text{ t ha}^{-1}$ de C. La energía, medida como radiación neta, $251,5 \pm 6,6 \text{ W m}^{-2}$, se disipó en calor sensible entre 32% y 41% y en calor latente entre 58% y 66%. El coeficiente del cultivo (K_c) fluctuó entre 0,9 y 1,4. Después de seis muestreos directos en los cuales se realizaron evaluaciones fenológicas y se extrajeron los árboles para determinar la masa seca y el carbono fijado, se estableció que las variables comparadas tienen relación directa, con alto grado de correlación, destacándose el índice de área

foliar (IAF) vs el número de cruces (0,96), el IAF vs el carbono por planta (0,91), el tiempo térmico (TT) vs el número de cruces (0,98), TT vs IAF (0,91) y TT vs carbono por planta (0,91). Al comparar las técnicas de análisis, muestreo directo vs covarianza de torbellinos, se observa una tendencia del método indirecto a sobreestimar el carbono asimilado; las tasas promedio por año para el método directo fueron de $3,48 \text{ t ha}^{-1}$ de C contra $4,73 \text{ t ha}^{-1}$ de C del método indirecto (Tabla 5).

Estimación de los componentes del balance hídrico para el cultivo de café a libre exposición. ACL103004

Se realizó el monitoreo de los componentes del balance hídrico en tres localidades para diferentes densidades de siembra y edades de cultivo. Para una densidad de 10.000 plantas/ha, en café a libre exposición en etapa productiva, la lluvia efectiva varía entre el 20% y 88% para lluvias diarias menores a 0,5 mm y mayores a 40 mm, respectivamente, con un promedio del 70%; en etapa de zoca, la lluvia efectiva varía entre 42% y 98% en los mismos rangos. Para 7.140 plantas/ha, en etapa reproductiva corresponde al 87%, oscilando entre 18% y 92% según el rango de lluvia y en etapa de zoca intercalado con maíz, varía entre 19% y 85%, siendo menor cuando el cultivo de maíz está en su máximo desarrollo (Tabla 6). La humedad del suelo en las tres localidades estuvo cerca y por encima de capacidad de campo, con períodos deficitarios de corta duración y cantidad. Es necesario ajustar los valores límites del IDH para definir los períodos deficitarios. Se evidenció un comportamiento inversamente proporcional entre el déficit de presión de vapor y el potencial hídrico de las hojas de café (Figura 3). A partir de las mediciones de temperatura de las hojas de café se observó que la planta regula su temperatura ante la ocurrencia de valores máximos en el ambiente (Figura 4). La evapotranspiración de referencia calculada durante el período de estudio para Manuel Mejía varió entre $0,01$ y $5,98 \text{ mm día}^{-1}$, en Naranjal entre $0,44$ y $5,61 \text{ mm día}^{-1}$ y en Paraguaicito entre $0,07$ y $5,66 \text{ mm día}^{-1}$ (Tabla 7).

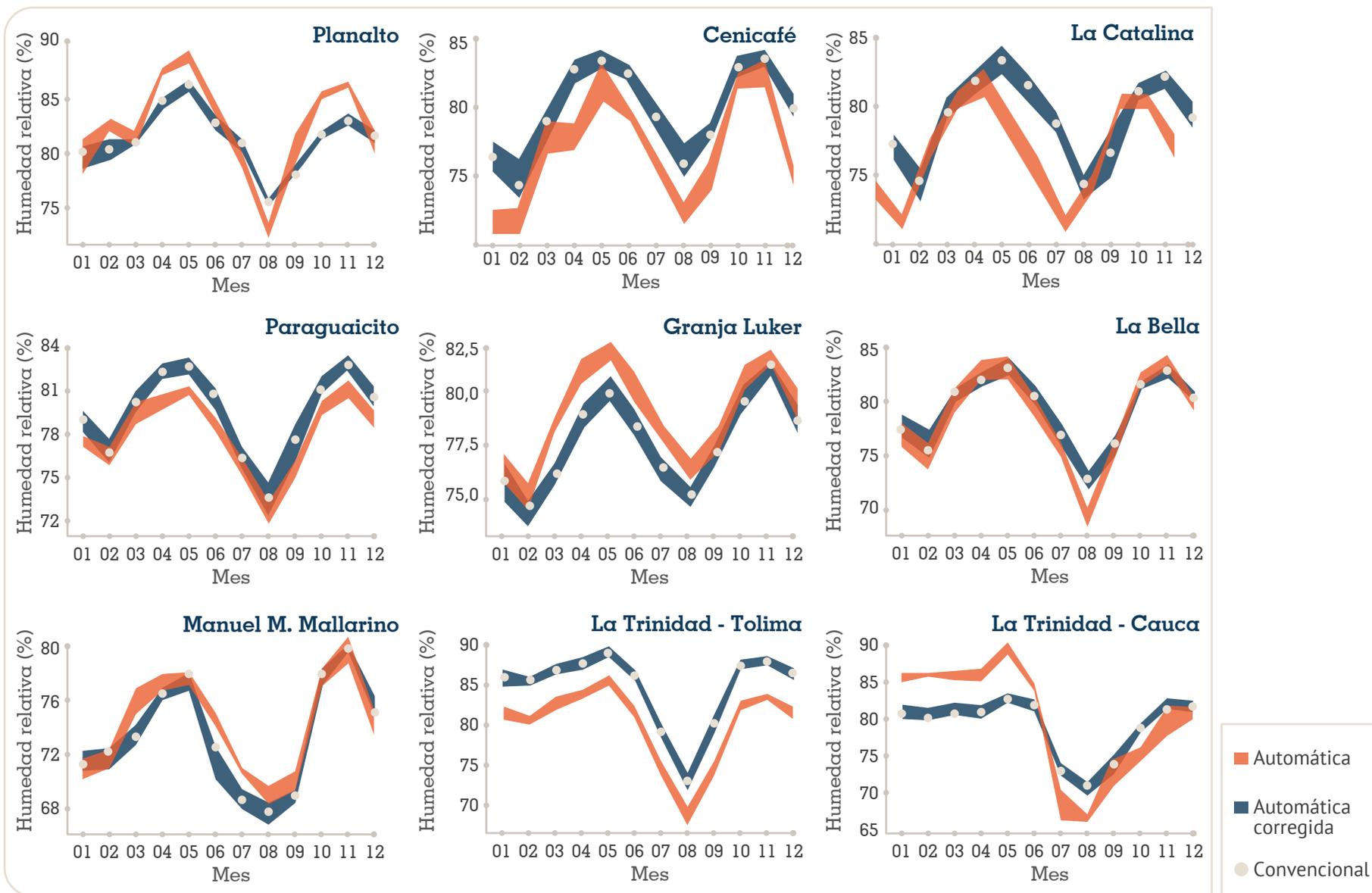


Figura 1. Humedad Relativa Media de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas antes y después de la corrección del sesgo por mapeo de cuantiles en la serie de calibración. La densidad del gráfico corresponde al error. Estaciones automáticas que pueden dar continuidad a la serie de humedad relativa de la estación convencional sin corregir su serie.

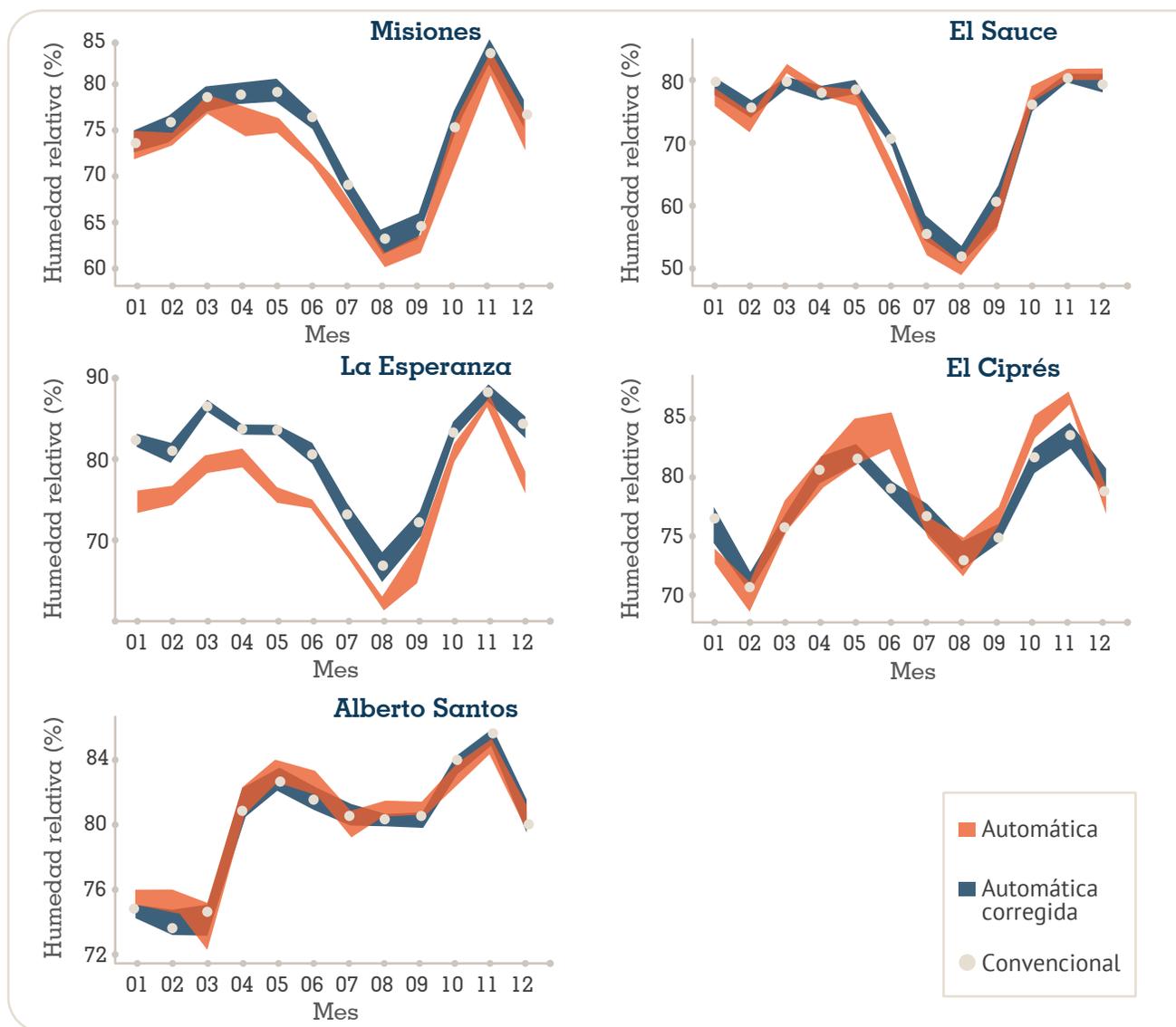


Figura 2. Humedad Relativa Media de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas, antes y después de la corrección del sesgo por mapeo de cuantiles en la serie de calibración. La densidad del gráfico corresponde al error. Estaciones automáticas que pueden dar continuidad a la serie de humedad relativa de la estación convencional sin corregir su serie.

Tabla 5. Tasa de incremento anual de la captura de carbono, por tipo de muestreo.

Tasa de incremento	t ha ⁻¹ de C		
Año	Café muestreo directo	Maíz muestreo directo	Café - Maíz Covarianza de torbellinos
1	3,11	4,79	3,19
2	4,14		4,72
3	3,19		6,27
Promedio	3,48	1,60	4,73

Tabla 6. Lluvia efectiva e interceptación acumulada diaria (expresadas en porcentaje de la lluvia externa) medido en los predios hidrológicos Manuel Mejía (El Tambo), Paraguaicito y Naranjal (Promedio \pm error estándar).

Estación/Etapa	Rango de lluvia	Interceptación (%)	Lluvia efectiva (%)	Error estándar
Manuel Mejía (Etapa reproductiva)	<0,5 mm	75,4	24,6	3,5
	0,5-1 mm	40,9	59,1	6
	1-5 mm	31,8	68,2	2,8
	5-10 mm	22,4	77,6	3,3
	10-20 mm	17,1	82,9	3,6
	20-30 mm	14	86	3,9
	30-40 mm	12,6	87,4	6,4
	>40	11,9	88,1	5,3
Naranjal (Etapa reproductiva)	<0,5 mm	79,2	20,8	4,9
	0,5-1 mm	42,7	57,3	7,2
	1-5 mm	44,3	55,7	4
	5-10 mm	29,9	70,1	4
	10-20 mm	29,8	70,2	3,9
	20-30 mm	30,4	69,6	6,9
	30-40 mm	19,2	80,8	7,3
	>40	-	-	-
Naranjal (Zoca - Etapa vegetativa)	<0,5 mm	58	42	5,3
	0,5-1 mm	37	63	5,7
	1-5 mm	20,6	79,4	1,9
	5-10 mm	14,1	85,9	2,6
	10-20 mm	11,3	88,7	2,6
	20-30 mm	11,7	88,3	4,9
	30-40 mm	10,4	89,6	5,2
	>40	2,2	97,8	1,2

Continúa...

... continuación.

Estación/Etapa	Rango de lluvia	Interceptación (%)	Lluvia efectiva (%)	Error estándar
Paraguaicito (Zoca - Etapa vegetativa + Maíz)	<0,5 mm	80,7	19,3	5,2
	0,5-1 mm	66,9	33,1	7
	1-5 mm	43,8	56,2	3,4
	5-10 mm	38,8	61,2	4,8
	10-20 mm	30	70	3,5
	20-30 mm	32,9	67,1	5,9
	30-40 mm	32	68	8,3
	>40	19,8	80,2	3,8
Paraguaicito (Zoca - Etapa Reproductiva)	<0,5 mm	81,5	18,5	2,8
	0,5-1 mm	56,8	43,2	3,5
	1-5 mm	29,1	70,9	1,7
	5-10 mm	18,8	81,2	1,8
	10-20 mm	16,8	83,2	1,8
	20-30 mm	17,9	82,1	2,3
	30-40 mm	14,1	85,9	2,1
	>40	7,8	92,2	2,5

Tabla 7. Evapotranspiración de referencia diaria (mm día^{-1}) estimada en las diferentes etapas del cultivo.

Estación	Etapa	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación estándar
Manuel Mejía	Etapa reproductiva café	2,42	5,98	0,01	0,91
Naranjal	Etapa reproductiva café	2,86	5,61	0,44	0,99
Naranjal	Zoca café	2,57	5,65	0,02	1,01
Paraguaicito	Etapa reproductiva café	2,69	5,66	0,07	0,96
Paraguaicito	Zoca Café + Maíz	2,85	8,12	0,12	1,04

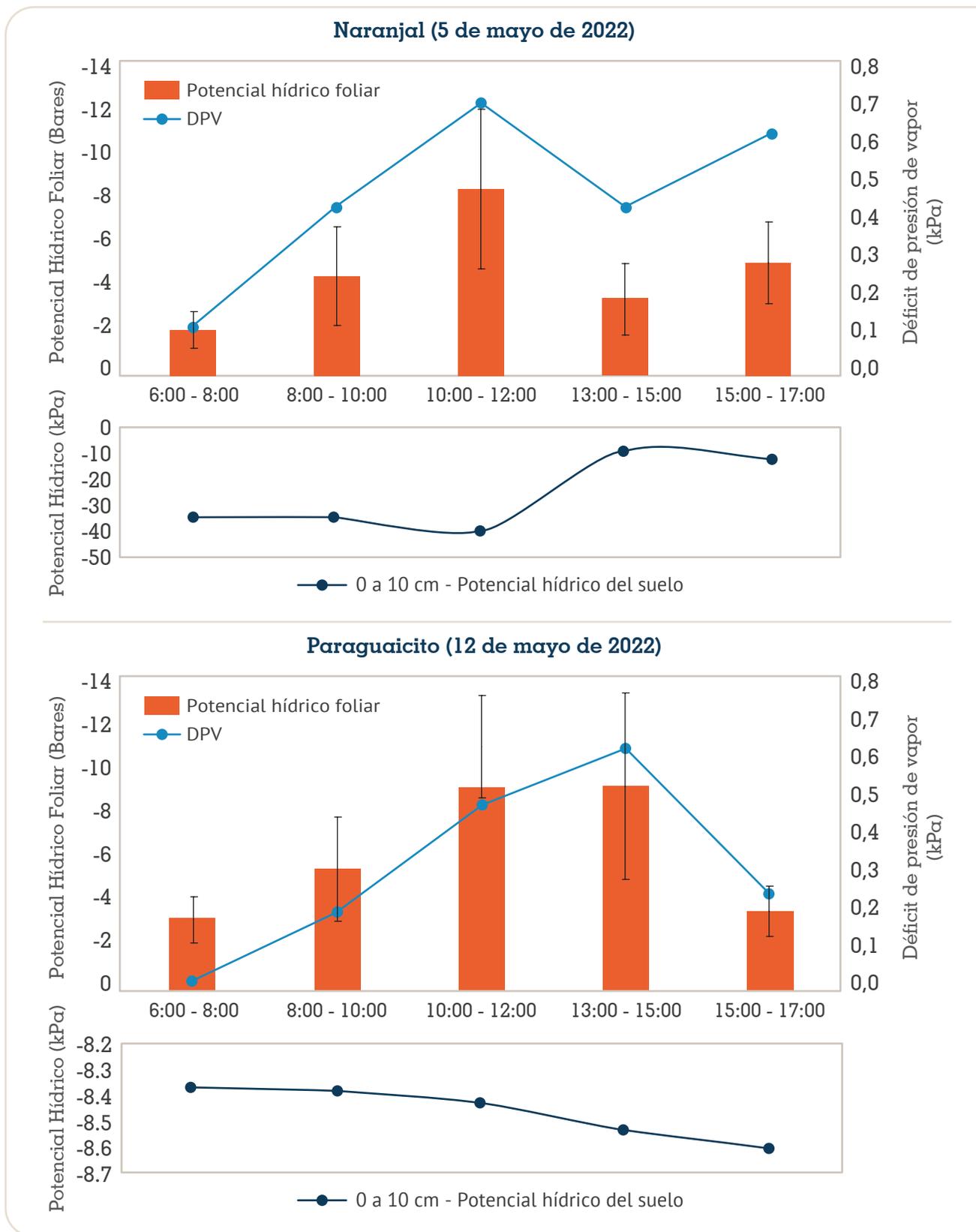


Figura 3. Potencial hídrico foliar (ψ_{hoja}), déficit de presión de vapor (hPa) y potencial hídrico del suelo (kPa), en cinco franjas horarias. Las barras indican desviación estándar de la media de los potenciales obtenidos, en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaito.

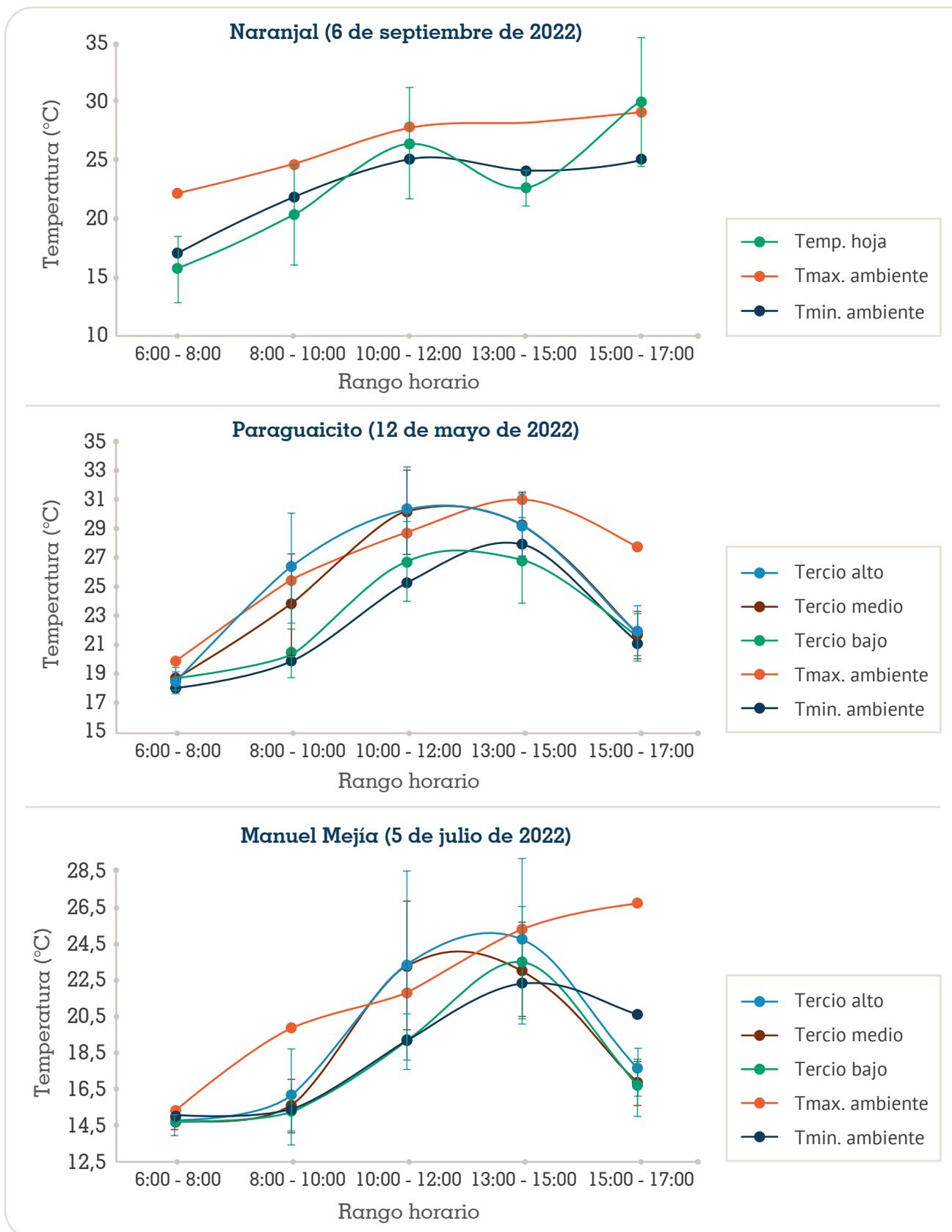


Figura 4. Comportamiento de la temperatura foliar respecto a la temperatura ambiente en franjas horarias en las Estaciones Climáticas Naranjal, Paraguaicito y Manuel Mejía. Las barras indican la desviación estándar de la media.

Identificación de zonas cafeteras con características agroclimáticas similares en el departamento de Cundinamarca. ACL103007

En el marco de un proyecto de CT&I con recursos del Sistema General de Regalías, BPIN 2020000100205, se realizó un estudio para definir cómo se discriminan biofísicamente las zonas cafeteras del departamento de Cundinamarca. Con información de fuentes primarias y secundarias, de las principales variables climáticas, orográficas, de suelo y del sistema productivo. Se generó un análisis para el hallazgo de los principales aspectos que definen los ecosistemas cafeteros del departamento, utilizando técnicas estadísticas, geoestadísticas y juicio experto, dentro de sistemas de información geográfica. En el estudio multitemporal de la dinámica de la estructura productiva, entre 2007 y 2017, se encontró una disminución del área cafetera en 26,67%, pero se resalta un aumento en las densidades de siembra y variedades resistentes a la roya y una disminución en edad de los cafetales. Comparando un año Neutro (2013) con La Niña (2011), se aumenta la precipitación en 462 mm, disminuye el brillo solar en 3,4% y la temperatura en 0,38°C. Por el contrario, en El Niño, disminuye la lluvia (595 mm), aumenta el brillo (146 h año⁻¹) y la temperatura (0,61°C). Así mismo, se observó que el comportamiento de estas anomalías varía dependiendo de la vertiente de la cordillera Oriental. Con una base del promedio histórico climático, se construyeron siete indicadores agroclimáticos, con los cuales se crearon tipologías que permitieron agrupar en nueve categorías agroclimáticas

a las fincas del departamento (Tabla 8). El análisis de las clasificaciones mostró una gran dependencia del tiempo térmico en la floración y el desarrollo del fruto.

Acuerdo de entendimiento IRI-Cenicafé

Bajo la orientación del equipo del Instituto Internacional de Investigaciones para el Clima y la Sociedad (IRI), en el marco del Memorando de Entendimiento firmado por Cenicafé e IRI desde el año 2021 hasta la fecha, se han desarrollado actividades orientadas a la aplicación de pronóstico asociados al cultivo del café. Se seleccionaron como variables de trabajo la temperatura máxima y mínima, la precipitación y el índice de disponibilidad hídrica (IDH), derivado del balance hídrico, por tener una fuerte influencia en la fisiología del cultivo y por disponer de bases de datos consolidadas entre los años 1990 y 2020 para un número considerable de estaciones a lo largo de la zona cafetera colombiana. Se exploró la herramienta Climate Predictability Tool (CPT) para la aplicación del Análisis de Correlación Canónica para la generación de pronósticos a nivel mensual y con el fin generar procesos en bloque, se dio inicio al uso de la aplicación PyCPT (*Python interface and enhancement for IRI's Climate Predictability Tool*). Actualmente se están realizando pruebas para la generación de pronósticos del IDH en escala decadiaria, siguiendo la metodología que usa el aplicativo de balance hídrico en agroclima. cenicafe.org y utilizando la predicción de precipitación basada en modelos climáticos globales (GCM).

Tabla 8. Valores de referencia para las zonas groclimáticas identificadas en Cundinamarca.

Zona	Área		Altitud*	Amplitud térmica*	Déficit hídrico (desarrollo del fruto)*	Déficit hídrico (prefloración)*	Precipitación anual acumulada*	Brillo solar anual acumulado*	Tiempo térmico (desarrollo)*	Tiempo térmico (prefloración)*
	ha	%								
1	18.830,99	63,7%	1.509,0	8,1	2	8	2.105,6	1.406,5	2.350,0	1.226,9
2	2.182,65	7,4%	1.451,0	8,4	7	9	1.608,7	1.428,6	2.477,1	1.268,7
3	1.725,82	5,8%	1.149,0	8,8	1	6	2.892,9	1.682,3	2.921,3	1.506,6
4	1.843,08	6,2%	1.158,0	8,9	7	9	1.520,8	1.502,6	2.900,0	1.510,0
5	1.679,78	5,7%	1.850,0	7,0	2	8	1.927,4	1.361,8	1.789,8	933,0
6	1.098,16	3,7%	1.833,0	7,8	11	10	1.373,7	1.382,7	1.848,9	939,5
7	750,29	2,5%	1.951,0	9,3	1	12	1.865,6	1.525,2	1.677,2	922,2
8	611,77	2,1%	1.761,0	9,3	1	11	1.902,2	1.501,8	1.925,9	1.055,9
9	820,93	2,8%	1.503,0	9,3	0	5	4.085,8	1.506,6	2.258,3	1.236,7

*Mediana -Los valores de los indicadores se encuentran resaltados con los colores amarillo (bajo), verde (adecuado) y rojo (alto).



BIOMETRÍA

Caracterización del tamaño de grano despulpado de las nuevas variedades. BIO103004

Con el fin de caracterizar el tamaño de grano despulpado de las nuevas variedades de café, en 141 muestras, cada una con 100 granos de café despulpado (141.000 unidades de muestreo), provenientes de diferentes localidades, variedades, cosechas (principal y mitaca) y países, se midió y registró el largo, ancho y grosor de cada unidad de muestreo (variables de interés). En general, independientemente de la procedencia, el 90% de los granos tienen un espesor entre 5,1 y 6,7 mm; un largo entre 11,0 y 15,6 mm para el 98% de los frutos y un ancho promedio de 9,3 mm con desviación de 0,69 mm.

Evaluación de métodos estadísticos para la identificación de procedencias del café a partir de la huella espectral. BIO103002

Al evaluar métodos estadísticos para la identificación de procedencias del café a partir de huellas espectrales, los métodos máquinas de vector soporte (SVMs) y Bosques Aleatorios (Random forest) presentaron clasificaciones inferiores al 74%. El modelo SVMs arrojó el mejor resultado con los datos suavizados con diferencia de primer orden. El error general de clasificación fue 33,9% y el error promedio de cada clase 35,15%.



El objetivo de la disciplina de Calidad es contribuir a través de la investigación, al conocimiento de los factores, prácticas y controles de los diferentes procesos que tienen un impacto en la calidad física, sensorial y en la composición química del café, con el fin de apoyar el mejoramiento de la competitividad de los caficultores mediante la optimización de la calidad del café producido en la finca.

En el 2021-2022 están en ejecución once proyectos de investigación y la actividad panel de análisis sensorial del café.

Caracterización de la calidad física, sensorial y química del café producido en los ecotopos cafeteros colombianos. CAL101005

Con el apoyo del Servicio de Extensión, se recibieron 362 muestras de café correspondientes al primer muestreo (2021) y 34 del segundo (2022), de los tres muestreos programados. El valor de almendra sana fue en promedio de 78,5%, sobresalieron los ecotopos 105B, 302A, 305B y 307B, que obtuvieron valores promedio mayores a 80% lo que implica la buena calidad física de estas zonas. La proporción de muestras sin defectos sensoriales fue de 74,01%, y los defectos que se presentaron fueron: fermento (10,8%),

terroso (9,97%), reposo (3,05%), inmaduro (1,11%), fenol (0,28%) y contaminado (0,55%). Los ecotopos 307A, 305A, 101A y 305B, presentaron más del 90% de muestras sin defecto. El promedio del puntaje total de las muestras sin defectos sensoriales fue 81,4 con un valor máximo de 86 puntos, como se presenta en la Tabla 9.

Diagnóstico de las características físicas, químicas y sensoriales del café procedente del departamento del Cesar. CAL101006

Esta investigación está enmarcada dentro del Proyecto “Desarrollo experimental para el mejoramiento de la competitividad del sector cafetero del departamento de Cesar”, en cofinanciación del Sistema General de Regalías Cesar, que tiene como objetivo principal diagnosticar la calidad física, química y sensorial del café procedente del departamento y para lo cual se plantearon tres actividades específicas: caracterización de las fincas, muestreo y monitoreo de la calidad física, química y sensorial e identificación de las características de los contenidos de los principales compuestos químicos del café verde. Se ha realizado el primer muestreo en 160 fincas seleccionadas de forma aleatoria, a partir del total de muestras recibidas durante la primera cosecha (1.647

Tabla 9. Valores máximo, promedio y mínimo del puntaje total de calidad del café obtenido por ecotopo.

Ecotopo	Departamento	Puntaje Total		
		Máx.	Prom.	Mín.
101A	Antioquia	83,5	81,0	79,0
102A	Chocó, Risaralda	82,9	81,0	79,5
105B	Antioquia, Caldas	83,9	82,1	80,5
106B	Caldas, Risaralda	83,8	81,8	79,4
107B	Caldas, Risaralda	84,2	81,1	79,3
108B	Risaralda, Valle del Cauca	80,3	80,1	80,0
204A	Antioquia, Caldas	83,3	81,7	80,3
205B	Antioquia, Caldas	83,3	81,5	79,0
206A	Caldas, Risaralda	83,3	80,7	80,0
206B	Caldas, Tolima	84,1	81,2	79,5
207A	Caldas, Risaralda	84,3	81,9	79,8
302A	Norte de Santander, Santander	84,4	81,3	79,8
305A	Santander	83,4	81,2	79,0
305B	Boyacá, Casanare	83,9	81,7	79,9
307A	Boyacá, Santander	84,7	81,2	79,5
307B	Boyacá	82,8	81,4	80,5
308A	Boyacá, Santander	85,3	81,7	80,1
308B	Boyacá, Meta	82,9	81,5	80,0
309A	Boyacá, Cundinamarca, Santander	86,0	81,9	80,0
310A	Boyacá, Santander	81,0	80,2	79,3
General	-	86,0	81,4	79,0

muestras), provenientes de los 12 municipios beneficiarios del proyecto. El 81,9% de las muestras corresponde a pequeños caficultores y la variedad Castillo® predomina en las muestras recibidas. Se destaca en la calidad física de las muestras, con contenido de almendra sana superior al 75% para el 83%

de las muestras evaluadas. En cuanto a la calidad sensorial, el 71% de las muestras no presentaron defecto sensorial (Figura 5) y un 14% de este grupo presentaron puntajes superiores a 83 puntos SCA (*Specialty Coffee Association*). El defecto predominante corresponde al grupo de los terrosos (16%).

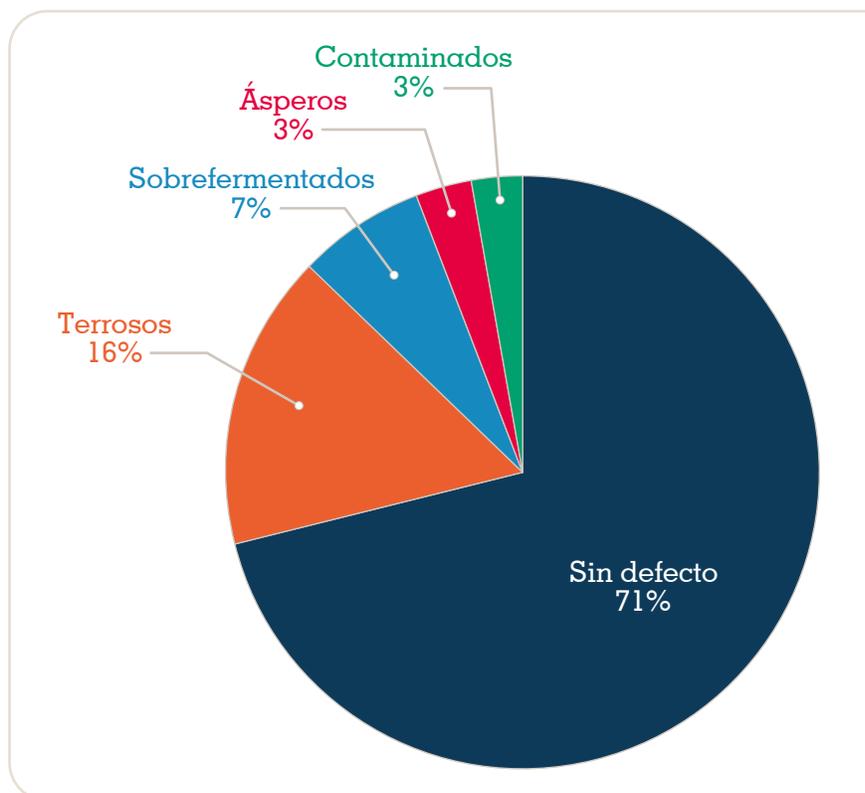


Figura 5. Calidad sensorial para el grupo de muestras de café evaluadas del departamento de Cesar.

Sobrefermentados: pulpa, cebolla, vinagre, fermento, stinker. Terrosos: terroso, moho, reposo. Ásperos: inmaduro, acre, áspero. Contaminados: fenol, humo, contaminado y químico.

Clasificación del café almendra verde con y sin defecto sensorial utilizando la técnica NIRS. CAL10101007

Para el desarrollo de los modelos de clasificación de café almendra con y sin defecto sensorial por la técnica Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIRS) se conformaron dos grupos, el primero por 829 muestras con defecto sensorial (CDS) compuesto por los principales defectos sensoriales identificados en el café de Colombia; el segundo grupo por 3.005 muestras sin defecto sensorial (SDS) (Figura 6) –el cual contempló los tres perfiles de calidad utilizados en la comercialización por Almacafé. Las muestras fueron analizadas sensorialmente por el panel de catación de Almacafé y de Cenicafé, utilizando la escala SCA. Como complemento de la investigación se realizó el análisis al café pergamino seco (cps), con las mismas características sensoriales descritas anteriormente; se analizaron 554 muestras CDS y 1.500 muestras SDS.

Para el café almendra verde el modelo que mejor resultado presentó fue el cuantitativo, aplicando la regresión de mínimos cuadrados parciales modificados (PLS) con el cual se obtuvo un coeficiente de determinación (RSQ) de 0,85, el error estándar de calibración – SEC de 0,14, y el coeficiente de variación de 0,83; la validación presentó un porcentaje de acierto promedio global de 83,5%. Para el cps, al relacionar los resultados del análisis sensorial con los análisis NIRS, pudo establecerse que desde esta matriz de café ya es posible identificar la presencia de defectos sensoriales. El modelo que presentó un mejor ajuste fue el desarrollado a partir del análisis discriminante con RMS X Residual, aplicando el tratamiento matemático 1,4,4,1 con un acierto medio global de 93,5% y un error medio de 6,5%. Con base en los resultados obtenidos, se confirma que la Técnica NIRS tiene la capacidad de identificar el café con y sin defecto sensorial, tanto en el café pergamino seco como en el café almendra verde.

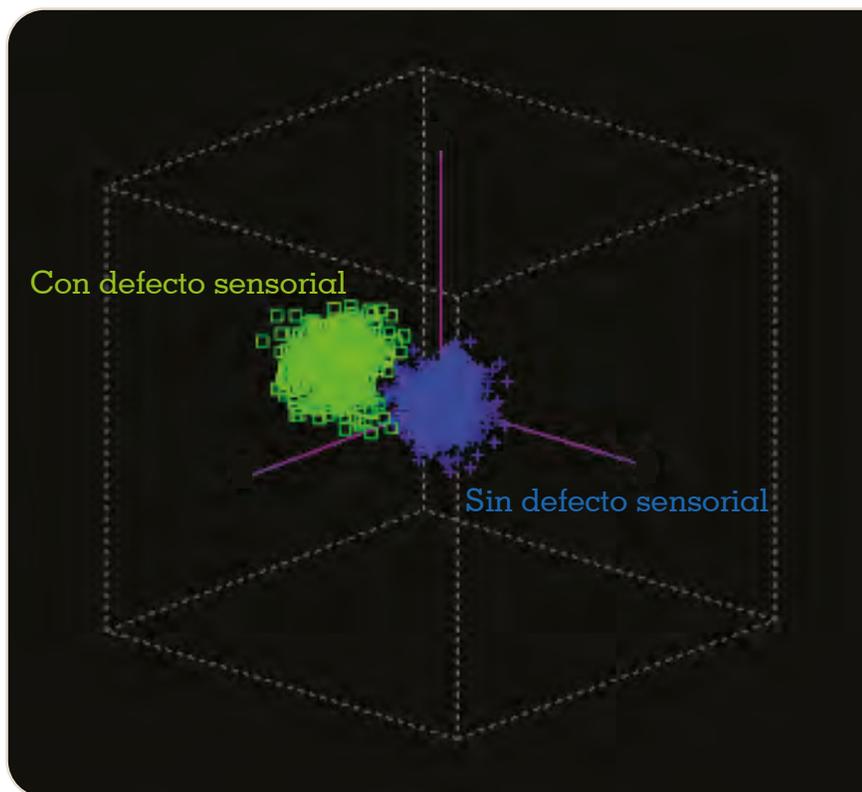


Figura 6. Análisis de componentes principales de café almendra con y sin defecto sensorial.

Determinación de la calidad física, sensorial y de composición química en el café almendra verde producido en el departamento del Quindío. CAL101008

Se presenta un avance de resultados en los componentes de calidad física, química y sensorial para 224 muestras de café pergamino seco producido en diferentes fincas cafeteras distribuidas en los 12 municipios del departamento del Quindío, que correspondió a la primera cosecha. El promedio en porcentaje de humedad fue de 10,75% para las 224 muestras de café pergamino seco, el valor se encuentra dentro del rango óptimo de humedad (10% – 12%) que garantiza la preservación del café pergamino seco. En cuanto a la granulometría, las muestras recibidas de los diferentes municipios presentaron un porcentaje promedio de granos supremo de 67,85%. El factor de rendimiento en trilla indicó que, la cantidad de café pergamino necesaria para obtener 70 kg de café excelso varió entre 85,2 a 118,1,

con un valor promedio de 93,9. El 78% de las muestras no presentaron defecto sensorial y el defecto predominante fue el defecto terroso con el 8% de las muestras.

Identificación del procedimiento de secado para la obtención de café natural. CAL102003

Se evaluó el efecto del secado del café natural (CN), en sus características físicas, sensoriales, químicas y microbiológicas. Los tratamientos consistieron en seis modalidades porcentuales de secado, en las cuales se inició con secado solar (S) y se complementó con secado mecánico (M): S100%, S45%+M, S50%+M, S55%+M, M100% y un testigo (café lavado-M100%). El proceso de secado de CN se ajustó a una expresión de tipo logarítmico, alcanzando un nivel de humedad adecuado 10%-12%, entre 9 y 16 días. El CN presentó un promedio de 50% de merma, 42,59% almendra sana y pasilla entre 6,0% y 6,6%. Respecto a la calidad sensorial, los tratamientos, S45%+M y S50%+M, presentaron

descriptivamente, mayor fragancia y aroma, frente al testigo. Para todos los tratamientos el contenido de lípidos estuvo entre 10,2% y 10,5%, la cafeína entre 1,16% y 1,20% y la teobromina 0,02%. Los ácidos palmítico, linoleico, oleico, esteárico y araquídico no presentaron variaciones entre los tratamientos; tampoco la concentración de Ochratoxina A, cuyos niveles fueron en promedio $7 \mu\text{g kg}^{-1}$ para CN y $6,4 \mu\text{g kg}^{-1}$ para el café lavado. La actividad del agua fue $<0,6$ en todos los tratamientos. Los tratamientos de CN presentaron mayor contenido de glucosa frente al café lavado, el contenido máximo de glucosa se encontró en el tratamiento con secado solar 100% con un valor de $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ y el contenido máximo de fructosa se encontró en el tratamiento S55%+M (combinado, con disminución del porcentaje de humedad al 55% por secado al sol y finalizando con secado mecánico) con un valor de $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 7). Desde el punto de vista microbiológico, no hubo cambios en las poblaciones de bacterias, mohos y levaduras por efecto de los tratamientos. Los resultados permiten concluir

que, es posible obtener café natural con características de calidad reproducibles y alto contenido de glucosa.

Evaluación de empaques, tiempos y condiciones ambientales del almacenamiento del café. CAL103004

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes empaques comerciales y las condiciones de almacenamiento, en la calidad química, física y sensorial del café almendra verde. Los tratamientos consisten en almacenar café almendra en ocho empaques a base de polietileno (PE), polipropileno (PP), fibra natural (FN) y papel (P), PE-Max, PE-doble capa, PE-Multicapa, PP-VDC, PE-EVOH, PE-PAV, Fibra natural (FN) y Papel-Multicapas (PMc), durante diferentes períodos de tiempo de (0-365 días), en condiciones de Almacafé–Letras Manizales, Almacafé–Santa Marta, cuarto con condiciones controladas (Cenicafé – Planalto) y en la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná). La evaluación realizada

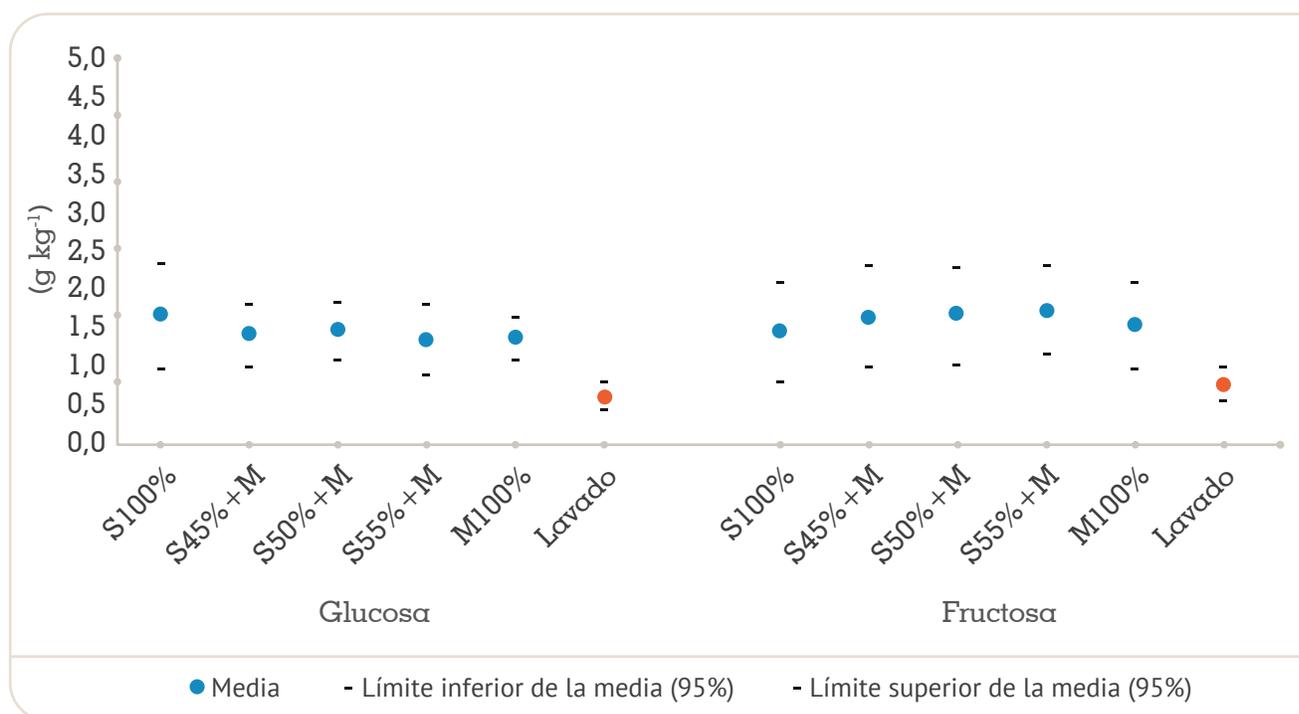


Figura 7. Media e intervalos de confianza del contenido de glucosa y fructosa por tratamientos de secado del café natural.

a los 240 días, reveló para condiciones de Almacafé–Santa Marta, caracterizada por mayor temperatura promedio y menor humedad relativa, que los empaques FN y PMc, aumentaron en los granos el contenido de humedad y la actividad del agua (aw). Dichos empaques provocaron también un mayor porcentaje de granos negros y decolorados. En la composición química, en Almacafé–Santa Marta y la Estación Experimental Naranja, la concentración de lípidos presentó tendencia a incrementarse, en el café empacado en PE-Max, PE-doble y PE-PAV (Figura 8). Con relación a los demás ácidos presentes en el café, las concentraciones de linoleico (37,6%-41,61%), palmítico (34,5%-36,5%), oleico (11,5%-13,4%), araquídico (2,29%-3,4%), esteárico (8,42%-9,2%), clorogénicos (3,78%-6,69%), al igual que la Ocratoxina A, hasta el período evaluado, no presentaron variaciones que puedan ser asociadas con el tipo de empaque en su respectiva condición de almacenamiento.

Definición de una función discriminante del software WinISI que permita identificar la procedencia de café verde. CAL 104012

Colombia es el tercer productor de café y el primer productor de café suave lavado en el mundo, lo que lo fortalece continuamente como actor clave del mercado internacional y adicionalmente ha logrado su consolidación por los atributos de calidad del grano. La protección del origen ampara la procedencia del café debido a que las zonas generan diferentes características a través de las particularidades de su producción, por tal razón es necesario buscar herramientas que ayuden a asegurar la identidad del café colombiano. Esta investigación evaluó la técnica NIRS para la predicción del origen de muestras de café almendra verde de diez departamentos productores de Colombia, desarrollando los modelos de calibración. Este incluyó el análisis de 1.719 muestras, de las cuales 1.466 se utilizaron en el desarrollo

de cinco modelos predictivos y 253 para validación. Para los modelos desarrollados, el método estadístico utilizado fue RMS (Raíz cuadrada del valor medio por sus siglas en inglés) X Residualidad, para disminuir el ruido espectral generado por las características de la muestra se utilizó la corrección de la dispersión variación normal estándar (SVN) y con el tratamiento matemático 2,4,4,1 (derivada, contraste y suavizado). Los resultados evidenciaron, un acierto medio global de clasificación del 92% para el modelo desarrollado por departamentos, y el modelo desarrollado por zonas (Zona Norte, Centro y Sur) de producción presentó un 89% de acierto, confirmando que la técnica NIRS permite predecir el origen regional del café colombiano (Figura 9).

Evaluación de la interrupción del secado mecánico del café sobre la calidad sensorial. CAL105003

Se evaluó el efecto de la interrupción del secado mecánico bajo un diseño factorial $2 \times 4 + 1$; con dos tiempos de secado inicial: 6 y 12 horas y cuatro tiempos de interrupción: 12, 24, 36 y 48 horas, y un testigo con secado mecánico sin interrupción. Cuando se aplicó un tiempo de secado de 12 horas se alcanzó a disminuir el contenido promedio de humedad a valores de 42,29%, con diferencias de 4,97% y 9,9% con los tratamientos de secado de 6 horas y con la humedad inicial del café lavado, respectivamente. Para la variable almendra sana se obtuvo un valor promedio de 76,76% y no hubo diferencias entre los tratamientos. En cuanto a la proporción de muestras con defecto sensorial, independiente del tiempo de secado inicial, después de 36 horas de interrupción se incrementó la proporción de defectos sensoriales. El análisis de varianza mostró efecto sobre las variables de calidad sensorial, a favor del testigo que no presentó defectos y tuvo un puntaje promedio de 81,15. El defecto predominante fue terroso y según prueba de Dunnett los tratamientos de menor tiempo de secado inicial y mayor interrupción fueron diferentes al testigo (Figura 10).

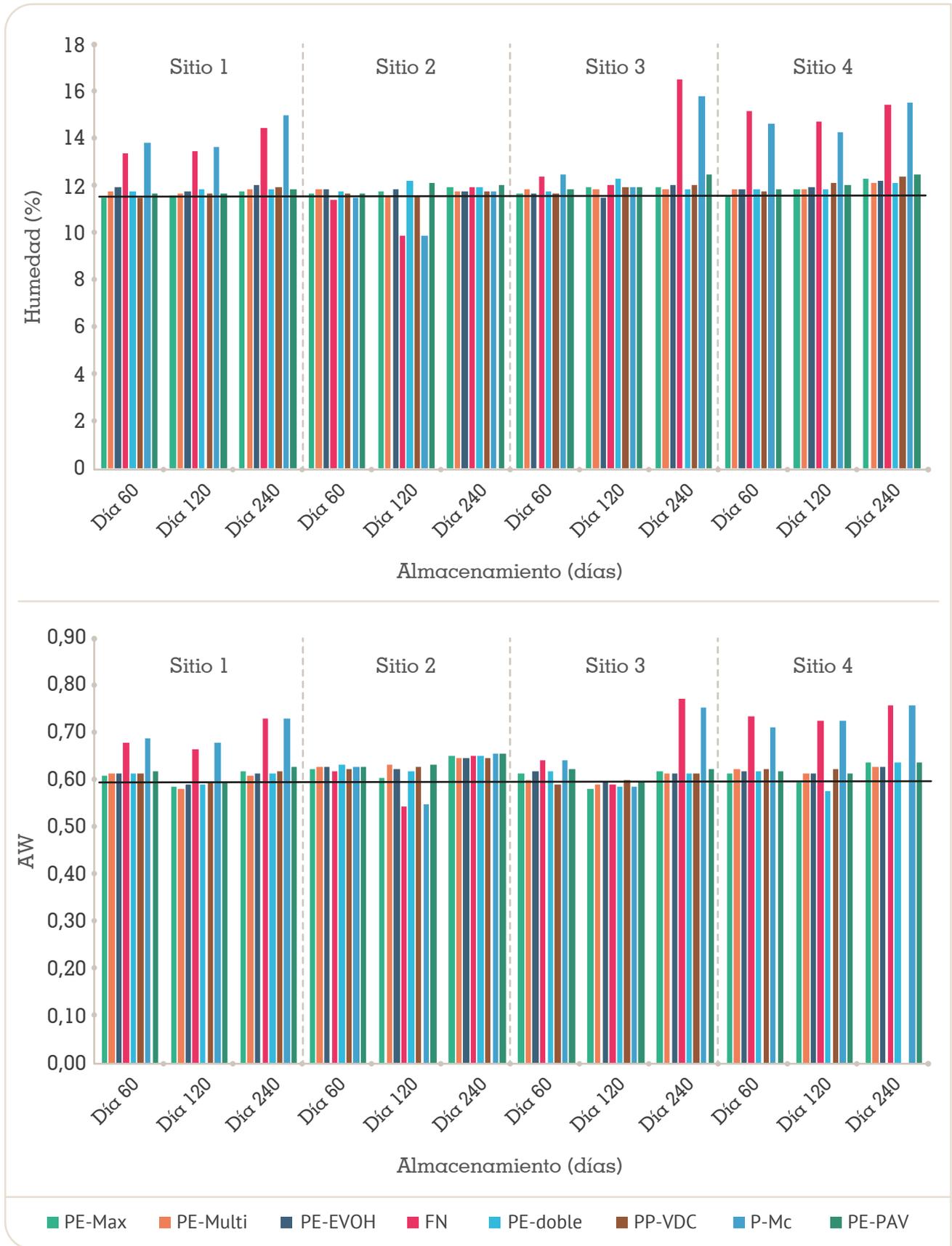


Figura 8. Contenido de humedad y actividad de agua (aw) por tipo de empaque y condiciones de almacenamiento de café en almendra verde.

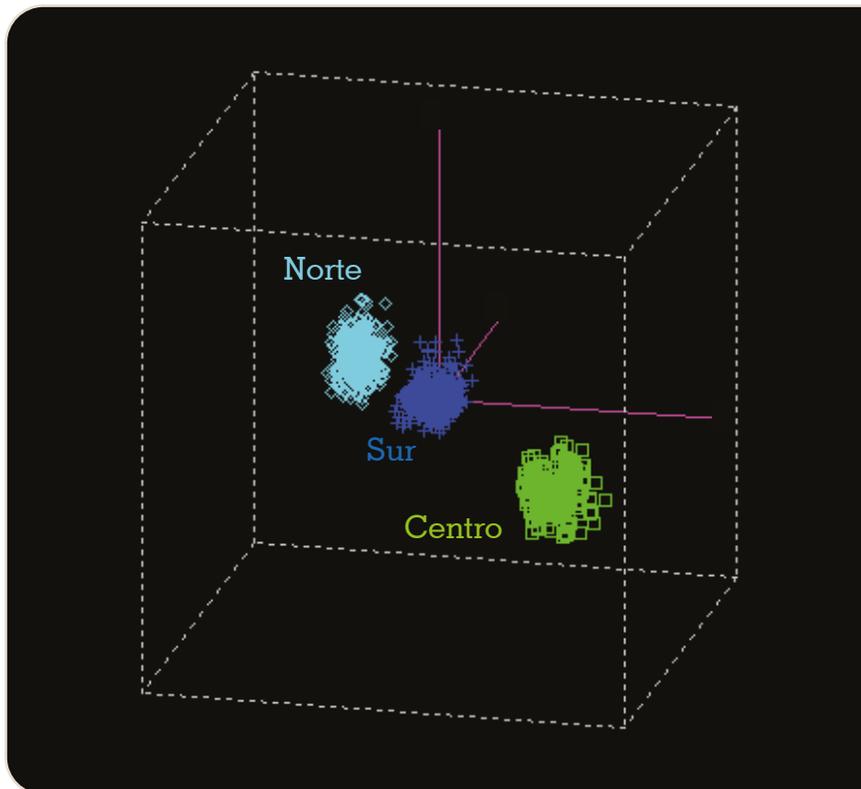


Figura 9. Análisis de componentes principales – PCA de Zona Sur, Centro y Norte.

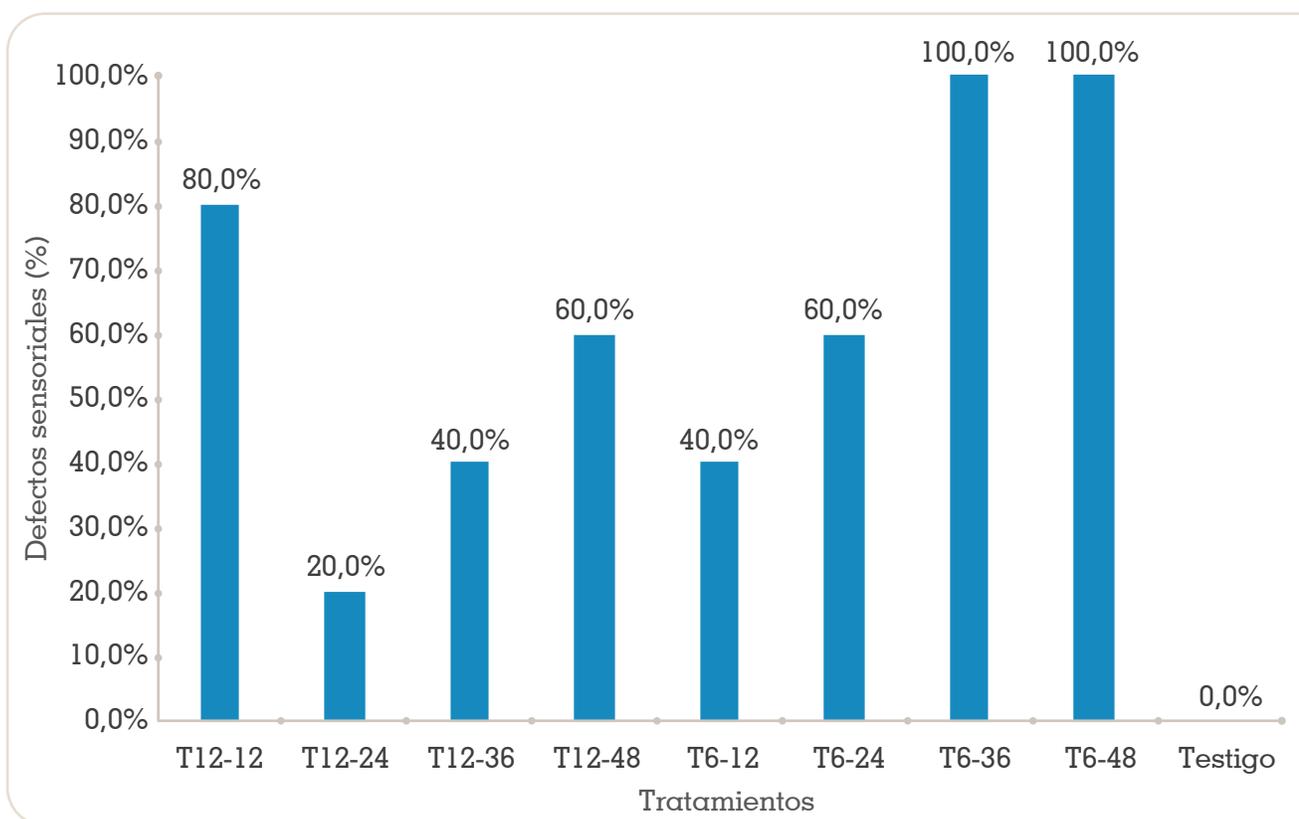


Figura 10. Proporción de muestras con defectos sensoriales en tratamientos con interrupción del secado mecánico.

Panel de catación de Cenicafé. CAL 106004

El panel de catación de Cenicafé está conformado por cinco profesionales de la disciplina de Calidad, certificadas como Q-Grader por el Instituto de Calidad de café (CQI, por sus siglas en inglés). Desde la implementación del panel en el 2017 se han analizado sensorialmente 8.374 muestras de café provenientes de proyectos de investigación que requieren como variable de respuesta la calidad sensorial. Cada resultado corresponde al promedio de la evaluación de mínimo tres catadores. En julio de este año las catadoras del panel participaron en una jornada de catación externa con variedades y diferentes procesos para continuar con su referenciación con

muestras comerciales. Esta referenciación se desarrolló siguiendo el protocolo SCA.

Durante este período se han recibido 2.063 muestras de café, provenientes de proyectos de las disciplinas de Calidad, Entomología, Fisiología, Mejoramiento Genético, Poscosecha y Suelos (Tabla 10). De las muestras evaluadas el 68,2% no presentaron defectos sensoriales y el defecto que se presentó en mayor proporción fue el terroso (12,4%). De las muestras que no presentaron defectos sensoriales el 61,9% de las muestras tuvieron un puntaje total que estuvo en rango entre 80 y 81,5 puntos, que según la clasificación SCA, corresponden a café bueno y el 7,6% presentaron una calificación mayor a 83,5 puntos (Figura 11).

Tabla 10. Cantidad de muestras de café recibidas en el laboratorio para análisis sensorial.

Disciplina	Período					Total
	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	
Calidad	508	662	563	319	1680	3.732
Entomología	10	85	232	253	9	589
Experimentación	22	18	18			58
Fisiología	5		186	30		221
Fitopatología		48			15	63
Fitotecnia	48	20			9	77
Mejoramiento Genético	746	250	632	558	169	2.355
Poscosecha	54	178	293	149	170	844
Suelos	224	121	61	18	11	435
Total	1.617	1.382	1.985	1.327	2.063	8.374

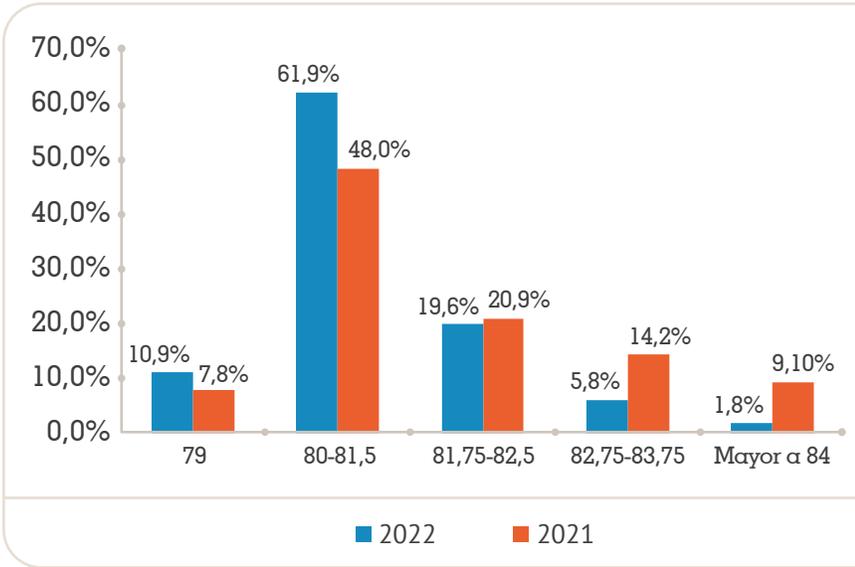


Figura 11. Proporción de muestras, según el rango de puntaje total, del café evaluado por el panel de catación de Cenicafé.



ECONOMÍA AGRÍCOLA

Análisis económico de la retención de pases en combinación con el empleo de lonas en la recolección de café. ECO102007

El impacto económico de la recolección asistida con lonas (Figuras 12 y 13) fue determinado en tres sitios de la geografía colombiana, bajo las condiciones climáticas del año 2021. Para la Estación Experimental El Tambo (El Tambo, Cauca), pudo recolectarse el 60,56% del flujo de café anual con recolección asistida, logrando un incremento de la productividad de la mano de obra o eficiencia del 19,03%, lo cual representó excedentes de 3,96% (error 0,74) para el caficultor frente al costo incurrido en la recolección convencional. En la Estación Naranjal (Chinchiná, Caldas), pudo acopiarse el 39,5% del café anual, con incrementos en la eficiencia del 43,8%, lo cual condujo a excedentes anuales para el caficultor de 4,80%, mientras que en la Estación Pueblo Bello (Pueblo Bello, Cesar) se recolectó el 84,8% con un incremento del 20,7% de la eficiencia, determinando beneficios por 6,71% (error: 0,47). El recolector en el punto de iso-excedentes monetarios percibió ingresos adicionales frente al jornal estándar vigente del 7,79%, 38,5%, 9,84% y 9,55% para El Tambo, Naranjal travesía, Naranjal cosecha principal y Pueblo Bello, respectivamente. La

adopción en su primer año de implementación condujo a reducciones entre el 10,7% y 23,6% de los jornales requeridos por hectárea al año. La carga, oferta de frutos cosechables y la tecnología de lonas fueron las variables que explicaron los efectos económicos del cambio técnico, sin embargo, debe considerarse que las características de los lotes, operarios y condiciones de clima determinan que no todos los pases ofrecen eficiencia incremental significativa (Tabla 11), pero en el consolidado anual tanto el caficultor como el recolector perciben beneficios de una correcta adopción. Finalmente, se resalta que, por el peso relativo de las lonas en la función de costos, de entre \$28 y \$42 por kilogramo recolectado, debe realizarse un adecuado mantenimiento y almacenaje de las mismas.

Determinación de la función de pérdida por *Conyza bonariensis* L. en el cultivo del café. ECO105001

Con el propósito de determinar la función de pérdida ocasionada por *Conyza bonariensis* (venadillo) en el cultivo de café, se están tomando los datos fenológicos de desarrollo de las plantas, sin observar diferencias significativas entre los tratamientos, que consisten en seis densidades de individuos de venadillo en época de interferencia (período crítico de manejo de la arvense) y época de



Figura 12. Recolección asistida sobre lonas en Pueblo Bello, Cesar (noviembre, 2021).



Figura 13. Operario en recolección de pase retenido para cosecha sobre lonas en El Tambo, Cauca (mayo, 2021).

levante del cultivo del café, que para las condiciones del experimento en cuanto a clima, variedad y densidad, cubre desde los cero a aproximadamente los 18 meses. El desarrollo observable del cultivo del café es afectado por la presencia del venadillo, la evaluación de variables principales se efectuará en época de cosecha, la cual iniciará en el año 2023 (primeros pases de

cosecha) y las de período vegetativo son complementarias a la determinación de la función de pérdida productiva.

Durante la segunda quincena de agosto, se tomó la información correspondiente al mes seis de edad del cultivo, los resultados preliminares presentan un comportamiento similar entre todos los tratamientos (Tabla 12).

Tabla 11. Efecto combinado de la carga, oferta y método de cosecha sobre la productividad de la mano de obra en las Estaciones Experimentales Naranjal (Chinchiná, Caldas), Pueblo Bello (Pueblo Bello, Cesar) y El Tambo (El Tambo, Cauca) en el año 2021.

Sitio	Efecto carga*	Efecto oferta*	Efecto lonas
Naranjal consolidado anual	Significativo	No significativo	Significativo
Naranjal cosecha	No significativo	Significativo	Significativo
Naranjal travesa	Significativo	No significativo	No significativo
Pueblo Bello	Significativo	No significativo	No significativo
El Tambo	Significativo	No significativo	Significativo

Tabla 12. Evaluación de desarrollo del cafeto, 6 meses de edad del cultivo.

Densidad <i>Conyza bonariensis</i> (plantas/m ²)	Promedio de altura (cm)	Promedio de número de cruces	Promedio de diámetro copa (cm)
0	47,6	6,1	37,1
1	46,1	6,0	34,3
2	44,8	6,1	33,6
3	44,9	6,0	36,2
6	44,7	5,9	32,7
18	45,6	6,3	36,2
54	45,7	6,2	37,9
Total general	45,6	6,1	35,4

Análisis económico de diferentes sistemas de renovación en el cultivo del café. ECO102004

Los sistemas de renovación se están evaluando en un cultivo establecido con variedad Castillo® a libre exposición solar, ubicado en la Finca El Agrado (Montenegro, Quindío). El presente informe comprende 66 meses de desarrollo del cultivo, que corresponden al período febrero de 2017 a septiembre de 2022. La producción acumulada es superior para el sistema de zoca tradicional, registrando cuatro cosechas y la travesía de la quinta cosecha, los sistemas de poda pulmón y calavera registran dos cosechas del primer y segundo ciclos, con 36% y 22% menos producción, respectivamente, frente a la zoca tradicional. El denominado sistema de safra cero, con tres cosechas cada una, de un ciclo de una cosecha, reporta una producción acumulada 57% inferior respecto al referente de zoca tradicional. Los costos de producción registrados a la fecha son superiores en la zoca tradicional explicados por las labores

de renovación, levante y recolección. El sistema de zoca calavera presenta menores costos en 15% frente a la zoca tradicional, los menores costos se presentan en los sistemas pulmón y safra cero, con registros de 19% y 35% menos, respectivamente, frente a la zoca tradicional (Figura 14). Los ingresos registrados por la venta de café en el sistema de zoca tradicional a 30 cm, son superiores en 22% sobre el sistema de poda calavera, 36% comparado con la poda pulmón y 57% frente a safra cero; las diferencias pueden ser explicadas por los 3 años improductivos que acumulan estos sistemas de podas con ciclos de dos y tres años.

El menor costo de renovación lo presenta la poda calavera y el mayor costo se expresa en la zoca tradicional. En la etapa de levante, los mayores costos están asociados a la zoca tradicional, seguida de la zoca pulmón y siendo la de menor costo la calavera. Adicional al método de renovación, el manejo de arvenses es una de las razones principales para esta diferencia en costos.

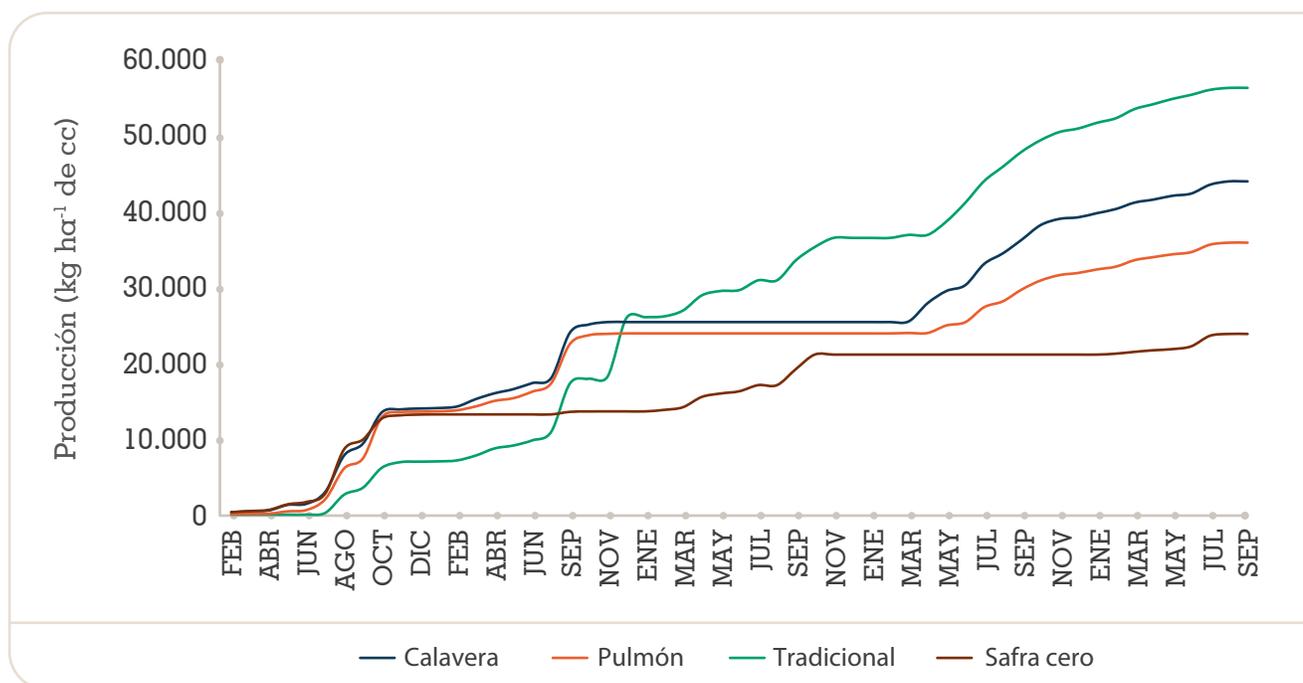


Figura 14. Registro de la producción acumulada de café cereza en los sistemas de renovación, hasta el mes 66.

En cuanto al total de los costos en los que se ha incurrido hasta la fecha de los análisis, los mayores corresponden a la zoca convencional, seguida de la poda pulmón y finalmente de la calavera. Los ingresos brutos acumulados al mes 66 son superiores en el sistema de zoca tradicional (corte a 30 cm), frente a los otros sistemas.

La información obtenida hasta el momento muestra que, pese a los mayores costos registrados, los ingresos obtenidos en mayor proporción en el sistema de zoca tradicional se explican porque en los sistemas de poda calavera y pulmón con dos cosechas, comienza

a evidenciarse el peso del segundo año improductivo, y en el sistema de safra cero el tercer año improductivo, que implican costos de renovación y levante adicionales, que deben asumir las arrobas producidas en esos sistemas en el mismo horizonte de tiempo que la zoca tradicional registra cuatro cosechas y un período improductivo.

Es importante mencionar que los sitios perdidos y los árboles improductivos en los sistemas de podas pulmón y calavera son en promedio de 39%, debido a podas recurrentes que impiden la posibilidad de realizar resiembras.



ENTOMOLOGÍA

BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE ARTRÓPODOS

Actividad de colección e identificación de artrópodos plaga y benéficos de la zona cafetera. ENT101012

Se identificó y caracterizó el daño causado por el picudo quebrador de ramas del café *Ecnomorhismus quasimodus* en cuatro fincas cafeteras de Nariño en los municipios de Colón y Tablón de Gómez ubicados por encima de los 1.900 m de altitud. Los ataques ocurrieron en ramas y tallos de árboles de café de forma aleatoria, con un porcentaje inicial de árboles infestados entre 50% y 65% (Figura 15), independientemente de la variedad o edad del cultivo. Se encontraron afectaciones en ramas entre 1,8% y 4,8% por árbol, donde se observaron ramas quebradas o con lesiones en la corteza (sitios de oviposición del insecto). Se hallaron cuatro especies de parasitoides afectando este insecto, siendo el parasitoide de huevos *Heterospilus* sp. (Braconidae) el más importante, con porcentajes de parasitismo hasta del 85% obtenidos de posturas parasitadas en el campo (Figuras 16 y 17). Se evaluó el efecto de la poda sanitaria en un lote de 2.332 árboles y el uso de jaulas de exclusión para incrementar el parasitismo natural. Como

resultado de un censo, se encontró que, del total de árboles que componían el lote, 579 estaban afectados por el picudo quebrador de las ramas, lo que representa el 25%; el número de ramas afectadas fue de 831 y el promedio de ramas afectadas por árbol fue de 1,5, con mínimos de uno y máximos de ocho. Al cabo de 6 meses, posterior a la poda sanitaria, el porcentaje de daño disminuyó a 6,8%. Durante la vigencia de este informe se reportó, por primera vez, el ataque en café del caracol gigante africano *Achatina fulica* en la Tebaida en el departamento del Quindío (Figura 18). Se realizó un censo en un lote de 3.906 árboles de café, de los cuales 510 estaban anillados y marchitos (Figura 19), lo que representó un 13% de árboles afectados. En la Estación Experimental Paraguaicito se evaluaron siete tipos de trampas en un foco. El total acumulado de capturas de caracol gigante africano de diferentes edades fue de 1.572 individuos, durante cuatro meses, que en peso correspondieron a 584 kg. La trampa de mayor eficacia fue construida con tejas de barro, en cuyo interior contenía un cebo con cáscara de piña fermentada. Se encontró que las prácticas de control cultural como la eliminación de los sitios de reproducción y refugio del caracol africano, tales como residuos de cosecha, residuos de desyerbas, basuras y hojas de plátano, fueron importantes para disminuir las poblaciones. Se

complementó el manejo con control manual y destrucción de los caracoles en fosas con cal, así como evitando el uso de gallinaza o pulpa de café parcialmente descompuesta en los cafetales, en aquellos sitios con presencia de caracol africano. No se recomienda el uso de molusquicidas ya que son ineficaces en épocas de invierno y para evitar riesgos de intoxicación a la fauna benéfica y doméstica.

Actividad de cría de insectos para fines experimentales. ENT101013

Durante esta vigencia, se mantuvieron activas cuatro especies de insectos: Broca del café *Hypothenemus hampei*, en tres tipos de dieta: café pergamino, dieta artificial y café cereza deshidratado; los parasitoides *Phymastichus coffea* y *Prorops nasuta* criados sobre brocas en café pergamino y dietas artificiales y la cochinilla de las raíces *Puto barberi*, criada en hospedante alternativo de papa criolla. Actualmente existen dos colonias de *P. nasuta*, una procedente del laboratorio Biocafé y la otra de cafetales de Nariño de los cuales se recuperaron individuos 30 años posterior a su liberación.

Optimización de la cría en laboratorio de los parasitoides de la broca del café. ENT101017

Con el fin de optimizar la cría en el laboratorio de los parasitoides de la broca del café, se realizaron modificaciones a las dietas merídicas de broca, las cuales mostraron un promedio de 30,4 (32,2-30,6 IC) hembras fundadoras, por cada 60 mL de dieta artificial. Pasados 70 días de infestación (n=65 dietas), se recuperaron en promedio 31,3 (30,52-32 IC) estados biológicos de broca por hembra fundadora, para un total de 806,1 (864,5 – 747,7) por caja. La dieta para infestar con broca durante la producción de *Phymastichus coffea* está siendo modificada en sus ingredientes originales, con la finalidad de disminuir los costos de producción. Se criaron estos parasitoides en cajas plásticas rectangulares (17x12x7 cm) conteniendo 120 mL de dieta, 2.000 brocas, 200 *P. coffea*

(n=35 dietas), con lo cual se obtuvo una tasa media de parasitismo de 66%. Se determinó el efecto de la temperatura sobre la biología y reproducción de *P. coffea* en dieta artificial, para lo cual se evaluaron las temperaturas de 16, 20, 25, 28,30 y 32±1°C. La duración del ciclo (huevo-adulto) fue inversamente proporcional en función de la temperatura en el rango entre 20-28°C, a partir de 30°C se observó incremento en la duración del ciclo y para la temperatura de 16 y 32°C no hubo finalización de ciclo. La sobrevivencia total mostró que el rango de temperatura entre 25-28°C presentó los mayores valores entre 85%-75%, y a las temperaturas de 30 y 20°C fueron iguales o cercanos al 60%; para las temperaturas extremas de 16 y 32°C no hubo sobrevivencia. Se determinó el número promedio de huevos por hembra de *P. coffea*, donde la temperatura de 25°C presentó el mayor valor con 38,1±1,1, seguida de 28°C con 23,1±1,1, 30°C con 18,6±1,1 y 20°C con 4,2±0,5. Se determinó la tasa de parasitismo de *P. coffea* en las cuatro temperaturas evaluadas, donde el mejor parasitismo se presentó en la temperatura de 25°C (67%) comparada con las otras temperaturas, con valores inferiores a 41%.

Identificación de microorganismos asociados a las cochinillas de las raíces del café. ENT101014

Con el objetivo de caracterizar la composición microbiana de diferentes especies de cochinillas de las raíces del café, durante este año se avanzó en la recolección de insectos en el campo, en tres localidades del departamento de Quindío y su identificación molecular. Las muestras fueron desinfectadas superficialmente y almacenadas para su análisis mediante técnicas de metagenómica. Las especies de cochinillas identificadas mediante análisis de las secuencias del código de barras del gen citocromo oxidasa I (COI), mostraron alta similitud con las secuencias correspondientes a las especies *Pseudococcus elisae* y *Dysmicoccus texensis* (Tabla 13). Se produjeron las primeras secuencias 16S de referencia para la especie *Puto barberi*.

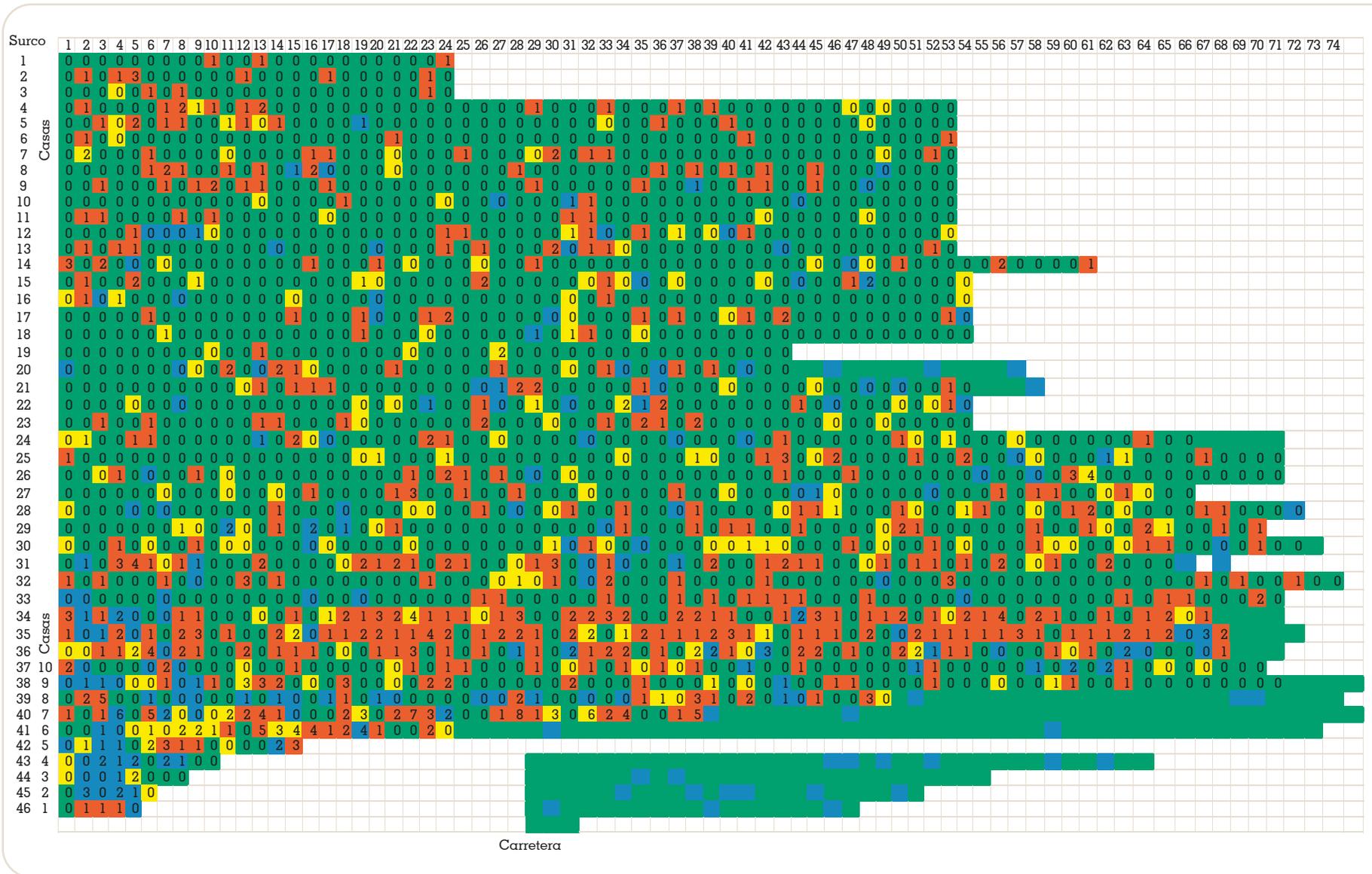


Figura 15. Censo de árboles afectados por *Ecnomorhinus quasimodus* durante seis meses posteriores a la poda sanitaria. Los recuadros en naranja representan los árboles afectados al inicio de la poda sanitaria, los amarillos al mes tres y los azules a daños en el mes seis.



Figura 16. Huevo de *Ecnomorhinus quasimodus* parasitado por *Heterospilus* sp. en ramas de café;
a. Huevo de la plaga mostrando la formación de ojos (rojos) del parasitoide;
b. Pupa del parasitoide. Se observa la cabeza, ojos, patas y abdomen de la futura avispa.



Figura 17. Parasitoide *Heterospilus* sp. en formación, extraído de huevos de *Ecnomorhinus quasimodus* en ramas de café.



Figura 18. Daños de caracol africano *Achatina fulica* en café. **a.** Anillado de tallos; **b.** Marchitamiento y muerte de árboles anillados; **c.** Anillado de ramas y tallos verdes; **d.** Contaminación de frutos de café con baba de caracol, portador de bacterias y parásitos que causan enfermedades al ser humano.



Figura 19. Sitios de refugio y alimentación del caracol africano *Achatina fulica* en cultivo de café. **a.** En gallinaza fresca, junto a un tallo de café anillado; **b.** Caracoles muertos con metaldehído en el plato de un árbol de café fertilizados con gallinaza fresca; **c.** Residuos de cosecha de banano en el cafetal, que sirven de refugio y alimentación al caracol africano.

Tabla 13. Identificación molecular para muestras de *Pseudococcus* y *Dysmicoccus*.

Código de la muestra	COI long (pb)	Mejor coincidencia BLAST (Accesión)	Similitud (%)
PA1	345	<i>Pseudococcus elisae</i> (KX639740.1)	100,00
PA2	369	<i>Dysmicoccus texensis</i> (KY373086.1)	97,56
PA3	368	<i>Dysmicoccus texensis</i> (KY373086.1)	96,74
PA4	372	<i>Dysmicoccus texensis</i> (KY373086.1)	97,58
PA5	315	<i>Pseudococcus elisae</i> (KX639740.1)	100,00
PA6	372	<i>Dysmicoccus texensis</i> (KY373086.1)	96,77
PA7	369	<i>Dysmicoccus texensis</i> (KY373086.1)	97,56
PA8	368	<i>Dysmicoccus texensis</i> (KY373086.1)	97,55
PA9	369	<i>Dysmicoccus texensis</i> (KY373086.1)	96,75
PA10	370	<i>Pseudococcus elisae</i> (KX639740.1)	99,46
PA12	365	<i>Pseudococcus elisae</i> (KX639740.1)	99,73

CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS DEL CAFÉ

Actividad de mantenimiento y caracterización del cepario de hongos de Cenicafé. ENT103001

El cepario de hongos de Cenicafé cuenta con 311 cepas de microorganismos, los géneros más representativos corresponden a *Beauveria bassiana* con 138 aislamientos y *Metarhizium anisopliae* con 41. Todos los aislamientos al día de hoy están preservados en tres métodos de almacenamiento: nitrógeno líquido, glicerol-20°C y almacenamiento en PDA con aceite mineral. Todas las cepas están preservadas en 2 o 3 años diferentes. Se cuenta con aislamientos que están preservados desde

el 2014. Todos los géneros de hongos preservados tienen aislamientos entre 1 y 7 años de almacenamiento. Se empezaron a evaluar y preservar los aislamientos con tiempo de almacenamiento más antiguo, que correspondían al año 2013. Se evaluaron 103 cepas en total, 57 correspondientes a *B. bassiana*, cuatro a *M. anisopliae*, tres a *Colletotrichum* sp y 39 a microorganismos del suelo que son posibles fijadores de fosfatos. Se observó que 22 cepas evaluadas de *B. bassiana*, preservadas hasta por diez años (desde el 2013), mostraron viabilidades del 80% en promedio, para los tres métodos de almacenamiento. Las demás cepas presentaron germinaciones alrededor del 80%. Se adicionaron dos nuevas cepas de *M. anisopliae* al cepario aisladas de *Cyclocephala*

fulgurata (chisas) que fueron encontradas en la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná, Caldas). Se continuó actualizando la información requerida por el Instituto Von Humboldt relacionada con el Registro único de colecciones y la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales).

Actividad de mantenimiento de colonias de broca y parasitoides. ENT103005

Esta actividad permitió la producción de adultos y estados inmaduros y la entrega de 2,5 millones de individuos de la broca del café, las cuales fueron utilizadas en las investigaciones de la disciplina de Entomología. Dada la imposibilidad de importar nuevamente la especie *Phymastichus coffeae*, de origen africano, se mantuvo un pie de cría de 150.000 individuos, que ha permitido la producción masiva en investigaciones de control biológico por aumentación. Se mantuvo el laboratorio Biocafé en nuevas instalaciones en la Estación Experimental Naranjal desde 2020.

Estimación de variabilidad genética en colonias de las avispas *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*. ENT103016

Con el propósito de estimar los niveles de variabilidad genética presente en colonias de las avispas *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea* utilizadas para el biocontrol de la broca, se avanzó en la secuenciación y ensamblaje de los genomas de referencia para las dos especies de avispas y se realizaron los cálculos de variabilidad genética en las poblaciones de laboratorio. Se generaron genomas de referencia de 295 Mega bases (Mb) para *P. nasuta* y de 421 Mb para *P. coffea*, correspondientes al 99% y 98%, respectivamente (Tabla 14). Se identificaron 17.631 y 20.147 genes putativos para *P. nasuta* y *P. coffea*, respectivamente. Las estimaciones de la variabilidad genética en poblaciones de laboratorio de estas avispas mostraron niveles de diversidad nucleotídica y diversidad genética relativamente bajos en ambas especies, comparados con estimaciones reportadas en la literatura para otras avispas.

Tabla 14. Descripción estadística de los ensamblajes del genoma de *Prorops nasuta* (Pnas.v1) y *Phymastichus coffea* (Pcof.v1).

	Genoma Pnas.v1	Genoma Pcof.v1
Total genoma ensamblado	295.207.564 pb	421.229.823 pb
Scaffolds	479	389
Scaffold más largo	19.507.392 pb	17.302.026 pb
Scaffold N50	6.488.751 pb	4.359.666 pb
Scaffold L50	15	25
Contenido GC	40,17%	39,02%
BUSCO completos	99,20%	97,51%
BUSCO duplicados	1,5%	1,2%

CONTROL GENÉTICO DE PLAGAS DEL CAFÉ

Determinación de la capacidad embriogénica y generación *in vitro* de plantas de materiales híbridos productos de los cruzamientos de líneas *C. arabica* var. Castillo X líneas de *C. arabica* silvestres. ENT104001

Para seleccionar genotipos de *Coffea arabica* con menor susceptibilidad a la broca del café, en trabajos previos se identificaron los materiales silvestres de *C. arabica* E286 y E554 al igual que materiales híbridos provenientes del cruce de estos con progenies de la variedad Castillo®. Cuatro líneas híbridas sembradas en la Estación Naranjal (Caldas): CU1842xE286, CX2385xE286, CX2385xE554 y CX2848xE554 se seleccionaron por su alta capacidad de regeneración *in vitro* y características agronómicas sobresalientes. En la Estación Experimental La Catalina (Risaralda) se trasplantaron en el campo, plantas provenientes de cultivo *in vitro* de los materiales híbridos junto con la línea materna CX2848 y plantas obtenidas por semilla de Var. Cenicafé 1 y Var. Castillo® Naranjal. Las evaluaciones en el campo de los híbridos mostraron, en años anteriores, que el desarrollo de poblaciones de broca disminuyó en 50% al compararlas con los materiales comerciales. Durante este año se recolectaron frutos maduros de los siete materiales sembrados en La Catalina y se determinó el efecto sobre la broca del café usando dietas artificiales y directamente las semillas. En las dietas artificiales se observó que los dos híbridos: CU1842xE286, CX2385xE286 causaron las mayores mortalidades en la broca de 41% y 36%, respectivamente (Figura 20). A su vez los híbridos provenientes del material E554 en La Catalina no difieren de la madre CX2848. Los cuatro híbridos difieren de las variedades comerciales. Evaluando las semillas de estos híbridos de La Catalina, se corroboró

que los materiales provenientes del E286 muestran las menores poblaciones de broca (16-18 individuos por semilla) y difieren de los demás (Figura 21). Los materiales Cenicafé 1 y Castillo® Naranjal presentaron las mayores poblaciones de broca (25-30 individuos por semilla). Adicionalmente, se continuó con la evaluación agronómica de estos híbridos y los materiales CX2385xE286, CU1842xE286 y CX2848xE554 presentaron las mayores producciones acumuladas (Figura 22). La evaluación de roya según escala de Eskes indicó resistencia con valores < 1. Se realizaron los cruces inversos de estos híbridos y se cuenta con 100 a 200 plantas de E286xCU1842 y E286xCX2385, E554xCU1842, E554xCX2385 y E554xCX2848. Se cuenta con tres líneas híbridas con alta producción acumulada, excelente calidad, resistencia a roya y menor susceptibilidad a la broca del café.

Utilización de microorganismos para el silenciamiento de genes en la broca del café como una alternativa para el control del insecto. ENT104009

Con el objetivo de explorar una estrategia de control de la broca basada en RNA de interferencia (RNAi) mediada por microorganismos, se avanzó en la construcción de vectores de expresión bacteriana de RNA de doble cadena (dsRNA) para nuevos genes blanco contra la broca, en el desarrollo de bioensayos de silenciamiento, en la evaluación de mortalidad en broca en bioensayos de silenciamiento del gen de la β -mananasa y en la identificación de bacterias simbiotes de la broca genéticamente manipulables. Se clonaron fragmentos de genes de la broca que codifican para citocromo P450 (CYP450) y xilanasas (XYL1, XYL2) en el vector pL4440, se confirmó su expresión en la cepa de *Escherichia coli* HT115(DE3) y se desarrollaron ensayos de silenciamiento de estos genes en larvas de broca (Figura 23). Los bioensayos de mortalidad de larvas de broca por silenciamiento del gen de la β -mananasa

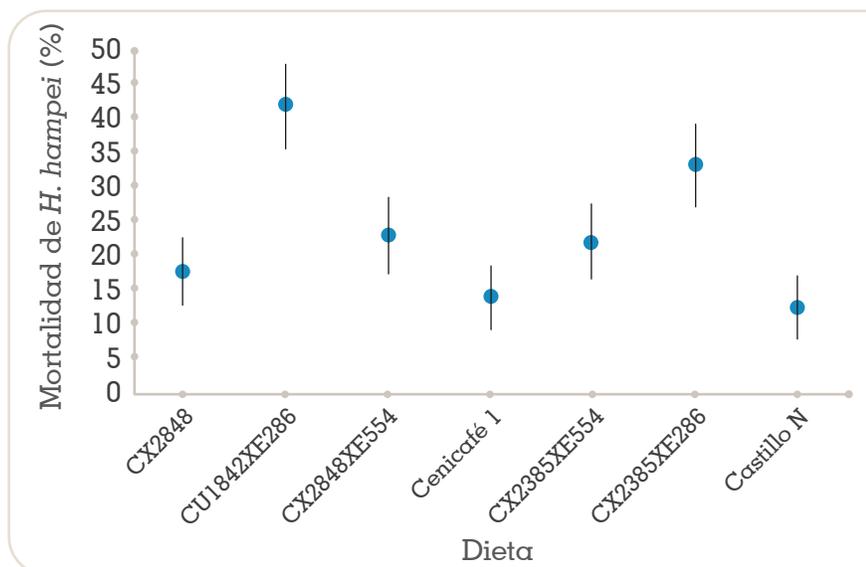


Figura 20. Efecto de dietas artificiales con café obtenido de materiales híbridos sembrados en la Estación Experimental La Catalina (2022), en la mortalidad de poblaciones de *H. hampei*.

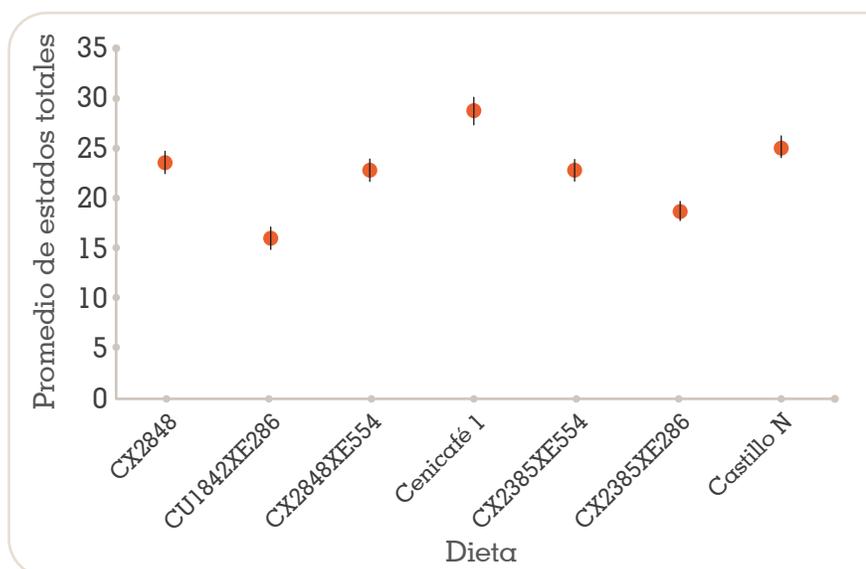


Figura 21. Efecto de semillas de café obtenido de materiales híbridos sembrados en la Estación Experimental La Catalina (2022), en las poblaciones de *H. hampei*. Barras indican el límite superior e inferior.

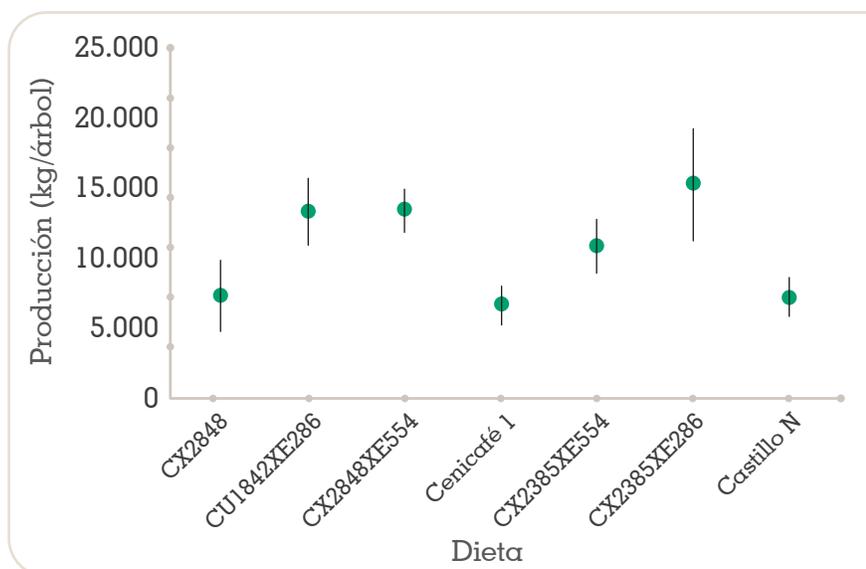


Figura 22. Promedio de producción acumulada de café cereza por planta de materiales híbridos y variedades comerciales, sembrados en la Estación Experimental La Catalina, a los 48 meses (abril 2022).

mostraron efectos letales frente a un control en las semanas 1 y 2 de incubación. Mediante el uso de herramientas moleculares de edición genética en bacterias se logró la integración de un gen marcador de fluorescencia en cepas de simbiontes de broca, lo que permitió identificar aislados de *Pantoea* y *Erwinia* como bacterias que son genéticamente manipulables y candidatas para avanzar en la creación de un vehículo bacteriano para liberación de RNAi en el tracto digestivo de la broca (Figura 24).

Silenciamiento de los genes Alpha 1 y Alpha 2 en la planta de café asociados a los volátiles que atraen a la broca del café. ENT104010

Con el propósito de obtener plantas de café con menor atracción a la broca, se busca silenciar la expresión de los dos genes asociados con la producción de los volátiles Alpha 1 y Alpha 2, utilizando la metodología CRISPR/Cas9 de edición genética. Se están utilizando tres aproximaciones metodológicas



Figura 23. Construcción de vectores de expresión bacteriana de RNA de doble cadena para el silenciamiento de los genes de la broca que codifican para citocromo P450 (CYP450) y xilanastas (XYL1 y XYL2). **a.** Diseño del vector de expresión pL4440; **b.** Validación de expresión de dsRNA en *E. coli* HT115(DE3); **c.** Secuencia de los fragmentos de CYP450, XYL1 y XYL2 utilizados para síntesis de dsRNA.

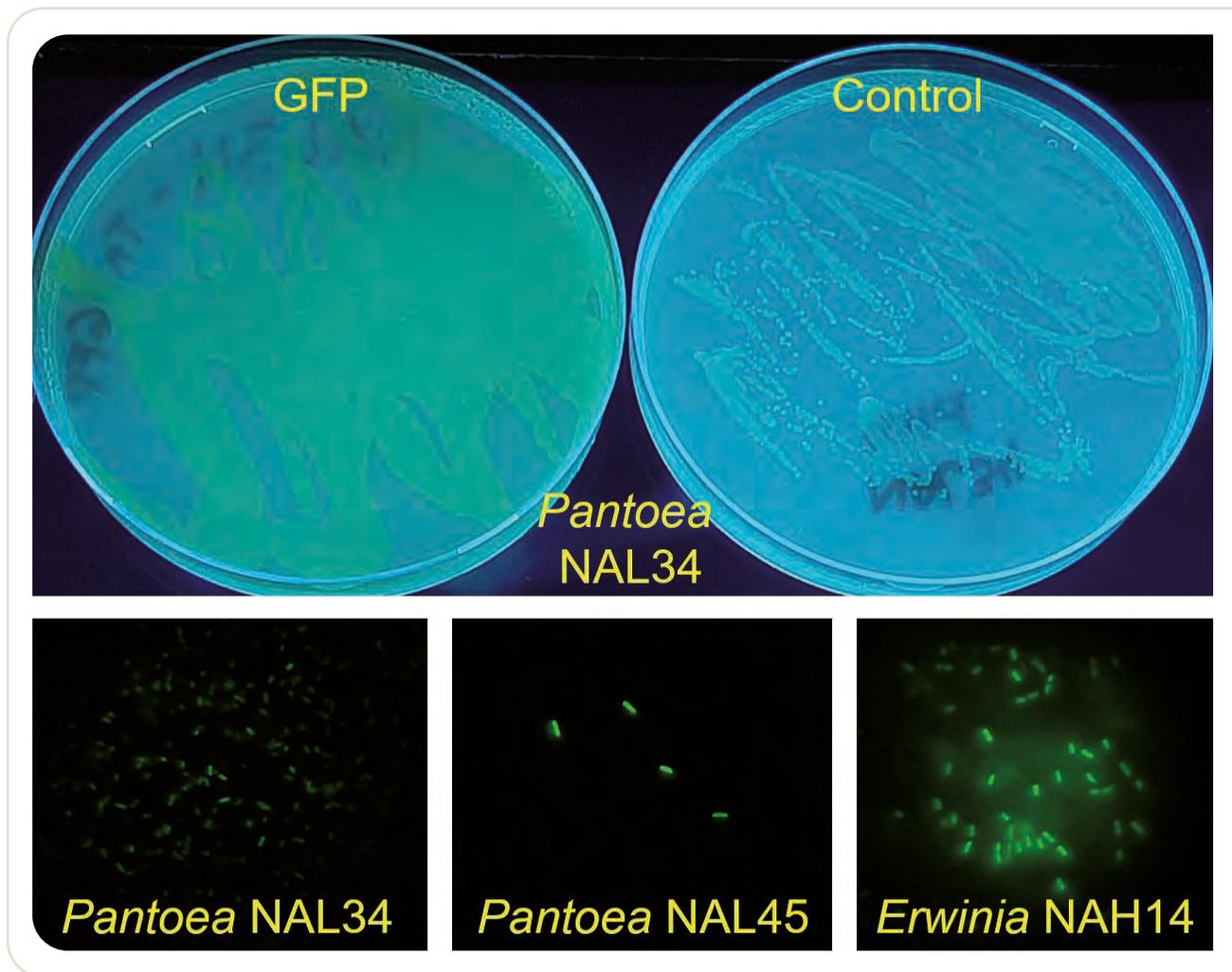


Figura 24. Expresión de fluorescencia en aislados de bacterias simbiotas de broca del café transformadas mediante el sistema mini-Tn7.

para lograr este objetivo. La primera estrategia consistió en realizar modificaciones genéticas en chapolas de café mediada por *Agrobacterium tumefaciens* conteniendo los vectores Crispr/Cas9-Alpha 1 y Crispr/Cas9-Alpha 2. Estos dos vectores contienen el gen *bar* que confiere resistencia al glufosinato de amonio (herbicida Finale®). Como control se usó el vector Earleygate100 solo con el gen *bar*. Se han realizado diez eventos de modificación. Para esto, las chapolas se inocularon con *A. tumefaciens* por punción en los meristemos. Luego de tres meses y tras la aplicación del herbicida a una concentración entre 1-3 g L⁻¹ se seleccionaron las posibles plantas editadas (Figura 25). En tres eventos

diferentes, se seleccionaron diez plantas tolerantes al herbicida. A estas plantas se les hizo extracción de DNA y nueve de ellas, editadas con el vector Crispr/Cas9-Alpha 1, mostraron la presencia de los genes *bar* y *cas9* así como una planta modificada con el vector de control EarleyGate-100. La segunda estrategia consistió en realizar la modificación de tejido embriogénico (TE) de *Coffea arabica* del genotipo CX2178 y regenerar plantas. Para esto, con *A. tumefaciens* conteniendo cada uno de los tres vectores de interés, se realizaron seis eventos de transformación de TE. El tejido posiblemente modificado se está subcultivando cada 15 días en medio

líquido conteniendo el herbicida Finale® (concentración $0,2 \text{ g L}^{-1}$) para su selección. En tres eventos se ha registrado la formación de embriones en el tratamiento control de regeneración. La tercera estrategia consistió en la modificación genética intercedida por polen. Para esto, con cada uno de los tres vectores de interés, se realizó la modificación genética de polen de café, mediante aplicación de ultrasonido a una frecuencia de 30 Hz. Con este polen, conteniendo cada

uno de los vectores, se realizó la fecundación de árboles de café con 150 y 200 pistilos de flores emasculadas; como control se hicieron fecundaciones con polen no modificado y con polen solamente tratado con ultrasonido. Se obtuvieron en promedio 50 frutos en los árboles fecundados con polen no modificado y con polen tratado con ultrasonido, y un promedio de 55 frutos en árboles fecundados con polen tratado con ultrasonido con los vectores de interés (Figura 26).

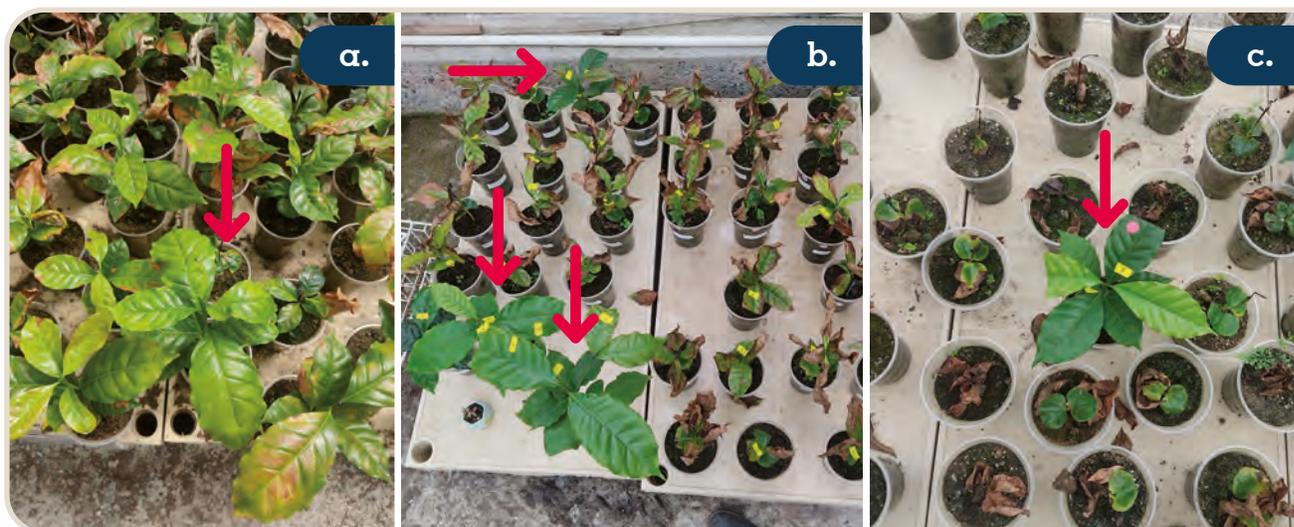


Figura 25. Plantas obtenidas en dos eventos de modificación genética luego de un mes de aplicación de herbicida. **a.** Concentración de herbicida 1 g L^{-1} ; **b-c.** Concentración 3 g L^{-1} . Las flechas rojas señalan plantas que fueron resistentes a la aplicación del herbicida.



Figura 26. Polinización de flores emasculadas con polen tratado con ultrasonido (vector *Crispr/Cas9-Alpha 1*) y desarrollo de frutos.

CONTROL QUÍMICO DE PLAGAS DEL CAFÉ

Evaluación de insecticidas de nueva generación para el manejo integrado de las cochinillas de las raíces del café. ENT105011

El objetivo de esta investigación fue evaluar, para el control de las cochinillas de las raíces del café, insecticidas de nueva generación y de bajo impacto ambiental que no estén prohibidos o restringidos por certificadoras de café sostenible o códigos de conducta que operan en la zona cafetera colombiana. Los resultados de la evaluación de los insecticidas en la Etapa 1 mostraron que, de los 20 insecticidas evaluados, cinco tuvieron una eficacia superior al 80%: starkle (dinotefuran), preza (cyantraniliprole), locked (pyriproxyfen + acetamiprid), ADNTRI3 (aceite botánico mezcla de varias plantas) y un fitoquímico de Cenicafé. Estos productos, junto al insecticida Movento (spirotetramat), el mineral hidróxido de calcio, el botánico azasol (*Azadirachta indica*) y el biológico *Metarhizium robertsii*, serán evaluados en una Etapa 2 en condiciones de almácigo.

BIODIVERSIDAD DE LA ARTRÓPOFAUNA DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA

Determinación del ciclo de vida, comportamiento y hongos asociados de las cochinillas que enquistan raíces del café. ENT106003

Se determinó el ciclo de vida de *Pseudococcus elisae* (Hemiptera: Pseudococcidae) y el comportamiento en el campo de las cochinillas que enquistan raíces del café. Se estableció la asociación entre los basidiocarpos que se encuentran en el plato de los árboles de café, los quistes que cubren las raíces y las cochinillas que se encuentran en el interior de los mismos, a través de técnicas moleculares y descripciones

morfológicas. Como resultados se encontró que en condiciones de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 70%-80% HR y fotoperíodo 12:12 h, la duración del ciclo de vida de *P. elisae* sobre café fue de $98,1 \pm 1,3$ días para las hembras y $68 \pm 0,4$ días para los machos; los hongos que correspondieron tanto a los quistes como a los basidiocarpos fueron *Phlebotopus beniensis* (Figura 27a), asociado con *Pseudococcus elisae*, *Dysmicoccus* complejo *texensis*, *Dysmicoccus brevipes* y *Pseudococcus* nr. *sociabilis*; *Phlebotopus portentosus* asociado con *D.* complejo *texensis* y *Boletiniellus rompelii* con Pseudococcidae sp. En cuanto al comportamiento en el campo, en aquellos lotes que provienen de altas infestaciones por cochinillas, en las renovaciones por siembra, las especies inician ataque a las raíces desde el primer mes de sembradas las plantas. Aunque se presentaron sitios de mayor concentración de plantas afectadas, las especies estudiadas se encontraron distribuidas por todo el lote. La asociación entre hongos y cochinillas se observó después de los once meses de sembradas las plantas de café. En los cortes transversales de raíces afectadas (Figura 27b) y sanas (Figura 27c), a través de análisis macroscópicos, se encontró que la presencia de quistes y cochinillas en las raíces del café afectó la epidermis, parte de la corteza, y en ocasiones, el cilindro vascular, lo que repercute en el desarrollo fisiológico de la planta y los síntomas se manifiestan en la parte aérea con clorosis, marchitez y en ocasiones la muerte.

VALIDACIÓN DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL CAFÉ

Evaluación de equipos y tecnologías de aspersión en el control de plagas en el cultivo del café. ENT107005

El objetivo de esta investigación fue contar con tecnologías de aspersión que permitan una calidad física de aspersión igual o superior a los equipos tradicionales y menores consumos de agua y mano de obra. Con el equipo semiestacionario fueron estudiadas



a.



b.



c.

Figura 27. a. Basidiocarpio de *Phlebopus beniensis*, hongo asociado con las cochinillas *Pseudococcus elisae*, *Dysmicoccus complejo texensis*, *Dysmicoccus brevipes* y *Pseudococcus* nr. *Sociabilis*. que enquistan raíces del café; b. Raíz afectada por las cochinillas que enquistan en las raíces del café; c. raíz de café sana.

boquillas de baja descarga y menores presiones de trabajo; los resultados muestran que con la boquilla TX-4, trabajando a 125 psi, es posible aplicar volúmenes de agua inferiores a 190 L ha⁻¹ en un tiempo menor a 4 h ha⁻¹; esto significaría un ahorro significativo de insecticida y mano de obra con estos equipos. Al evaluar la aspersora eléctrica RoyalCondor® La Pila, el equipo mostró que la batería permitió el trabajo durante más de ocho horas continuas; las aplicaciones produjeron eficacias similares o superiores al equipo de palanca, logrando ahorros de insecticida hasta de un 57% al utilizar boquillas TX3 y TX2 con presiones y método de aspersión correcto. El estudio de drones para el control de plagas en el cultivo del café, inició con la evaluación de la calidad física de las aspersiones en cultivos de diferentes edades; los resultados mostraron, bajo ciertas configuraciones de vuelo y del sistema de aspersión, cubrimientos en ramas de la zona productiva del árbol entre 61 y 143 gotas/cm², con tamaños de gota de 229 a 301 µm, datos que son óptimos para la eficacia de los insecticidas. Esta información permitió varias evaluaciones biológicas de insecticidas. La aplicación de voliam flexi® para el control de la broca, en diferentes dosis del insecticida y configuraciones de aspersión del dron DJI-1S, mostró resultados de control promedio alrededor del 70%, valores similares o superiores al obtenido con el equipo eléctrico de espalda, testigo de referencia. Con estos resultados se espera continuar con la puesta a punto de una técnica de aspersión de pesticidas en café mediante el uso de drones.

Producción masiva de parasitoides africanos para el control de la broca en grandes áreas (Area-wide). ENT107011

Con el fin de controlar la broca con parasitoides africanos, en una estrategia en grandes áreas, *Area-wide*, se produjeron en condiciones de laboratorio las especies *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea* y se liberaron en una finca de 70 hectáreas de

café en cantidades superiores a 2,5 millones de individuos. En los parches de colonización de la finca San José, con las liberaciones de *Phymastichus coffea*, se obtuvieron niveles de parasitismo entre el 12% y el 56,3% que permitieron reducir los niveles de infestación de la broca del café en promedio en 45% en comparación con parcelas en similares condiciones en la Estación Experimental Naranjal donde no se liberaron avispa. Para *Prorops nasuta*, los niveles de parasitismo oscilaron entre 0,3% y 7,7%, conjugando la actividad parasítica y depredadora de la especie, las liberaciones permitieron una reducción de aproximadamente 80% en el número de estados biológicos de la broca del café por hectárea en los parches de dispersión de la finca San José en comparación con las parcelas donde no se liberaron avispa. Las liberaciones de ambas especies han reducido la densidad poblacional de la plaga hasta en 68%, respecto a las parcelas en condiciones similares donde no se han realizado liberaciones (Figura 28). Con estos resultados, se espera obtener la información que sustente un estudio de factibilidad técnica y económica de una estrategia de *Area-Wide* para controlar la broca en Colombia utilizando parasitoides africanos.

Establecimiento de estrategias de control de broca durante la retención de pases en la cosecha de café asistida con lonas. ENT107013

La retención de pases durante 35 días para la cosecha asistida con lonas, es una práctica que permite maximizar la mano de obra durante las cosechas; sin embargo, existe una restricción con respecto a la infestación por broca ya que niveles superiores al 2% conllevaría a una afectación en la calidad del café. Con el objetivo de identificar las fuentes de infestación de broca durante la retención de pases, se evaluó el comportamiento poblacional de la broca durante la cosecha principal en las Estaciones Experimentales Naranjal y La Catalina. Para esto se evaluaron

ocho tratamientos en dos modalidades, árboles cubiertos con jaula entomológica y árboles expuestos (Figura 29). La unidad experimental (UE) estuvo conformada por un árbol de café con frutos de 230 días después de floración (ddf) (día 0). Por cada tratamiento se tuvieron ocho repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: T1, Árboles con frutos perforados en el árbol y sin frutos perforados en el suelo. T2, Árboles sin frutos perforados en el árbol y con frutos perforados en el suelo. T3, Árboles con frutos perforados en el árbol y con frutos perforados en el suelo. T4, Árboles sin frutos perforados en el árbol y sin frutos perforados en el suelo. Se contabilizó el número total de frutos presentes en las ramas de cada árbol y en el suelo por estado de maduración y el número total infestados. Al día 265 dff (día 35) se evaluó nuevamente los porcentajes de infestación de broca y el número de frutos

totales en cada árbol. Los resultados por cada tratamiento mostraron un incremento en los porcentajes de infestación de broca en La Catalina de 11,1%; 5,1%; 18,2%; 2,1% para los árboles cubiertos y de 12,4%; 7,7%; 13,3%; y 3,4% para los árboles expuestos respectivamente (Figura 30). En Naranjal se obtuvieron valores de infestación de 7,8%; 5,2%, 8,4% y 4,0 % en los árboles cubiertos y de 6,0%; 3,8%; 9,9% y 2,6% en los árboles expuestos (Figura 31). Los resultados indicaron que las infestaciones de los frutos en los árboles provienen de los mismos frutos infestados presentes en las ramas desde el inicio de la retención de los pases en la cosecha y adicionalmente de los frutos infestados del suelo. Se continuará con la evaluación de estrategias de control para establecer recomendaciones durante la retención de pases en cosechas principales, incluso si el nivel de broca supera el 2%.

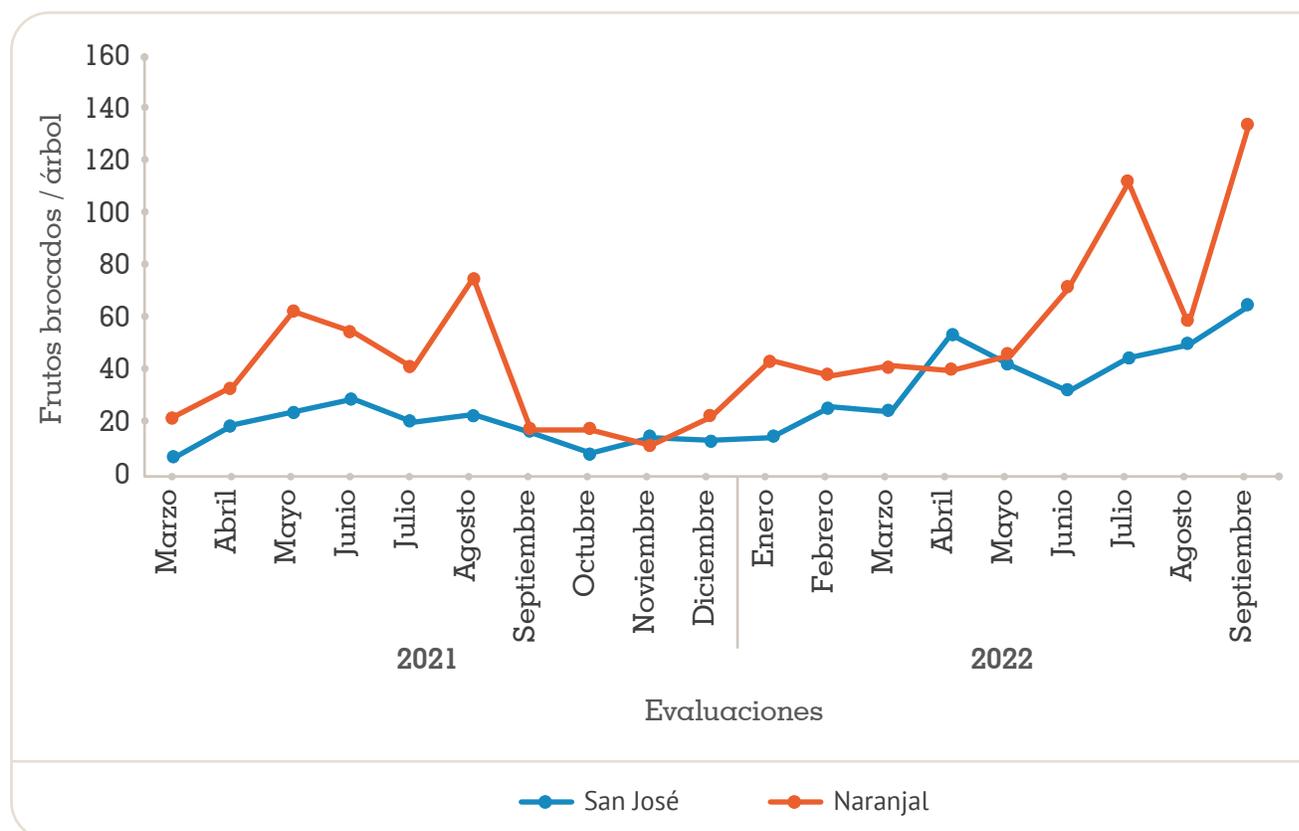


Figura 28. Promedio de frutos brocados / árbol a través del tiempo, para las fincas San José y Estación Experimental Naranjal. Primer y segundo año.



Figura 29. Parcela experimental en dos modalidades. Árboles cubiertos con jaula entomológica y árboles expuestos en lotes de café de cuarta cosecha.

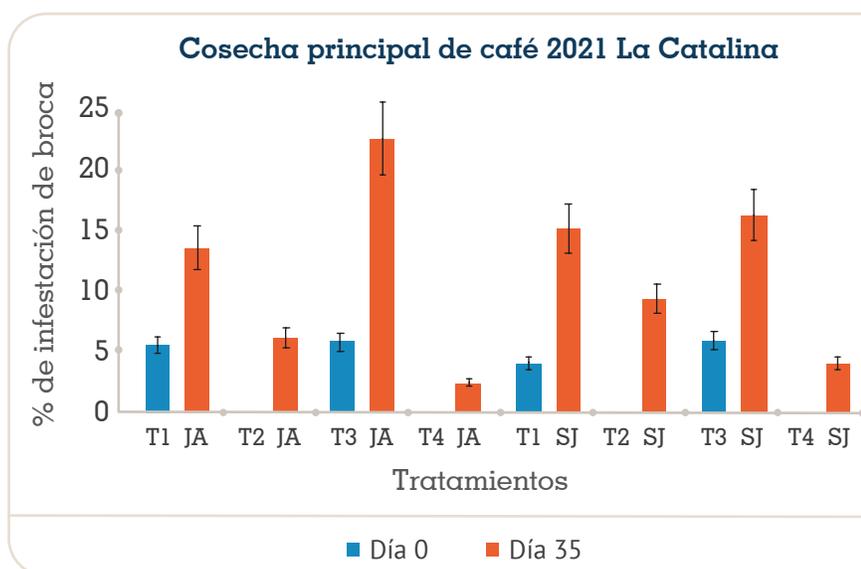


Figura 30. Porcentajes de infestación de broca durante la cosecha principal en árboles cubiertos con jaula entomológica (JA) y en árboles expuestos (SJ) al día 0 y al día 35 de la retención de pases en la Estación Experimental La Catalina.

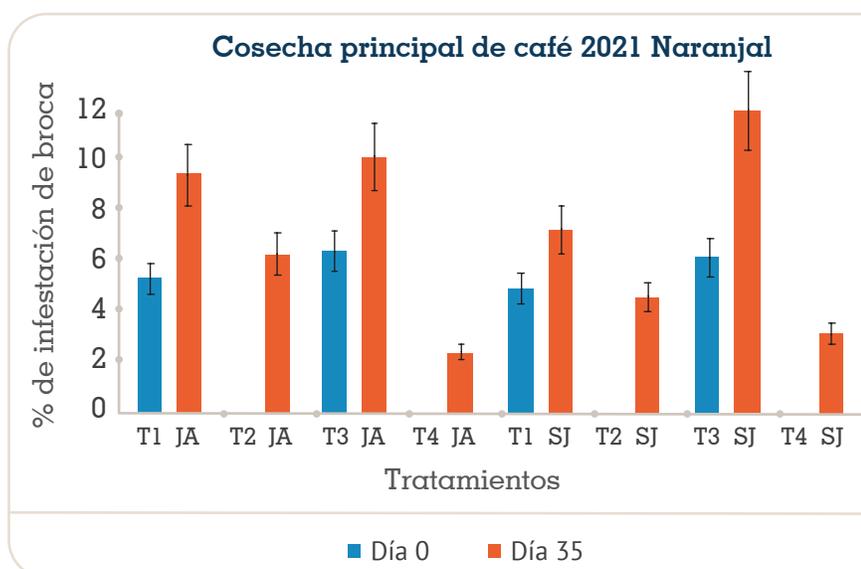


Figura 31. Porcentajes de infestación de broca durante la cosecha principal en árboles cubiertos con jaula entomológica (JA) y en árboles expuestos (SJ) al día 0 y al día 35 de la retención de pases en la Estación Experimental Naranjal.



EXPERIMENTACIÓN

Para este informe, la Disciplina de Experimentación continúa con la coordinación técnico-administrativa de las ocho Estaciones Experimentales (EE), con un área total de 501,14 ha.

Se resalta que, 164,89 ha están cultivadas en café, de ellas el 47% están destinadas a la producción de semilla de variedades Castillo® Regional, Cenicafé 1, Castillo® Zonales y Tabi; el 22% en proyectos de investigación y el 31% en el parque experimental.

Se desarrollaron 128 réplicas de investigaciones en las Estaciones Experimentales de Cenicafé y continúan vigentes 108. Por disciplinas, se destacan por su participación, Fitotecnia con 26, Suelos con 19 y Mejoramiento Genético con 16. En cuanto a las EE donde se desarrollan las réplicas, se resaltan Naranjal con 51, Paraguaicito con 17, El Tambo con 14 y La Catalina con 13.

Además, se desarrollaron siete réplicas de investigación en fincas de caficultores ubicadas en el área de influencia de las EE, de ellas siguen vigentes seis; sobresale el apoyo de las EE San Antonio y Naranjal con tres réplicas cada una.

En el apoyo al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías

generadas por Cenicafé, se recibieron 4.664 visitantes, entre caficultores, extensionistas y estudiantes; un 284% más que en el período anterior, debido a la reactivación en el apoyo al Servicio de Extensión en cuanto a visitas a las EE. El 52% de ellos corresponden a caficultores, el 17% a técnicos externos y el 10% a Extensionistas de la Federación.

En la producción y distribución de semilla, se entregaron 83.687 kg de semilla a los diferentes Comités de Cafeteros, 16% menos con respecto al período anterior. La distribución de semilla tipo “Comités” destinada específicamente a germinadores comunitarios elaborados por los Comités de Cafeteros y con miras a apalancar proyectos institucionales para pequeños caficultores fue de 8.239 kg. Para un total de semilla entregada de 91.926 kg y un cumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio (ANS) del 80%.

Los Comités que solicitaron mayor cantidad de semilla, fueron Antioquia con 9.690 kg, Tolima con 9.228 kg, Santander con 9.126 kg, Huila con 8.056 kg y Norte de Santander con 7.308 kg. Adicionalmente, un proyecto de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) en convenio con Starbucks, requirió 10.856 kg de semilla.

Según la variedad, se produjo el 58% de Cenicafé 1, el 12% de Castillo® Zona Centro, el 9% de Castillo® Zona Sur y el 8% de Castillo® Zona Norte. De acuerdo con la procedencia, el 42% se obtuvo en la Estación Experimental Naranja, el 19% en La Catalina, el 17% en La Trinidad y el 11% en Paraguaicito.

El control de calidad de la semilla en el laboratorio indicó que todos los lotes distribuidos tuvieron un porcentaje promedio

de germinación del 92,06% y las pruebas de germinación en arena, en promedio el 85,7%.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) otorgó los derechos de obtentor de variedad para las progenies que conforman la variedad Cenicafé 1 y una progenie de la variedad Castillo® Zona Centro. Además, se adelantó el trámite para solicitar el registro de las variedades: Cenicafé 1, Castillo® Zonales y Tabi en el registro nacional de cultivares.



FISIOLOGÍA VEGETAL

Caracterización de la conductancia foliar en accesiones de la Colección núcleo de germoplasma de *Coffea* sp. FIS108013

Estudios realizados con *Coffea arabica* L. cultivado a la sombra y a plena exposición solar han demostrado que la conductancia hidráulica de la hoja de café (K_F) es el principal impedimento para maximizar el intercambio gaseoso en las hojas y su tasa fotosintética. Diversidad de estudios evolutivos en plantas superiores han validado la correlación positiva entre la conductividad hidráulica foliar (K_F) y la fotosíntesis. La colección núcleo de germoplasma de *Coffea* sp. de Cenicafé representa, en gran medida, la variabilidad de la Colección Colombiana de Café; sin embargo, las diferencias entre las accesiones de la colección en términos de conductancia son desconocidas, motivo por el cual su potencial uso en el desarrollo de nuevas progenies de café con mayores valores de conductancia aun no es posible. En este proyecto se midió la conductancia hidráulica foliar de 42 accesiones de la colección núcleo de germoplasma de *Coffea* sp. usando el método del flujo evaporativo. La fase de campo de la investigación se realizó en la Estación Experimental Paraguacito ubicada en el municipio de Buenavista en Quindío (04°23' N y 75°44' W a 1.203 m de altitud)

donde fueron evaluadas 42 accesiones de la Colección Núcleo de Germoplasma de *Coffea* sp y ocho progenies que conforman a la variedad Cenicafé 1.

La K_F se calculó midiendo la relación entre el flujo hídrico a través de la hoja y su fuerza motriz, representada por el gradiente hídrico entre el peciolo y el sitio de evaporación (potencial hídrico).

En la Tabla 15 se describen los valores calculados de conductancia hidráulica foliar de las 42 accesiones, los cuales variaron entre un límite inferior de $0,336 \pm 0,100$ (CCC35) y superior de $5,453 \pm 0,307$ (CCC1131). El análisis estadístico de la variable K_F con respecto a la distribución por cuantil clasificó a las 42 accesiones en cuatro grupos de conductancia: Baja ($K_F = < 0,96 \text{ mMol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$); Moderada ($K_F = \text{entre } 0,96 - 1,60 \text{ mMol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$); Alta ($K_F = \text{entre } 1,60 - 2,60 \text{ mMol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$) y Muy alta ($K_F = > 2,60 \text{ mMol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$) (Figura 32).

El Análisis de varianza para la variable K_F mostró que hay evidencia estadística en contra de la hipótesis nula para los grupos de conductancia (Df= 3; F= 1.631,96, $p = < 2,0e^{-16}$). La comparación entre grupos mostró que el grupo con conductancia “Muy Alta” logró la mayor K_F con respecto a los demás

en términos estadísticos (entre 43% y 87%), en segundo lugar, el grupo con conductancia “Alta” fue estadísticamente mayor que el de conductancia “Media” y “Baja” (47% y 77%, respectivamente). El grupo con conductancia “Baja” fue estadísticamente menor que el resto de grupos (entre 57% y 87%). Lo anterior demostró que la variabilidad entre los grupos conformados es amplia.

Las conductancias hidráulicas foliares (K_f) de las 42 accesiones, distribuidas de acuerdo

a la clasificación por grupos, se describe en la Figura 33. Las accesiones: CCC16, CCC50, CCC82, CCC176, CCC427, CCC1011, CCC1045 y CCC1131 fueron clasificadas dentro del grupo conductancia foliar “Muy alta”. Este grupo de accesiones estarían en orden de prioridad para una posterior evaluación de su rendimiento fotosintético, tasa de crecimiento y productividad, de manera que esta variable fisiológica pudiera servir como marcador fisiológico en futuros programas de mejoramiento genético del café.

Tabla 15. Valores de conductancia hidráulica foliar de las 42 accesiones que conforman la colección núcleo de germoplasma de *Coffea* sp. La K_f de cada una de las accesiones se calculó mediante el método de flujo evaporativo.

N° Acceión	Nombre Acceión	Media	Desv. Estándar	Mediana
CCC35	AC53	0,336	0,100	0,347
CCC115	Agaro.Kaffa	0,557	0,145	0,566
CCC187	E.114	0,686	0,109	0,666
CCC403	E.394	0,660	0,063	0,673
CCC1074	ET.35C6	0,519	0,067	0,501
CCC1146	ET.42	0,449	0,114	0,430
CCC40	SL28	0,505	0,170	0,475
CCC36	Caturra amarillo	1,268	0,170	1,272
CCC165	E.054	1,637	0,189	1,628
CCC168	E.057	1,453	0,189	1,458
CCC178	E.071	1,062	0,167	1,035
CCC183	E.085	0,980	0,179	0,906
CCC204	E.140	0,989	0,189	1,072
CCC210	E.146	1,231	0,204	1,299
CCC293	E.267	1,085	0,156	1,063
CCC309	E.290	0,959	0,175	0,919

Continúa...

... continuación.

N° Accesión	Nombre Accesión	Media	Desv. Estándar	Mediana
CCC343	E.327	1,272	0,143	1,335
CCC354	E.338	1,724	0,316	1,709
CCC474	E.480	0,932	0,150	0,928
CCC527	E.546	1,025	0,236	0,949
CCC534	E.554	1,237	0,274	1,197
CCC1056	ET.25	1,387	0,288	1,301
CCC1087	ET.37C6	1,533	0,285	1,565
CCC48	H de T.1343	0,854	0,129	0,884
CCC757	Magarogipe	1,594	0,124	1,570
CCC1026	<i>C._liberica excelsa</i>	2,166	0,259	2,188
CCC156	E.042	2,457	0,374	2,558
CCC428	E.420	2,019	0,289	2,020
CCC436	E.428	2,261	0,282	2,266
CCC496	E.504	2,518	0,339	2,589
CCC1059	ET.27	2,071	0,172	2,024
CCC1102	ET.45C1	2,550	0,659	2,541
CCC66	Geisha.A	2,250	0,360	2,378
CCC129	K.7	2,559	0,265	2,485
CCC1011	<i>C._canephora</i>	4,397	0,845	4,455
CCC1131	Catuai rojo	5,343	0,307	5,176
CCC50	Dalecho.TC	3,574	0,351	3,648
CCC176	E_069	3,151	0,183	3,225
CCC427	E_419	4,609	0,399	4,589
CCC1045	ET_06	4,392	0,708	4,491
CCC16	Rume.Sudan	3,352	0,339	3,387
CCC82	S_17.Irgalem	4,668	0,582	4,606

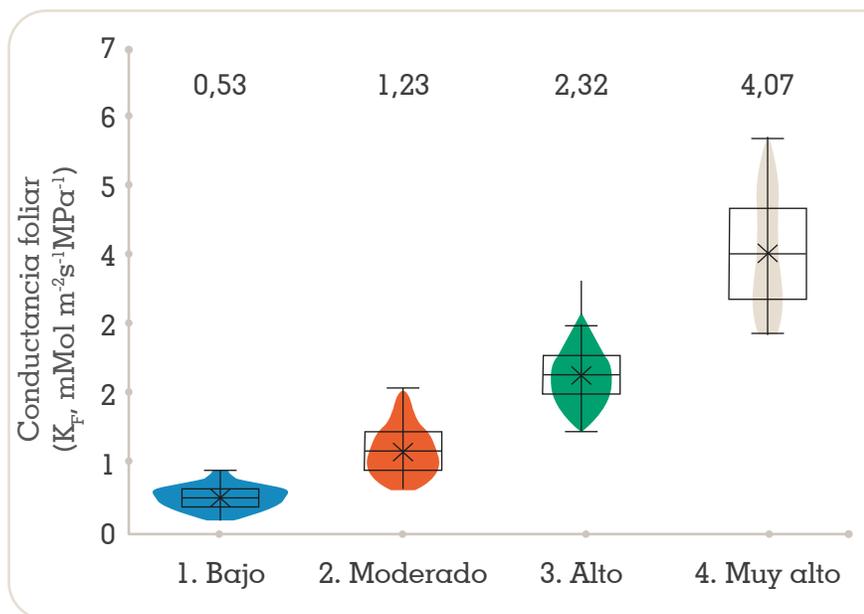


Figura 32. Comparaciones múltiples post-hoc entre los grupos de conductancia para las 42 accesiones de la colección núcleo de germoplasma de *Coffea* sp, con base en los promedios de la variable K_F . 1: Bajo ($K_F = < 0,96 \text{ mól m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$); 2: Moderado ($K_F = \text{entre } 0,96 - 1,60 \text{ mól m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$); 3: Alto ($K_F = \text{entre } 1,60 - 2,60 \text{ mól m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$); 4: Muy alto ($K_F = > 2,60 \text{ mól m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$).

En la Tabla 16 se describen los valores de conductancia hidráulica foliar de las ocho progenies de la variedad Cenicafé 1 con sus respectivos descriptores estadísticos. La conductancia hidráulica varió entre el límite inferior de $1,49 \pm 0,37$ (progenies 6 y 8) y superior de $4,52 \pm 0,72$ (progenie 3). El análisis estadístico, con base en la ubicación de sus promedios con respecto a la distribución por cuantil general de la variable K_F , clasificó a las ocho progenies de la variedad en tres de los cuatro grupos

anteriormente descritos: moderada, alta y muy alta (Figura 34). En la Figura 35 se describen las conductancias hidráulicas foliares (K_F) de las ocho progenies de la variedad Cenicafé 1 distribuidas de acuerdo a la clasificación por grupos. El 25% de las progenies conformaron el grupo de muy alta, 37,5% el de alta, y 37,5% el de moderada. Ninguna de las progenies de la variedad Cenicafé 1 fue clasificada en el grupo de conductancia baja lo cual es muy relevante para el desempeño fotosintético de esta variedad.

Tabla 16. Valores de conductancia hidráulica foliar de las ocho progenies que conforman la variedad Cenicafé 1. La K_F de cada una de las accesiones se calculó mediante el método de flujo evaporativo.

Variedad Cenicafé 1 (Progenies)	Media	Desv. Estándar	Mediana
Cenicafé 1(6)	1,49	0,370	1,65
Cenicafé 1(7)	1,54	0,467	1,47
Cenicafé 1(8)	1,49	0,043	1,49
Cenicafé 1(1)	2,05	0,309	2,06
Cenicafé 1(4)	2,36	0,461	2,37
Cenicafé 1(5)	2,18	0,395	2,24
Cenicafé 1(2)	4,27	0,670	4,21
Cenicafé 1(3)	4,52	0,720	4,19

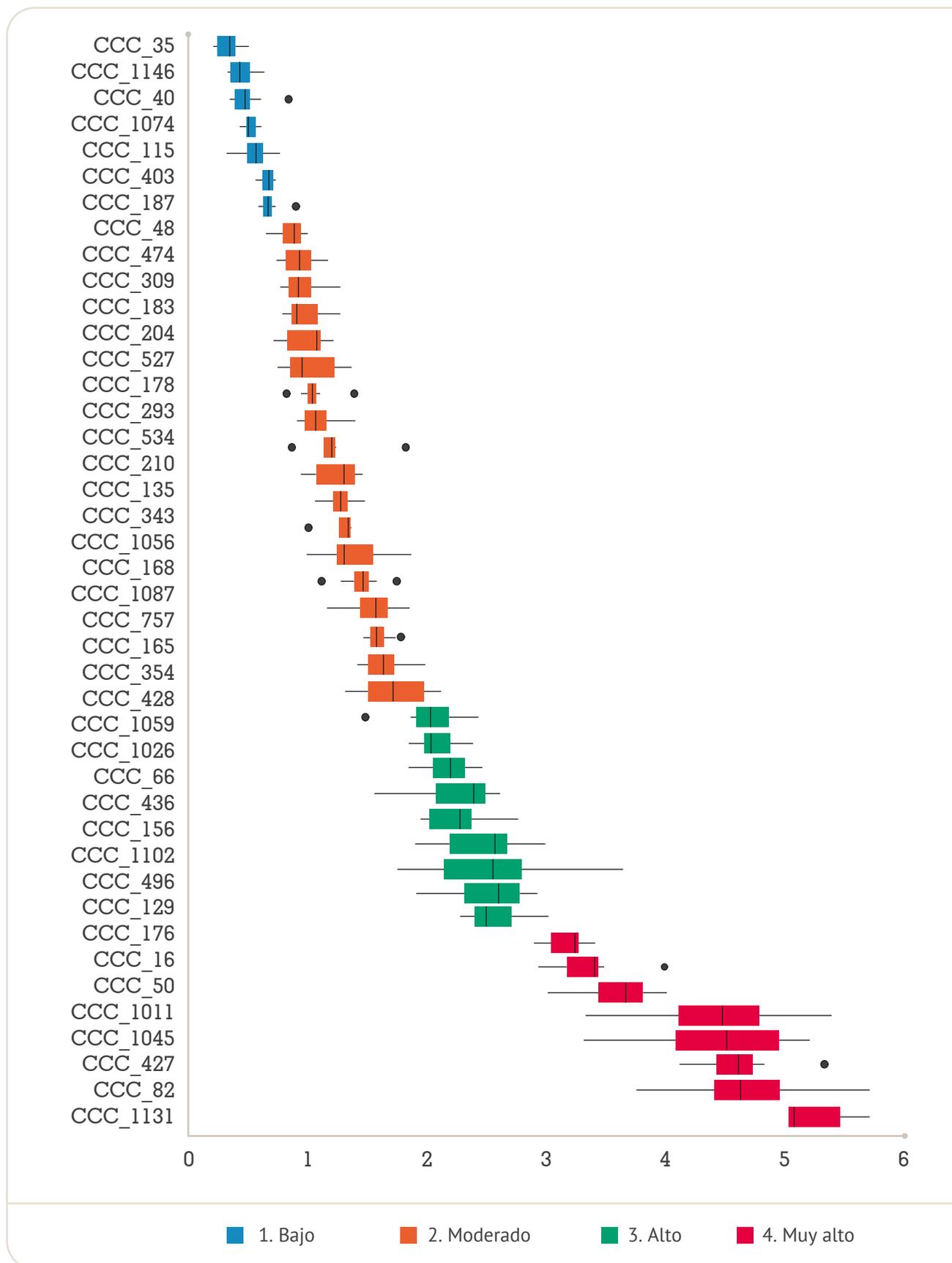


Figura 33. Conductancias hidráulicas foliares (K_p) de las 42 accesiones de la colección núcleo de germoplasma de *Coffea* sp, de acuerdo a la clasificación por grupos de conductancia.

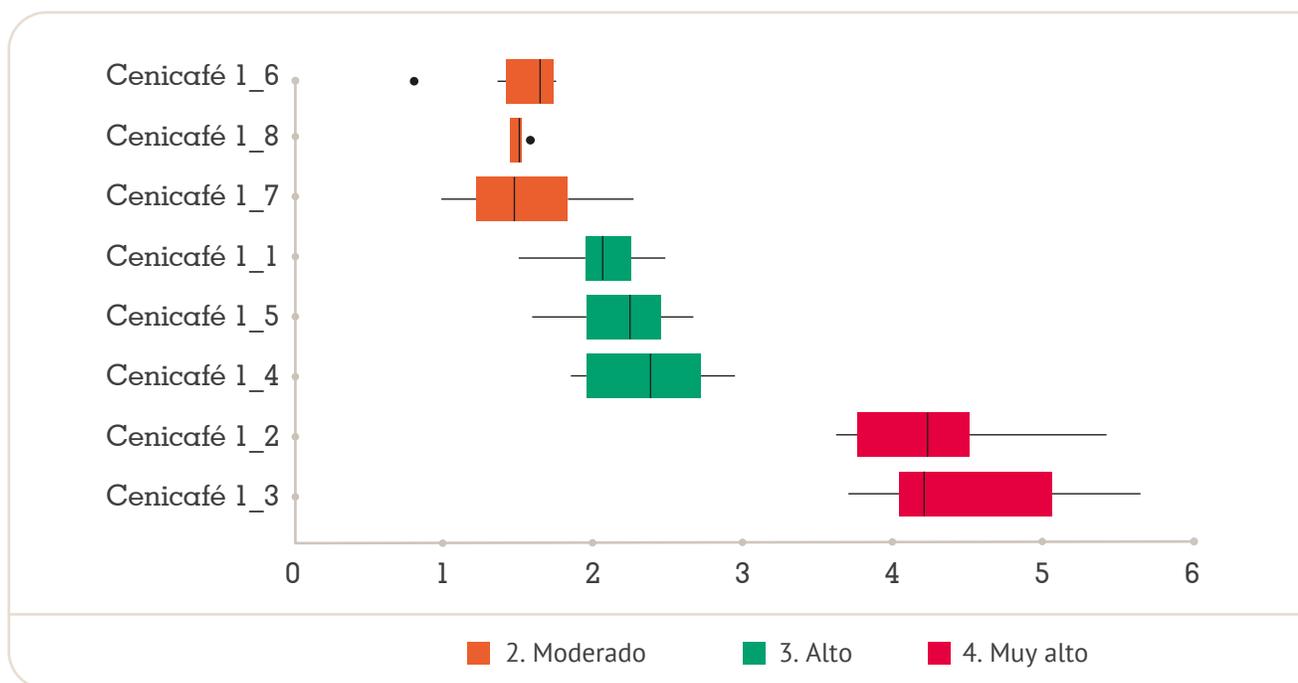
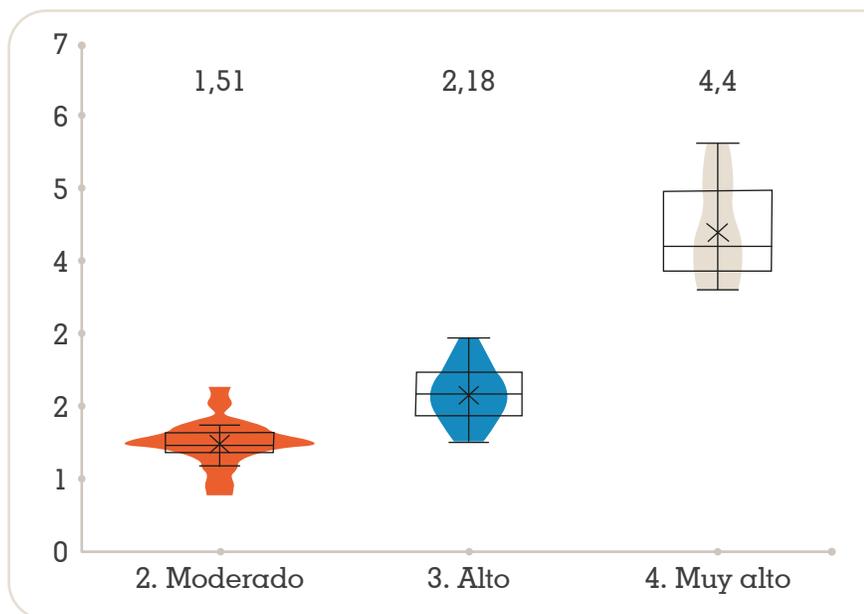
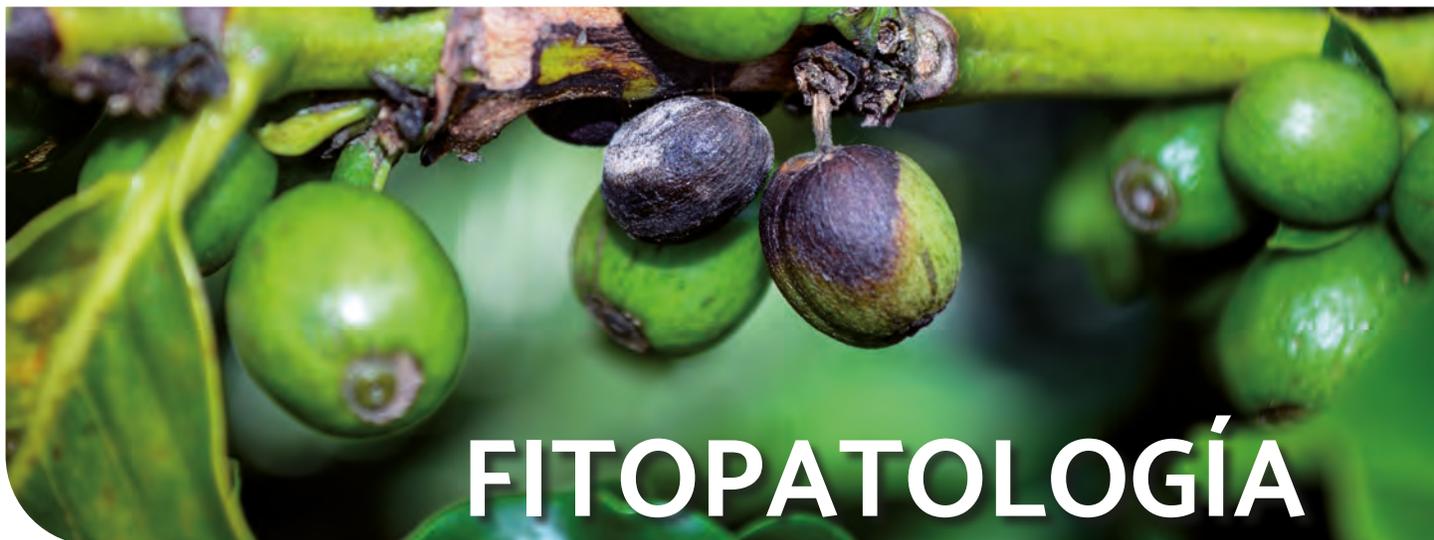


Figura 35. Conductancias hidráulicas foliares (K_f) de las ocho progenies de la variedad Cenicafé 1, de acuerdo a la clasificación por grupos.



FITOPATOLOGÍA

BIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA DE ROYA DEL CAFETO

Caracterización patogénica y genética de razas de roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) presentes en materiales de café con resistencia y susceptibilidad a la enfermedad. Actividad Permanente. PAT103011

La roya del cafeto es la principal amenaza actual para la caficultura del mundo por sus efectos devastadores. Es una enfermedad con múltiples ciclos y epidemias continuas, con alta agresividad y amplia distribución, donde el hongo causante ha co-evolucionado, adaptándose a todas las variedades, incluyendo las resistentes, en todos los ambientes cafeteros. La Disciplina de Fitopatología de Cenicafé realiza la caracterización patogénica, genética y genómica de poblaciones de roya agresivas sobre distintas variedades y genotipos de café en diferentes localidades en Colombia. Para esta vigencia, se caracterizaron diez poblaciones recolectadas sobre siete componentes individuales de las variedades resistentes Castillo® y Cenicafé 1, en las Estaciones Experimentales La Trinidad en Tolima y El Tambo en Cauca, y tres poblaciones obtenidas de Cenicafé 1 (mezcla) en las Estaciones La Catalina en Risaralda, El Rosario en Antioquia y Paraguaicito en Quindío. Se

inocularon sobre hojas de 108 genotipos de café, incluyendo 48 componentes de variedad Colombia, Castillo® y Cenicafé 1, 22 de Tabi, 12 parentales de cruzamientos MEG-2018 entre ellos IAPAR-59, algunos Híbridos de Timor 1343, un par de líneas avanzadas y 16 diferenciales CIFC seleccionados (S_{H1} al 9,+?), entre otros. Dependiendo del porcentaje de esporulación sobre diferenciales CIFC, se encontraron las razas XXII con los genes de virulencia (v) ($v5,6$) y XXXIX ($v2456789$) ya registradas, y variantes complejas con ocho patotipos de virulencia que incluyen $v1,2,4,5,6,7,8,9,?$. En general, los inóculos esporularon sobre todos los componentes de las variedades y algunos parentales, con variación en porcentajes y grados de lesiones de roya, dependiendo de la fuente y localidad. Adicionalmente, dos poblaciones de roya recolectadas en lotes diferentes de Cenicafé 1, en la Estación Experimental Naranjal, se inocularon por gota en plantas de almácigo de los ocho genotipos componentes de esta variedad y el testigo Caturra, e incubaron en siete ambientes diferentes (Tabla 17). Los resultados indicaron diferencias estadísticas entre las dos poblaciones de roya, entre los ambientes y entre los genotipos componentes, y mostraron la influencia del inóculo y el ambiente en estas respuestas (Figura 36). Estos trabajos contribuyen a conocer la biología y epidemiología de la roya, para un mejor manejo.

Tabla 17. Promedios de temperatura (°C) y humedad relativa (%) durante el experimento en los años 2021 y 2022.

Ambiente - Año 2021	Temp. máxima	Temp. mínima	Temp. media	HR máxima	HR mínima	HR media
Invernadero Estación Experimental Naranjal	36,6	19,0	27,8	90,6	42,4	66,5
Invernadero Planalto	33,2	17,5	25,4	99,9	52,1	76,0
Fitotrón (23°C)	22,8	21,3	22,0	83,6	66,8	75,2
Almacigo Mercedes	30,5	18,2	24,3	99,5	76,8	88,1
Almacigo Estación Experimental Naranjal	30,2	16,6	23,4	99,9	65,3	82,6
Invernadero Micorrizas	30,3	22,4	26,3	96,4	76,1	86,2
Ambiente - Año 2022	Temp. máxima	Temp. mínima	Temp. media	HR máxima	HR mínima	HR media
Invernadero Estación Experimental Naranjal	37,3	18,4	27,8	91,2	51,8	71,5
Invernadero Planalto	32,9	17,5	25,2	97,6	76,0	86,8
Fitotrón (23°C)	22,8	21,3	22,0	83,6	66,8	75,2
Almacigo Mercedes	30,0	17,7	23,9	99,1	76,4	87,7
Almacigo Estación Experimental Naranjal	29,2	17,2	23,2	95,2	73,1	84,2
Invernadero Micorrizas	30,9	22,0	26,5	99,2	53,0	76,1
Fitotrón (26°C)	28,2	24,5	26,3	84,1	81,3	82,7

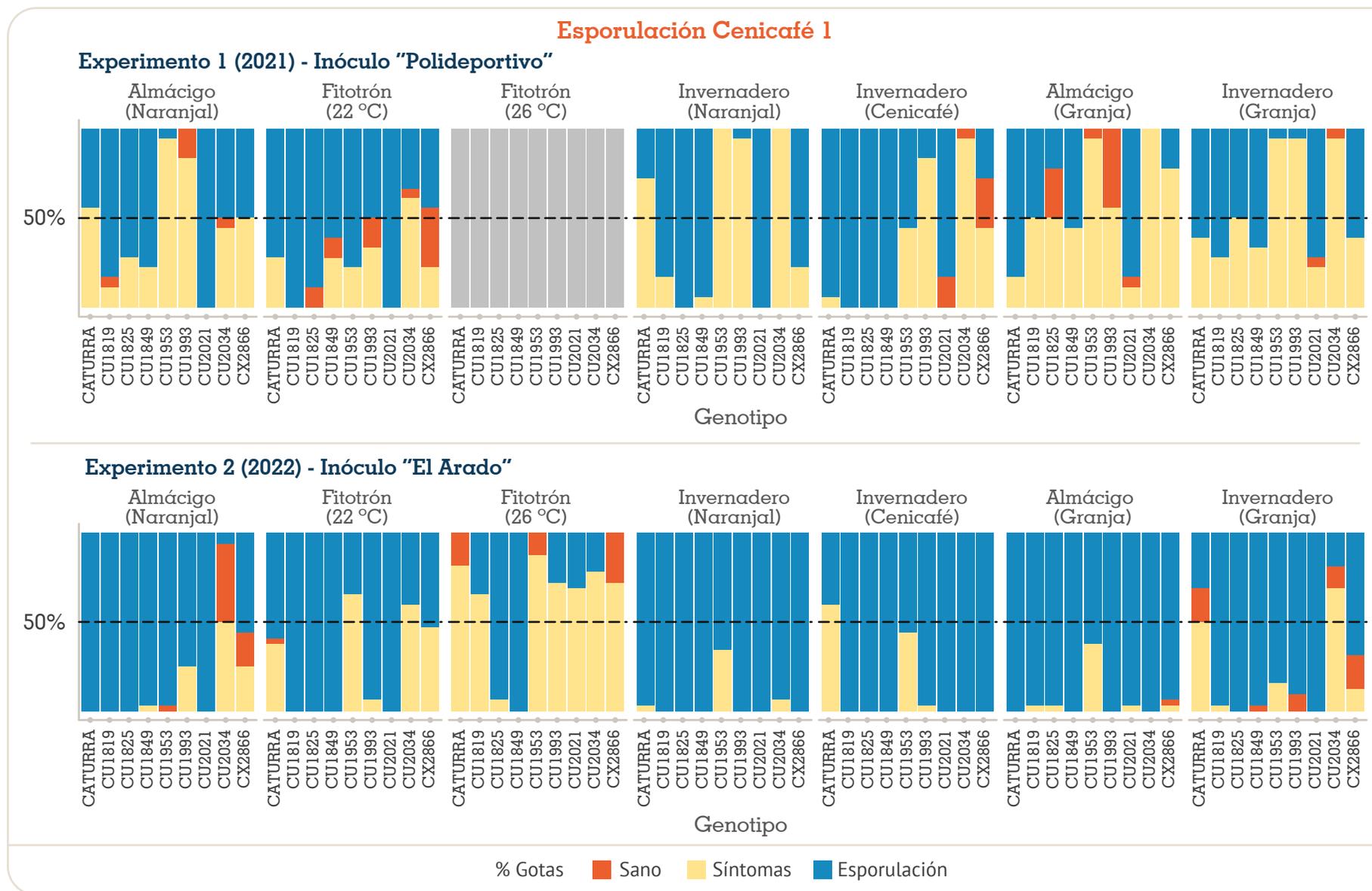


Figura 36. Porcentaje de gotas esporuladas en inoculaciones de dos poblaciones de roya recolectadas de cultivos de Cenicafé 1 en la Estación Experimental Naranjal, sobre hojas de plantas de almácigo de 5 meses de edad, de los ocho componentes de la variedad Cenicafé 1, en siete ambientes diferentes de cultivo. En el experimento del 2021 solo se contó con un fitotrón, pero se deja en la figura con el fin de comparar la respuesta en el 2022.

Determinación de la estructura genética y patogénica de una población de roya obtenida de un genotipo de café (Caturra x Híbrido de Timor) con resistencia incompleta. PAT103007. Apoyo de Beca Posdoctoral 2019 - 2020 MinCiencias

El hongo *Hemileia vastatrix* causante de la roya del cafeto ha evolucionado junto con su único hospedante *Coffea* L. como patógeno obligado biótrofo. En la medida que se avanza en selección y mejoramiento genético de variedades hacia la resistencia, se obliga al patógeno a co-evolucionar forzosamente, mucho más rápido respecto a procesos naturales no manipulados por el hombre. Se genera mayor presión para que cambie, mute y se adapte progresivamente en las nuevas variedades, desarrollando razas o variantes virulentas y agresivas. No es claro aún cómo se estructuran las poblaciones locales o regionales de este hongo, qué tan diferentes son y cómo co-evolucionan en café. En esta investigación se estudia una población con 37 aislamientos monopustulares obtenidos del genotipo de café CU1812 con resistencia incompleta, derivado de Caturra x Híbrido de Timor 1343, componente de la variedad Castillo® General anterior y Castillo® El Rosario, Naranjal, Paraguaicito, La Trinidad y Santa Bárbara. Resultados previos mostraron diferencias genéticas y patogénicas en infectividad y agresividad entre aislamientos obtenidos de una misma hoja, de varias hojas de una misma planta y/o de varias plantas de CU1812 en dos lotes de la misma localidad (Estación Experimental Naranjal), y sus genotipos de virulencia eran complejos (v4, 5, 6 y 9, y v3, 4, 5, 6, 7 y 9), sin tener alguna raza de roya caracterizada asociada a la combinación de estos genes de virulencia. Los resultados de secuenciación de ADN del genoma con cobertura ~20X mediante plataforma DNBseq y análisis evolutivos, encontraron variación en inserciones y deleciones en el ADN de los 37 aislamientos de *H. vastatrix* obtenidos del genotipo

CU1812, respecto al genoma de referencia de la Raza XXXIII de Brasil. Además, basados en el genoma de referencia de la Raza I de Cenicafe, se filtraron e identificaron 131.265 variantes o polimorfismos de muy alta calidad al nivel de un nucleótido, usadas para análisis filogenético (Figura 37). A pesar de ser aislamientos obtenidos de un mismo genotipo de café CU1812, pueden encontrarse diferencias patogénicas, genéticas y genómicas entre ellos. Se requiere la anotación funcional de variantes en los genes para establecer relación o no con su patogenicidad.

Desarrollo de un genoma de referencia de roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). PAT102006

Dada la importancia para Colombia y el mundo de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), que puede causar pérdidas en producción hasta del 80% y a que es un hongo con alta capacidad de mutar y adaptarse en las variedades de café, Cenicafe estudia su diversidad genética y patogénica, en diferentes ambientes de cultivo. Para determinar cambios en el hongo cuando genera razas y variantes más virulentas o agresivas, se está desarrollando un genoma de referencia de roya Raza I con los genes de virulencia (v) (v2,5), aislada de *C. arabica* variedad Caturra. En esta vigencia se avanzó en la calidad del ensamblaje y en la anotación *in silico*, determinando la cantidad, organización y funcionalidad predicha de genes y proteínas, usando herramientas bioinformáticas, bases de datos internacionales y reducida evidencia. El ensamblaje llegó a un tamaño de entre 760,18 Mbp en 956 fragmentos de secuencias, 898 con longitud mayor a 25 Kbp y 766,72 Mb conformado por 748 fragmentos. Usando la herramienta RepeatMasker, 18,43% fueron secuencias repetitivas, 13,88% representadas en retro-transposones. Se anotó el 81,57% del genoma correspondiente a secuencias no repetitivas (Figura 38), con predicción de 13.420 genes de alta confianza y soporte promedio basado en evidencia de 18,63%, que es bajo. Los análisis BUSCO en modo

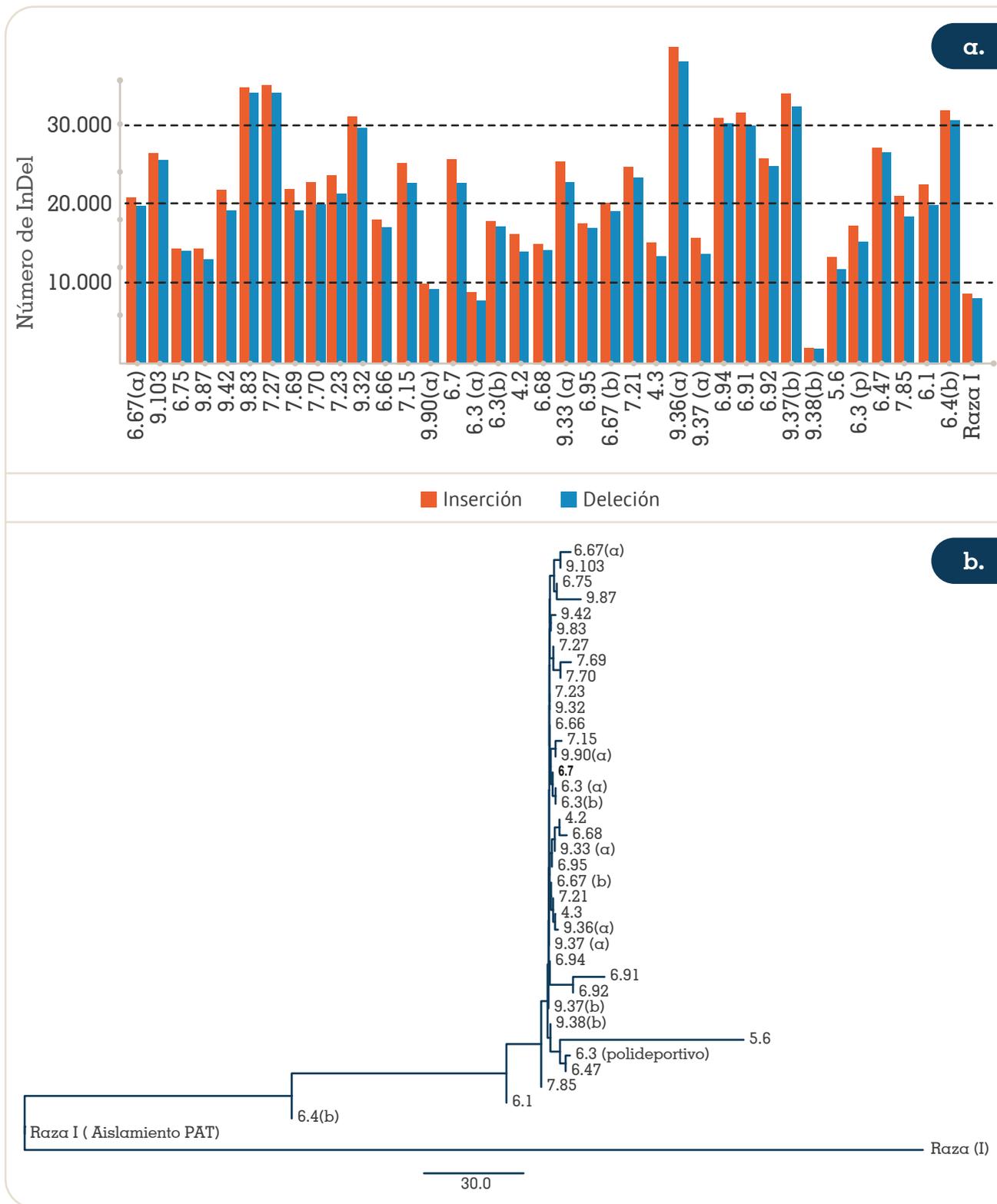


Figura 37. a. Análisis del estimado de los números de inserciones y deleciones en el genoma de 37 aislamientos monopustulares de *H. vastatrix* obtenidos del genotipo de café CU1812, comparados con el genoma de referencia de Raza XXXIII de Brasil; **b.** Agrupamiento por análisis filogenético inferido por el método de Neighbor-Joining, con número de diferencias como método de distancia evolutiva y bootstrap de 100 réplicas, para un grupo de 131.265 variantes de alta calidad, comparadas con el genoma de referencia de Raza I de Cenicafé.

transcriptoma contra el linaje de hongos Basidiomycota, obtuvieron representatividad de 83,7%. La anotación funcional mediante predicción de dominios y familias proteicas asignó 10.280 y 14.252 genes de alta y baja confianza, respectivamente, y por *Gene Ontology* asignó términos a 5.037 y 7.339 genes de alta y baja confianza. La siguiente fase ya avanza en la predicción y anotación funcional usando herramientas más avanzadas, y sobre todo con evidencias en experimentos de transcriptómica de diferentes estados en la infección del hongo sobre hojas de café. Conocer mejor las poblaciones y epidemias de roya permitirá manejar y prevenir impactos sobre la caficultura colombiana.

MANEJO INTEGRADO DE ROYA DEL CAFETO

Validación del fungicida benzovindiflupyr + azoxystrobin, para el control de roya del café en variedad Caturra. PAT104022, Convenio CN-2021-1107 con Syngenta S.A.

La roya del café es la enfermedad más importante para el cultivo del café en el mundo, con pérdidas en la producción en variedades susceptibles sin control, entre el 23% al 50% en Colombia, y hasta 80% en otros países. Cerca del 15% del área de café en Colombia aún está en variedades susceptibles, que requieren manejo, principalmente con fungicidas químicos. Múltiples factores restringen la oferta y forma de usar agroquímicos a nivel mundial, incluyendo los usados en café. Con el fin de brindar opciones a los caficultores colombianos, Cenicafé está validando el fungicida Benzovindiflupyr + Azoxystrobin, en convenio con Syngenta S.A., como nueva alternativa para control de roya. La investigación se realiza en la Estación Experimental La Catalina (1.321 msnm, Pereira, Risaralda), zoca variedad Caturra de 21 meses al inicio del experimento, en septiembre de de 2021, tres aplicaciones

de 0,4 kg ha⁻¹ a 60, 105 y 160 días después de floración (d.d.f.p.), comparado con un testigo de referencia y un testigo sin control. A pesar del clima desfavorable para el cultivo, los resultados preliminares del primer año indican reducción de la incidencia de roya con estabilización temporal de la epidemia, favoreciendo la retención de follaje hasta los 150 d.d.f.p, dentro del período crítico de llenado de grano (de 60 a 180 d.d.f.p.), retardando la defoliación, con diferencias con relación a los testigos. Análisis de los primeros cuatro pases de cosecha del segundo semestre de 2022 indican que no hay diferencias con el testigo relativo en la producción de café por planta, conversión a pergamino seco, factor de rendimiento, porcentaje de merma en trilla y pasilla, a diferencia del testigo sin control, que redujo significativamente la producción y calidad. Se continuará hasta la cosecha de mitaca del primer semestre de 2023, para determinar si se requieren nuevos trabajos sobre este nuevo fungicida para control de roya en Colombia.

Evaluación del fungicida cyproconazole + trifloxystrobin como alternativa en rotación para el control de la roya del café en variedad Caturra. PAT104023. Convenio CN-2021-2005 con Bayer S.A.

Cenicafé continúa investigando en diferentes alternativas de control, debido a que algunos de los fungicidas recomendados están siendo limitados en su uso por países consumidores de café. Por esta razón, en convenio con Bayer S.A., se adelanta esta investigación con el fin realizar ajustes en la recomendación de productos actuales y explorar nuevas alternativas. Se está evaluando cyproconazole + trifloxystrobin, solo y en rotación con tetraconazole. Se espera generar resultados para el control eficiente de la roya del café en Colombia y evitar epidemias con efectos significativos en la producción, calidad e inocuidad en variedades susceptibles.

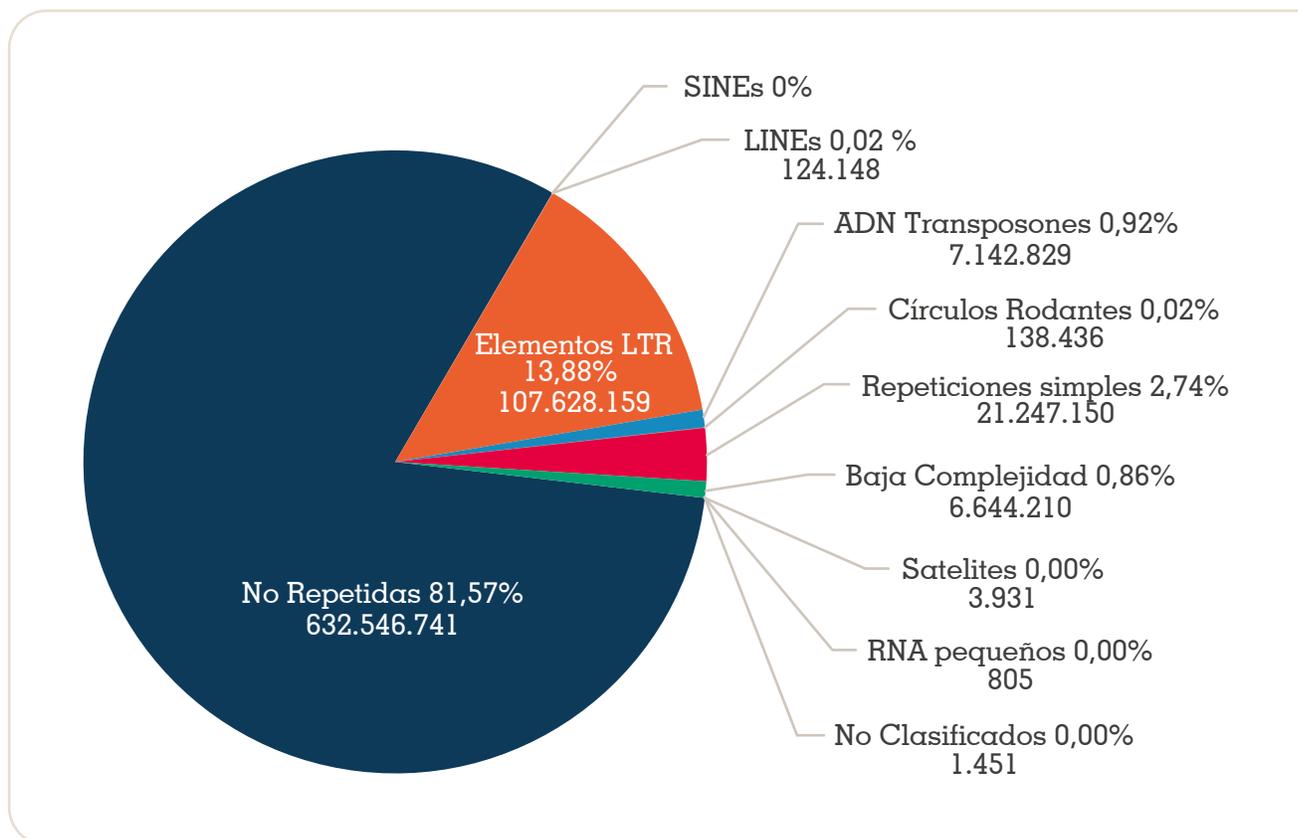


Figura 38. Análisis preliminar de contenido de regiones repetitivas y ADN de baja complejidad en el genoma de referencia de *H. vastatrix* Raza I de Cenicafé PAT, predichas en la anotación *in silico* mediante la herramienta *Repeat Masker*, con limitada evidencia en transcriptómica.

Evaluación del fungicida tetraconazole + azoxystrobin, para el control de la roya del café en variedad Caturra. PAT104024, Convenio CN-2021-2041 con Isagro Colombia S.A.S, ahora Gowan Colombia S.A.S.

Complementado la búsqueda de alternativas para el componente de control químico en una estrategia de manejo integrado de enfermedades, Cenicafé inició este año las pruebas de campo de un convenio de investigación con Isagro Colombia S.A.S. (ahora Gowan Colombia S.A.S.), donde se está evaluando tetraconazole, tanto individual como formulado con azoxystrobin, como nueva alternativa para control de la roya, que permita mantener al día las recomendaciones de manejo de acuerdo con los cambios en las regulaciones internacionales.

BIOLOGÍA Y EPIDEMIOLOGÍA DE GOTERA

Desarrollo y validación de Diagramas de Área Estándar (DAE) para la cuantificación de severidad en hojas y frutos de café afectados por ojo de gallo o gotera del café (*Mycena citricolor*). PAT103012

El estudio de la epidemiología de una enfermedad y la efectividad de un programa de manejo para la misma, depende en parte de la confiabilidad que se tenga en la cuantificación de su incidencia y severidad. Considerando la falta de métodos estandarizados para la cuantificación de gotera, ojo de gallo o mancha americana del café, en este proyecto se desarrollaron dos diagramas de área estándar (DAE) para estimar la severidad en condición natural,

tanto en hojas como en frutos de café. Ambos DAE desarrollados y presentados, se ajustaron al modelo lineal de Chang et al., con un set de 2.380 hojas y 1.290 frutos con diferentes niveles de daño, y se determinaron incrementos lineales con ocho y diez niveles, respectivamente. La validación del DAE para hojas, se realizó con cuatro grupos de 20 evaluadores diferentes, con una colección de 45 imágenes aleatorias cada uno, que asignaron valores de porcentaje de severidad con y sin ayuda de DAE, o usando un par de DAE desarrollados antes para gotera, el nuevo desarrollado en este trabajo y uno desarrollado en Cenicafé para roya del cafeto. El DAE nuevo de gotera para hojas mejoró la exactitud y precisión con $R^2=0,97$ comparado con los otros, y proporcionó una buena repetibilidad y reproducibilidad de las evaluaciones de severidad (Figura 39). En el DAE para frutos, resultados previos a la validación demuestran niveles altos de precisión y correlación. Por lo tanto, los DAE de severidad con incrementos lineales mejoraron significativamente la exactitud, precisión y confiabilidad de las estimaciones con relación al DAE con incrementos logarítmicos específicos para la enfermedad y del uso de otros DAE para daños foliares. De esta manera, los DAE desarrollados en Cenicafé para severidad de gotera pueden considerarse herramientas útiles que ayudan a reducir los sesgos indeseables de las estimaciones, mejorando el uso de recursos en estudios y estrategias de manejo.

Evaluación del comportamiento del hongo *Mycena citricolor* causante del ojo de gallo o gotera del cafeto en Colombia, en condiciones naturales, y su caracterización biológica, patogénica y molecular. PAT102001

Con el propósito de avanzar en el conocimiento de la diversidad y patogenicidad de *Mycena citricolor*

en Colombia, hongo causante de la gotera u ojo de gallo en cafetales de numerosos países cafeteros americanos, en experimentos desarrollados en Cenicafé mediante inoculación de 29 aislamientos del hongo en ambiente controlado de fitotrón, se realizaron análisis de imágenes del número de gemas y área afectada días después de la inoculación (ddi) de frutos de café. Se realizaron experimentos sobre producción de ácido oxálico secretado por el hongo en medio de cultivo de caldo-dextrosa-papa en laboratorio, cuantificándolo mediante Cromatografía Líquida de Alta Eficacia.

Los análisis estadísticos descriptivos se hicieron teniendo en cuenta la temporalidad, es decir, momentos de aparición y de mayor producción del número de gemas y área afectada, representados en mapas de calor, utilizando herramientas de análisis en R de CRAN (Figura 40). Se encontró que los aislamientos que producen un alto número de gemas en frutos entre los 6 y 9 ddi fueron los procedentes de Pueblo Bello (Cesar), El Tambo (Cauca), Chinchiná (Caldas), Pereira (Risaralda) y Acacías (Meta), seguidos de aislamientos de Leiva y La Unión (Nariño), con mayor número de gemas a los 15 ddi. Los aislamientos que lograron área afectada del 100% en frutos a los 15 ddi fueron de Ataco (Tolima), El Tambo (Cauca), Toledo (Norte de Santander), Pereira (Risaralda) e Icononzo (Tolima). Las mayores concentraciones de ácido oxálico ($>2,5\text{mM}$) las produjeron aislamientos de Leiva (Nariño), San Vicente del Caguán (Caquetá), El Tambo (Cauca), Génova (Quindío), Acacías (Meta), y San Eduardo (Boyacá). Estos trabajos ayudan a entender mejor el comportamiento de las epidemias y alta diversidad de *M. citricolor* en cada una de las regiones donde esta enfermedad es endémica y de importancia económica.

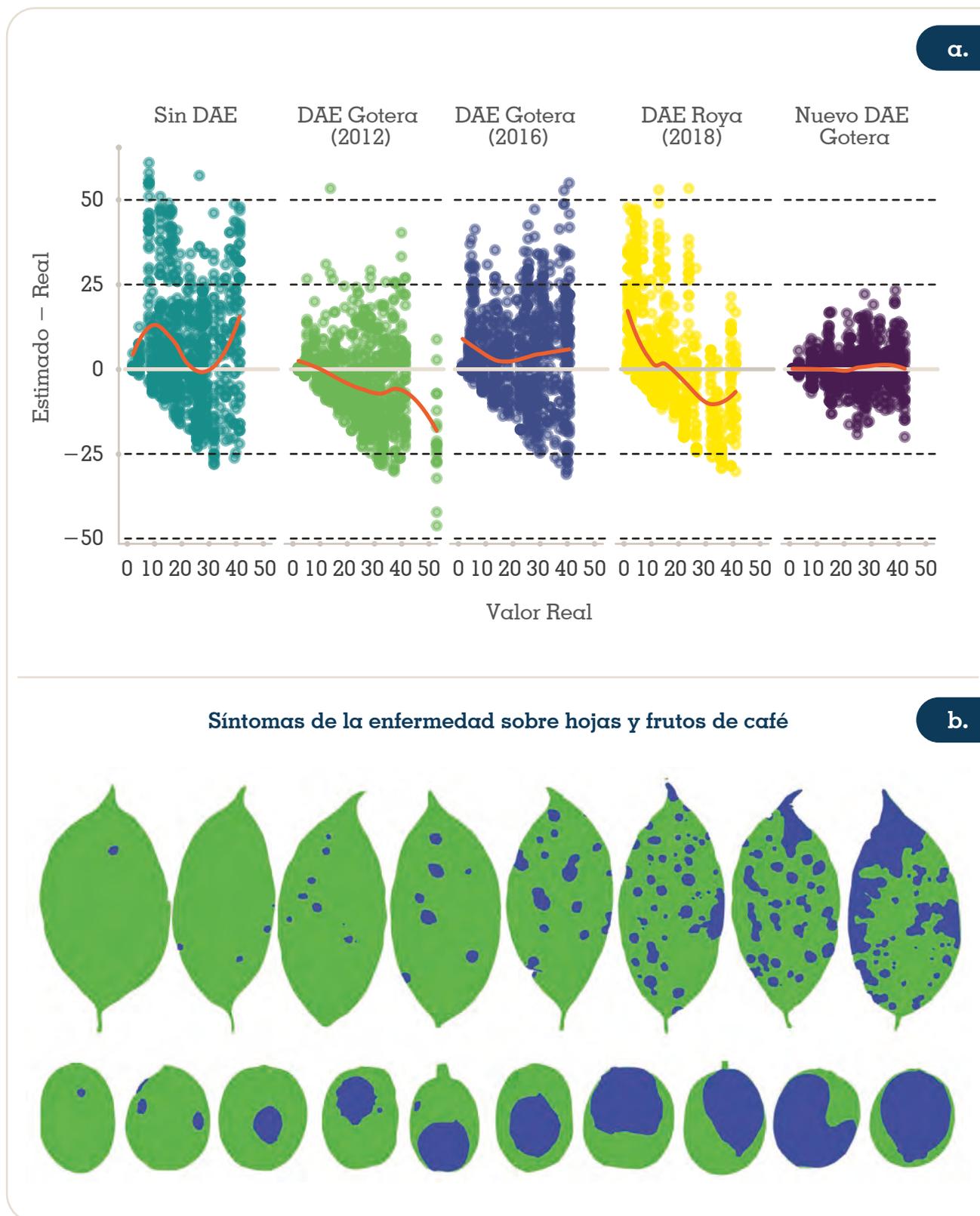
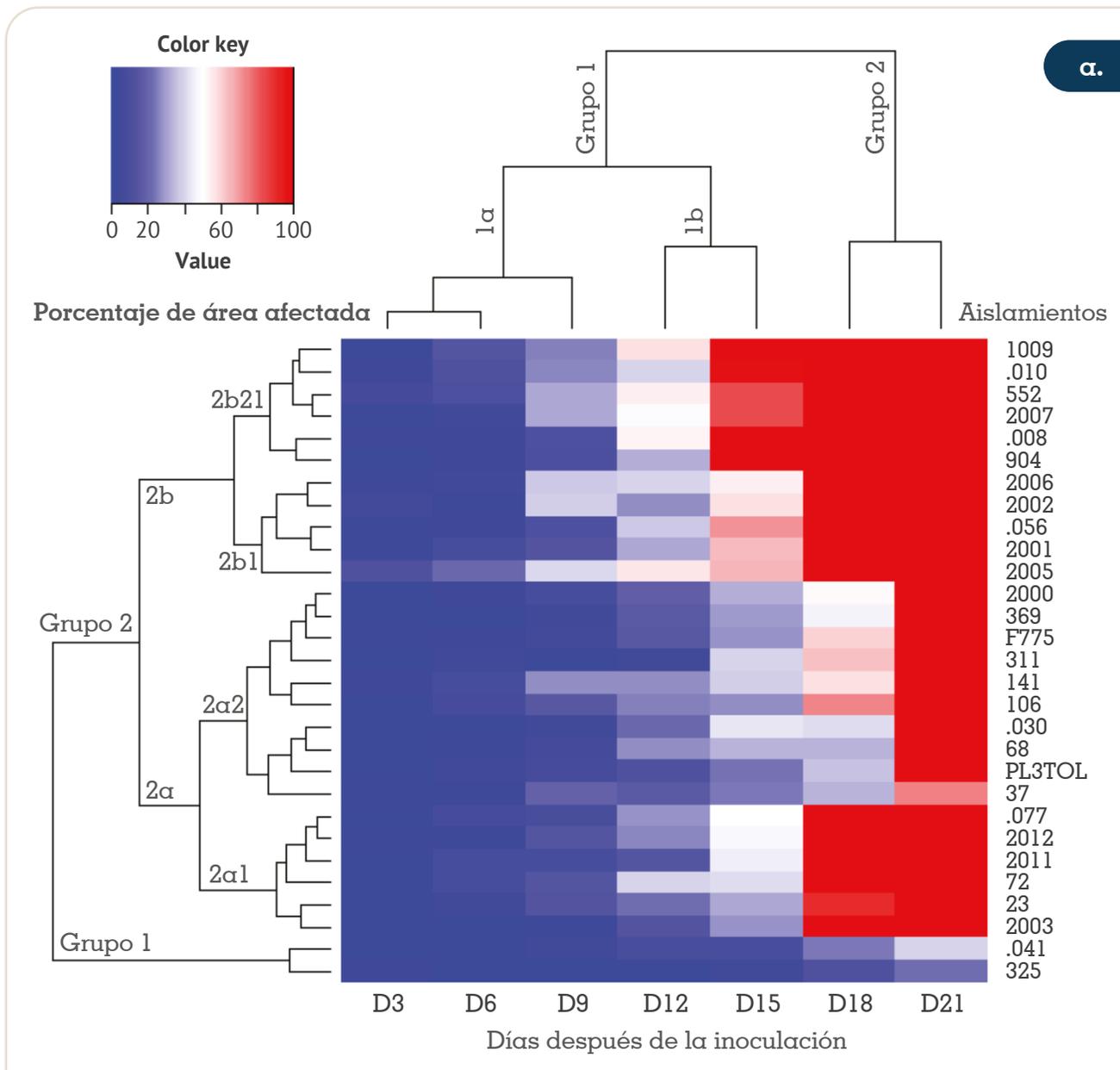


Figura 39. Desarrollo de Diagrama de Área Estándar para gotera (*Mycena citricolor*) en hojas y frutos de cafeto. **a.** Error entre la severidad calculada y severidad estimada de gotera (*M. citricolor*), con y sin apoyo de DAE desarrollados para la enfermedad y para roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*); **b.** Lesiones vectorizadas de síntomas de la enfermedad sobre hojas y frutos de café.



α.



Figura 40. α. Descripción de agrupamientos en un mapa de calor para la variable porcentaje de área afectada en cm², producida en frutos inoculados con 29 aislamientos de *M. citricolor*; **b.** Fotografías representativas de lesiones y gemas producidas en frutos de café, inoculados artificialmente con diferentes aislamientos del hongo, en ambiente controlado de Fitotrón.

RIESGOS FITOSANITARIOS: ENFERMEDAD DE LOS FRUTOS O CEREZAS DEL CAFÉ (CBD)

Diseño y validación de un método de diagnóstico y detección específica de CBD *Colletotrichum kahawae* por PCR en tiempo real. PAT105004

Colletotrichum kahawae es el hongo causante de la enfermedad de los frutos o cerezas del café (CBD), un patógeno cuarentenario de origen africano ausente en Colombia y en América. El riesgo de ingreso es alto, dada la globalización de mercados, el turismo asociado a café y procesos de migración legal o ilegal, que condicionan el movimiento de material vegetal de café y junto con éste, el patógeno. Actualmente, en el mundo no hay disponible un protocolo de diagnóstico estandarizado y validado para la detección oportuna de este hongo. El objetivo de esta investigación fue diseñar y validar un método específico, sensible, rápido y confiable por PCR en tiempo real para la detección temprana de *C. kahawae*. Previamente se estandarizaron las condiciones de trabajo en el laboratorio para marcadores moleculares de seis regiones genómicas y se dio inicio al proceso de validación con cuatro de ellos. Este período finalizó la validación del método, analizando las variables selectividad, reproducibilidad y repetitividad. Se diseñó y estandarizó una prueba complementaria por PCR de punto final. El método diseñado comprende una prueba filtro con un marcador de PCR de punto final y dos marcadores para PCR en tiempo real, que combinados permiten la diferenciación de *C. kahawae* de otras especies de *Colletotrichum* que pueden estar presentes en plantas de café (Figura 41). Es necesario utilizar varios marcadores moleculares, ya que asociadas a café se encuentran varias especies de *Colletotrichum* spp, muchas de ellas cercanas taxonómicamente a *C. kahawae*, por lo que no fue posible obtener un único marcador para su diferenciación. Este método desarrollado por Cenicafé en Colombia, de ser adoptado, adaptado e implementado, permitirá a las autoridades y otras instituciones prevenir

el ingreso de CBD a Colombia y a otros países cafeteros, evitando impactos potenciales importantes a las caficulturas.

Evaluación de fungicidas registrados en Colombia como alternativa para manejo de CBD y otras especies de *Colletotrichum* spp en café. PAT104021

Una de las amenazas fitosanitarias más importantes para la caficultura de Colombia y muchos países cafeteros, es la enfermedad de los frutos o cerezas del café (CBD), causada por el hongo *Colletotrichum kahawae*. Actualmente se encuentra restringida a África donde limita la rentabilidad del cultivo significativamente. En caso de ingreso a Colombia, el potencial de daño es muy alto, dadas las condiciones de nuestra caficultura que son propicias para el desarrollo de la enfermedad. Aunque los esfuerzos deben enfocarse en evitar su ingreso mediante exclusión, el país, la FNC y Cenicafé deben prepararse y tener alternativas para el manejo de la enfermedad. Esta investigación se propuso con el fin de evaluar preliminarmente opciones de control químico para la erradicación de focos, evitando su establecimiento. A partir de los listados oficiales del ICA de fungicidas de síntesis química (2.837 productos registrados) y biocontroladores (356), se seleccionaron 35 productos comerciales. Inicialmente se estandarizaron las condiciones de trabajo en el laboratorio incluyendo tiempos y temperatura de incubación, forma de evaluación del efecto de los fungicidas, tipo de inóculo y aislamientos a evaluar. Se realizó una prueba tamiz en medio líquido, con una dosis alta de cada fungicida y cinco aislamientos nativos de *Colletotrichum* spp, recolectados en cultivos de café en Colombia. Se verificó el efecto de cada fungicida en el crecimiento del micelio y en la germinación de las conidias, se destacó el fungicida 2 que, aunque no inhibió la germinación de las conidias, inhibió el desarrollo del tubo germinativo (Figura 42). Con los resultados de esta prueba se seleccionarán los fungicidas a evaluar en la siguiente fase de

la investigación donde se determinarán las dosis letales 75% y 50%. Se espera obtener al menos cinco fungicidas con efecto en el crecimiento del micelio y/o en la germinación de las conidias de *Colletotrichum* spp. Estas

investigaciones de Cenicafe en ausencia del patógeno, buscan ante la posible llegada del CBD a Colombia o América, evitar su establecimiento, dispersión y graves impactos a la caficultura.

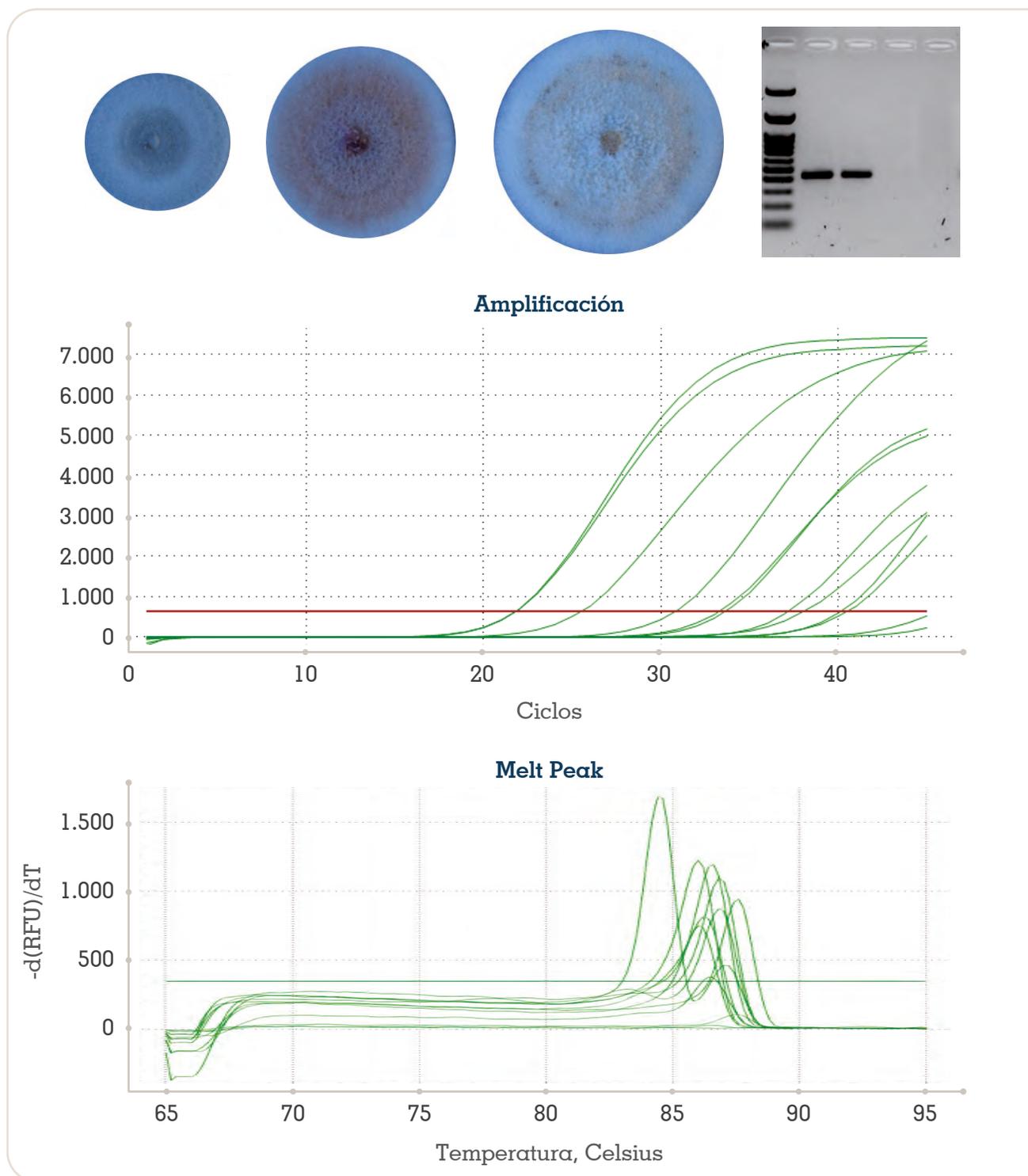


Figura 41. Combinación de técnicas para la diferenciación de *C. kahawae*. A partir de cultivos puros del hongo se obtiene ADN para análisis por PCR de punto final y PCR en tiempo real.

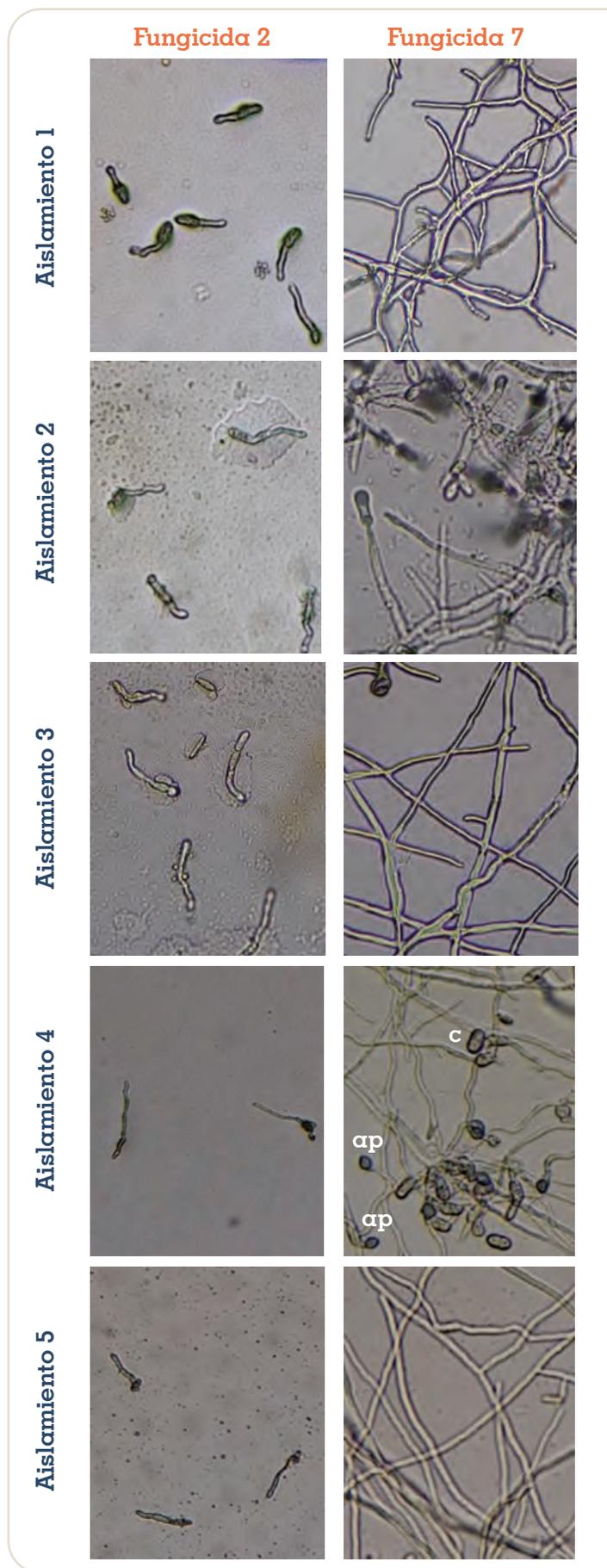


Figura 42. Respuesta contrastante en la germinación y desarrollo de las conidias de cinco aislamientos de *Colletotrichum* spp., a dos de los fungicidas evaluados. Aunque el Fungicida 2 no inhibió la germinación de las conidias, sí inhibió el desarrollo del tubo germinativo. Por el contrario, en presencia del Fungicida 7 los cinco aislamientos germinaron y se desarrollaron, para el Aislamiento 4 incluso hubo diferenciación de conidias (c) y apresorios (ap).



FITOTECNIA

Análisis técnico-operativo de la labor de mantenimiento del componente arbóreo en sistemas agroforestales con café. FIT102034

El proyecto se lleva a cabo en las Estaciones Experimentales de Naranjal y El Rosario en lotes de café establecidos con sistemas agroforestales estratificados. La labor de mantenimiento del componente arbóreo en Naranjal se realizó en un lote programado para la siembra del cultivo de café, en el cual el sombrío registró una edad entre 13 y 14 años y una distancia de siembra de 12 x 12 m (70 árboles/ha). En El Rosario, los lotes se encontraban establecidos con sombrío entre 7 y 8 años de edad y una distancia de siembra de 6 x 6 m (278 árboles/ha), asociados con café variedad Tabi, en etapa de producción (entre 3 a 4 años). Los árboles de sombrío objeto de estudio corresponden a las especies *Erythrina fusca* (búcaro), *Inga edulis* (guamo santafereño), *Inga densiflora* (guamo macheto) y *Cordia alliodora* (nogal cafetero). La selección de estos árboles se realizó por ser especies con diferentes características en el área (Figura 43) y forma del dosel; dosel esparcido reportado para guamo santafereño, guamo macheto y búcaro, y dosel cónico para nogal cafetero.

Con el fin de dar alcance a las regulaciones vigentes en aspectos ambientales y de seguridad de las personas para el trabajo en

alturas, en el mantenimiento de los árboles de sombrío se consideraron las siguientes etapas:

1. Cumplimiento de los aspectos ambientales. En esta etapa se gestionó lo referente al registro del lote ante el ICA, de acuerdo con el *Decreto 2398 del 2019-MADR*.
2. Planificación del mantenimiento de los árboles de sombrío. Según la normativa, resolución 1409 del 2012-Ministerio del Trabajo y la reciente resolución 4274 del 2021 de la misma entidad (Figura 44).
3. Ejecución del plan de podas de mantenimiento de los árboles de sombrío. Con base en los lineamientos del estándar de trabajo en alturas, en el cual se consideraron todos los aspectos operativos, para garantizar la seguridad del personal (Figura 45).

En la Tabla 18 se presentan los rendimientos para cada especie registrados en la Estación El Rosario, con valores promedio entre 0,3 a 0,9 jornales/árbol. Por otro lado, con los porcentajes de sombra promedio (desde 25% a 39%) reportados, en los árboles después de realizar las podas (Figura 44), se corrobora el efecto en la regulación del sombrío, con valores por debajo del porcentaje de sombra máximo (< 45%) indicado para los sistemas agroforestales con café en Colombia.

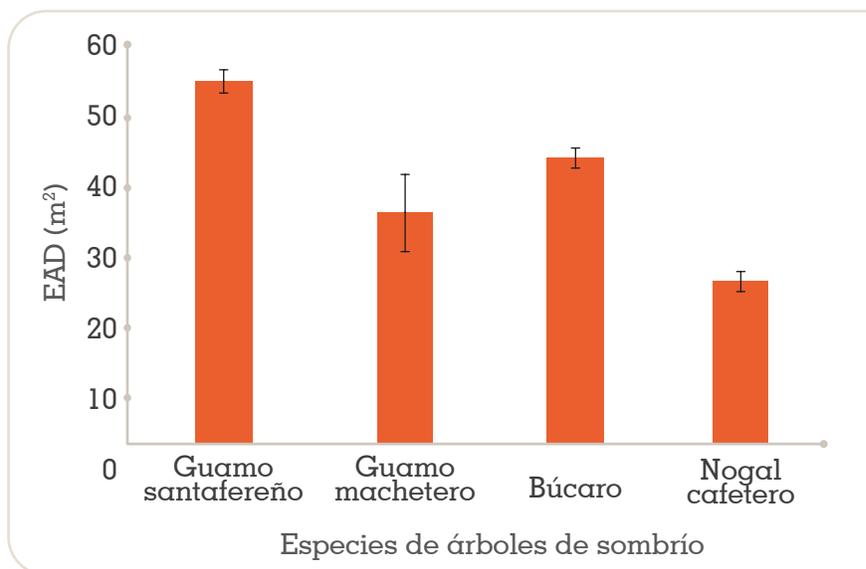


Figura 43. Estimación del área del dosel de los árboles de sombrío-EAD establecidos en el sistema agroforestal de la Estación Experimental El Rosario. La EAD fue estimada con base en el diámetro promedio del dosel de los árboles (cuatro medidas en cada árbol). Cada barra representa la media de diez réplicas \pm error estándar.

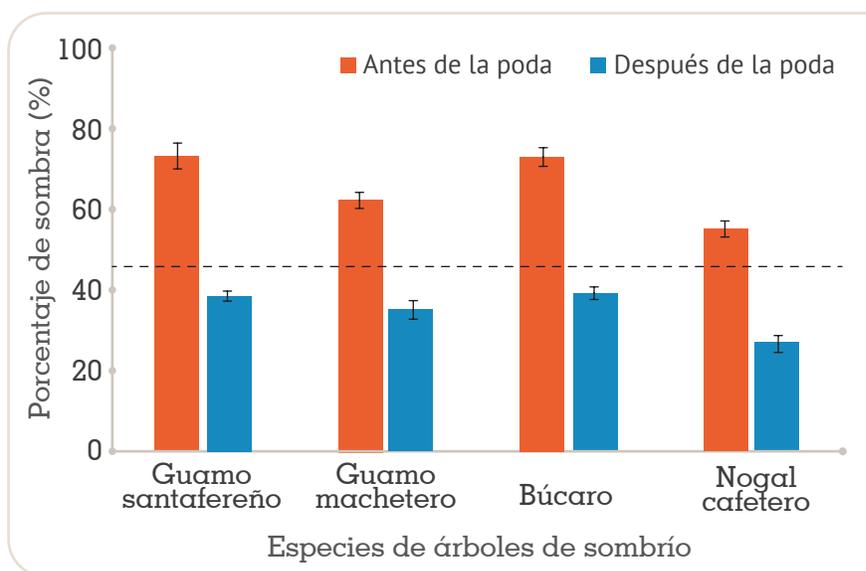


Figura 44. Efecto de las podas de mantenimiento sobre el porcentaje de sombra en los árboles establecidos en el sistema agroforestal de la Estación Experimental El Rosario. El porcentaje de sombra fue medido debajo del dosel de los árboles a través del Aplicativo Habitapp. Cada barra representa la media de diez réplicas \pm error estándar.

Tabla 18. Estimación de la cantidad de jornales asociada a las podas de mantenimiento en los árboles de sombrío establecidos en un sistema agroforestal estratificado en la Estación Experimental El Rosario.

Especie de árbol	Jornales (árbol)*		
	Mín.	Prom.	Máx.
<i>Inga edulis</i> M (guamo santafereño)	0,3	0,5	0,7
<i>Inga densiflora</i> B. (guamo macheto)	0,2	0,5	0,8
<i>Erythrina fusca</i> L. (cámbulo o búcaro)	0,5	0,9	1,3
<i>Cordia alliodora</i> [R & P.] O. (nogal cafetero)	0,2	0,3	0,5

*Valores mínimos-Mín.; promedio-Prom.; máximo-Máx. de jornales. Los jornales corresponden a 9 horas de trabajo.



Figura 45. Aspectos a considerar durante la ejecución de las podas de mantenimiento en los árboles de sombrero. **a.** Forma de ubicación y aseguramiento de la escalera; **b.** Ubicación opuesta del personal al corte de las ramas; **c.** Aplicación de pintura anticorrosiva después de realizar el corte en las ramas; **d.** Disposición y repique de la madera procedente de la poda.

Evaluación del comportamiento agronómico, productivo y nutricional de líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado, intercalado con café. FIT104007

Con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico, el potencial productivo y la calidad nutricional en términos de contenidos de hierro y zinc, de líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado en el sistema intercalado con café, se llevaron a cabo dos ciclos de evaluación de cuatro líneas y dos testigos comerciales (Calima SG e ICA Quimbaya) en tres localidades correspondientes a las Estaciones Experimentales La Catalina, El Rosario y El Tambo, durante el año 2022.

En el primer ciclo de evaluación se realizó el análisis de la producción promedio de las líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y de los testigos comerciales, utilizando un arreglo de BCA con nueve bloques y un tamaño de parcela de 25 m². El análisis estadístico no mostró diferencias significativas en el rendimiento de las líneas y los testigos en las tres localidades.

Se destacan las líneas BNA 8 y BNA 21 con rendimientos promedio de 2.197 kg ha⁻¹ y 2.208 kg ha⁻¹ respectivamente, en la localidad El Rosario (Figura 46).

Adicionalmente se determinaron los contenidos de hierro y zinc presentes en los granos, mediante la cosecha de muestras aleatorias de frijol al 14% de humedad, de las cuatro líneas avanzadas y los dos testigos comerciales en las Estaciones La Catalina, El Rosario y El Tambo. En general, las líneas BNA 4 y BNA 8 presentaron los mayores contenidos de hierro, superando a los testigos comerciales Calima SG e ICA Quimbaya. La línea BNA 4 presentó el contenido más alto de hierro en la Estación El Tambo reportando un valor promedio de 82,08 mg kg⁻¹, mientras que el contenido más bajo correspondió al testigo ICA Quimbaya en la Estación El Rosario, reportando un valor promedio de 57,58 mg kg⁻¹ (Figura 47).

En cuanto al análisis de los contenidos de zinc, se presentaron diferencias estadísticas entre los distintos materiales, en donde la línea BNA 4 presentó los mayores contenidos de zinc en las tres localidades. En general, las líneas

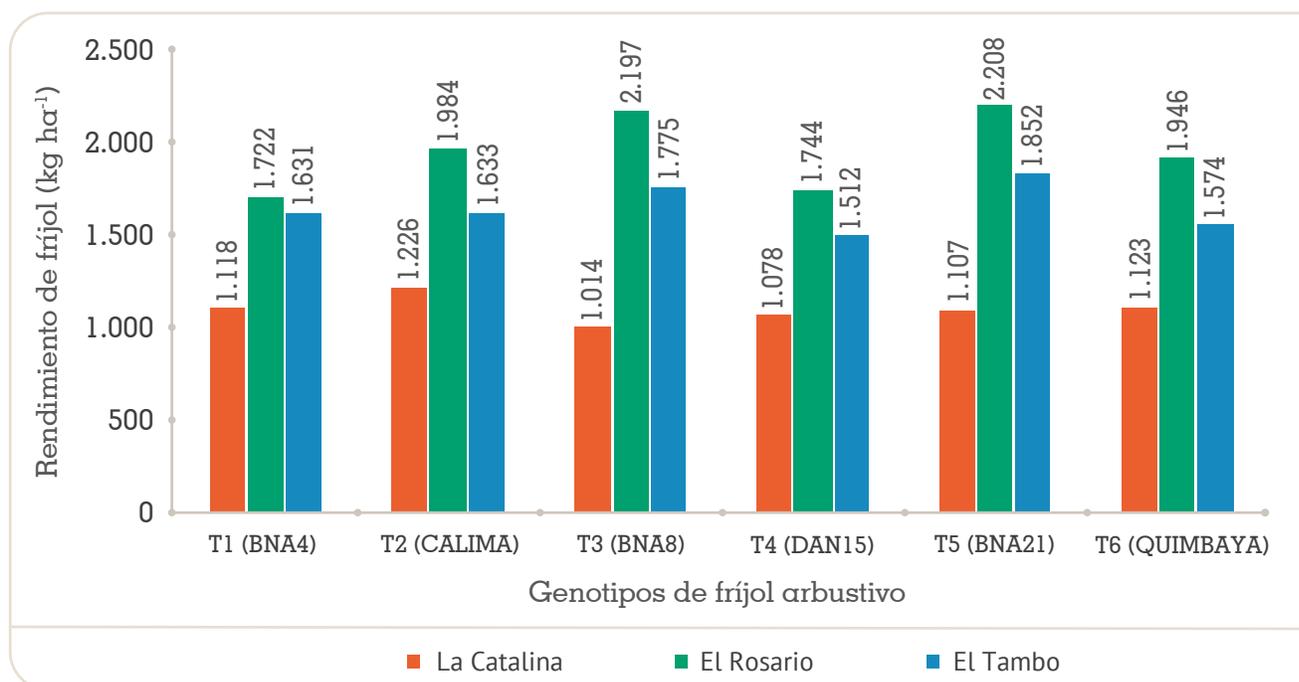


Figura 46. Rendimiento promedio (kg ha^{-1}) de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y dos testigos comerciales en las estaciones La Catalina, El Rosario y El Tambo.

BNA 4 y DAN 15 presentaron los mayores contenidos de este elemento, superando al testigo comercial Calima SG. La línea BNA 4 presentó el contenido más alto de zinc en la Estación El Rosario reportando un valor promedio de $50,02 \text{ mg kg}^{-1}$, mientras que el contenido más bajo correspondió al testigo Calima SG en la Estación El Tambo, con un valor promedio de $31,30 \text{ mg kg}^{-1}$ (Figura 48).

Evaluación de densidades de siembra con la variedad Cenicafé 1. FIT102027

Para evaluar la densidad de siembra de la variedad Cenicafé 1 sobre la producción de café, se establecieron dos lotes experimentales, el primero a libre exposición solar ubicado en la Estación El Tambo (Cauca) y el segundo en un sistema agroforestal ubicado en la Granja Blonay (Norte de Santander). La investigación se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con tres densidades de siembra de café (5.000, 7.500 y 10.000 plantas por hectárea) y un total de nueve bloques, en parcelas de 300 m^2 . En cada

localidad y cada tratamiento, se registra la producción de café cereza (cc) y el factor de rendimiento en trilla. El manejo agronómico del café se realiza de acuerdo con las características climáticas y suelo de las dos localidades siguiendo las recomendaciones técnicas dadas por Cenicafé y planteadas dentro de la estrategia “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad”.

En El Tambo la producción acumulada de café cereza desde el 15 de octubre de 2020 hasta el 08 de septiembre de 2022, registró para la densidad de siembra de 5.000 plantas por hectárea $9.432,91 \text{ kg ha}^{-1}$. Con 7.500 plantas por hectárea se obtuvieron $14.323,48 \text{ kg ha}^{-1}$ y con 10.000 plantas por hectárea $18.712,29 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 49).

En La Granja Blonay la producción acumulada de café cereza desde el 5 de noviembre de 2019 hasta el 23 de agosto de 2022, registró con la densidad de siembra de 5.000 plantas por hectárea $25.089,81 \text{ kg ha}^{-1}$; con 7.500 plantas por hectárea $26.268,52 \text{ kg ha}^{-1}$ y con 10.000 plantas por hectárea $21.482,59 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 50).

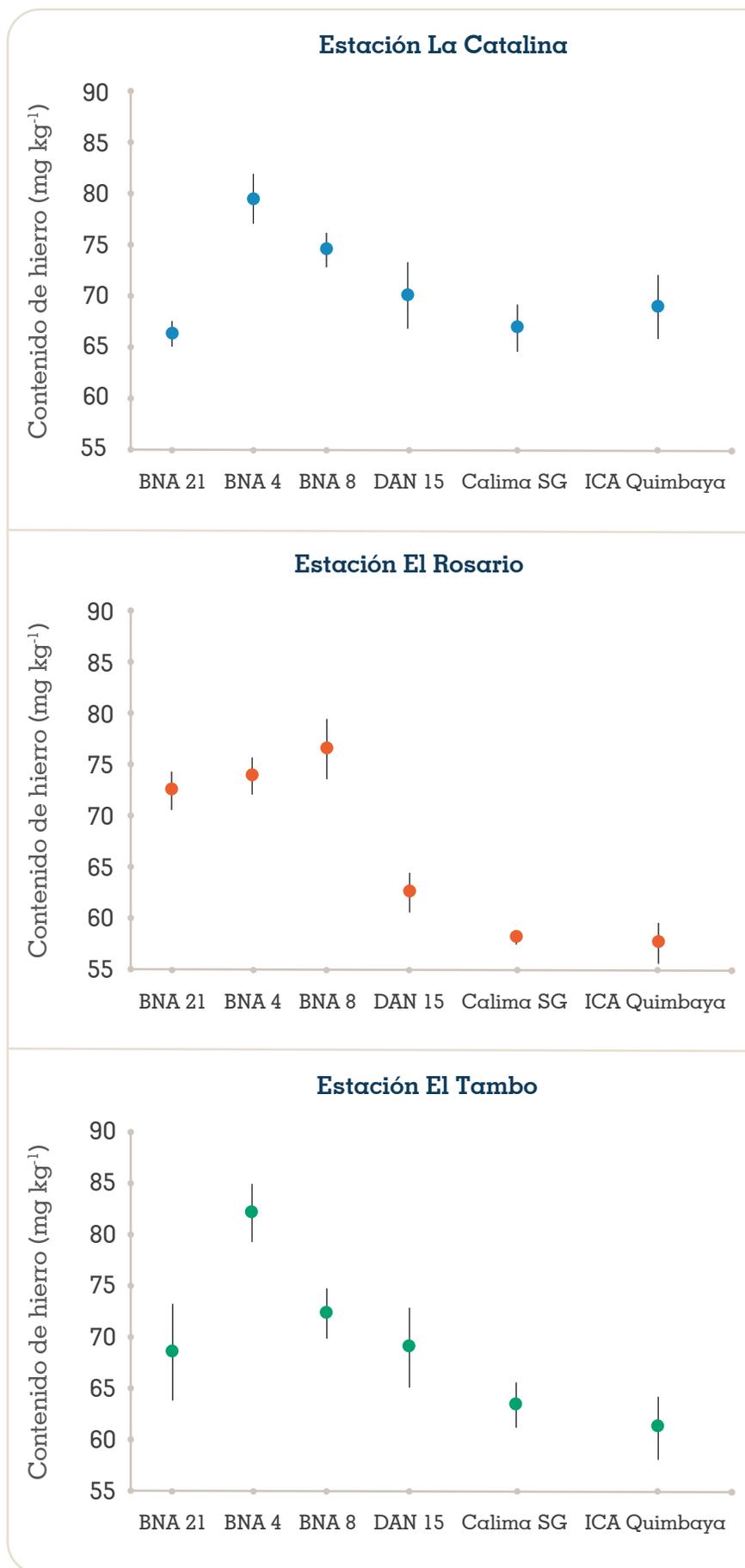


Figura 47. Contenido promedio de hierro (mg kg⁻¹) del primer ciclo de evaluación de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y dos testigos comerciales sembradas bajo el sistema intercalado con café en las estaciones La Catalina, El Rosario y El Tambo (Intervalos de confianza al 95%).

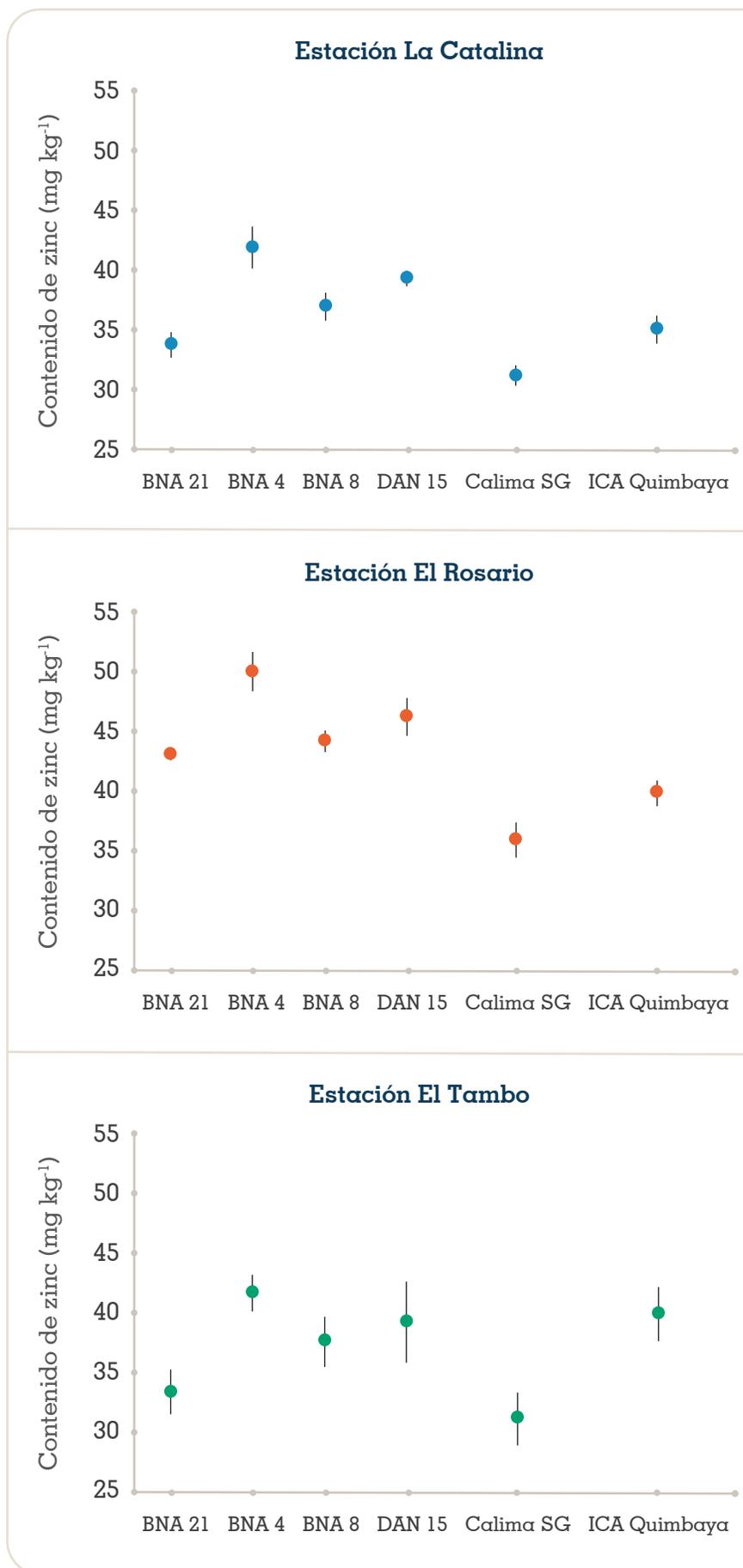


Figura 48. Contenido promedio de zinc (mg kg⁻¹) del primer ciclo de evaluación de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y dos testigos comerciales sembradas bajo el sistema intercalado con café en las estaciones La Catalina, El Rosario y El Tambo (Intervalos de confianza al 95%).

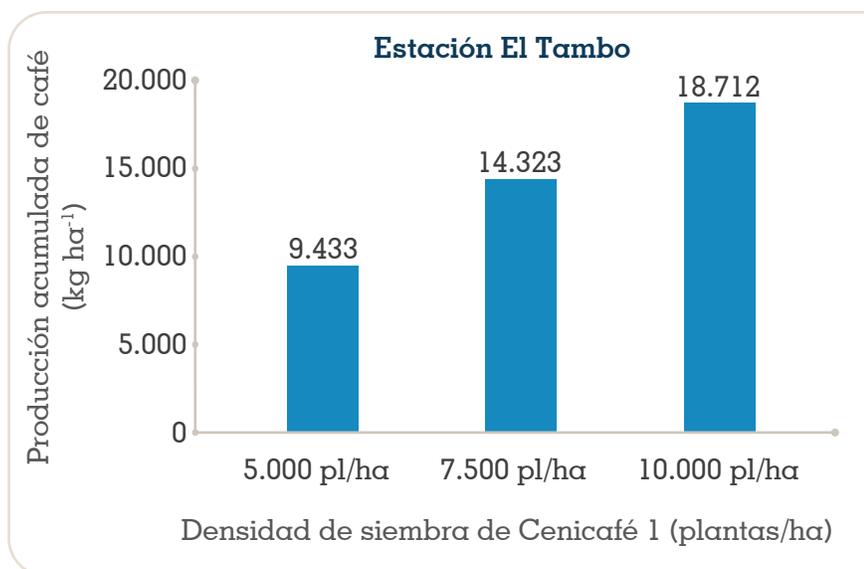


Figura 49. Producción promedio acumulada de café cereza (kg ha⁻¹) de tres densidades de siembra de Cenicafé 1, registrada entre el 15 de octubre de 2020 y 08 de septiembre de 2022 en la localidad El Tambo.

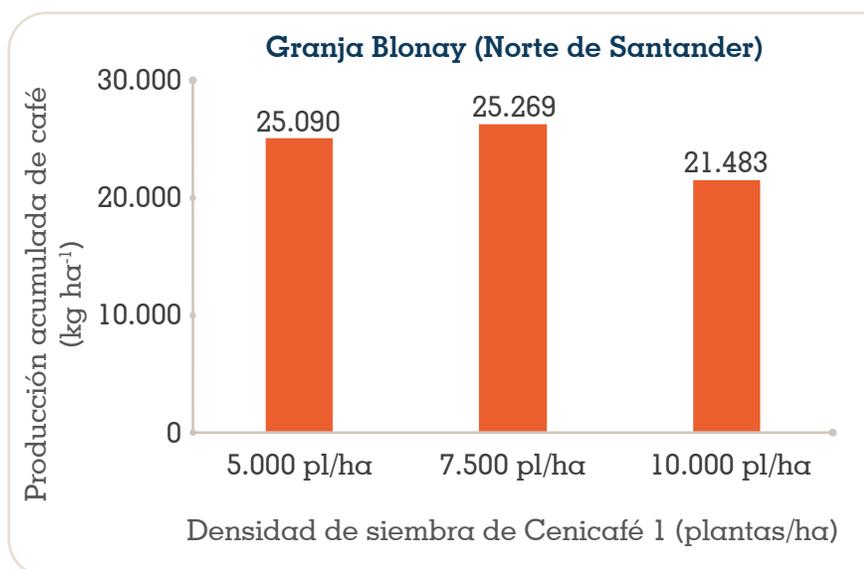


Figura 50. Producción promedio acumulada de café cereza (kg ha⁻¹) de tres densidades de siembra de Cenicafé 1, registrada entre el 5 de noviembre de 2019 y 23 de agosto de 2022 en la Granja Blonay.

Para cada uno de los tratamientos de densidad se determinaron los factores de rendimiento en trilla y la relación de café cereza (cc) a café pergamino seco (cps), para el pase principal de las cosechas en los años 2021 y 2022.

En los años 2021 y 2022, en la localidad El Tambo con una densidad de siembra de 10.000 plantas/ha se obtuvo el factor de rendimiento en trilla de 88,89 y 86,68, respectivamente, mientras que la densidad de 5.000 plantas/ha presentó la relación cc/cps

con valores de 5,01 y 4,92, respectivamente (Tabla 19).

Para el año 2020, en la localidad de Blonay, el factor de rendimiento en trilla de 85,44 y la relación cc/cps de 4,57 se registró con 5.000 plantas/ha. En el siguiente año (2021), el factor de rendimiento en trilla se obtuvo con 5.000 plantas/ha con un valor promedio de 85,07 y la mejor relación cc/cps de 4,82 con la densidad de 10.000 plantas/ha (Tabla 20).

Tabla 19. Factor de rendimiento en trilla y relación cc/cps de tres densidades de siembra de Cenicafé 1, registradas en el pase principal de las cosechas de 2021 y 2022 en la localidad El Tambo.

Año	Tratamiento	Densidad Cenicafé 1 (plantas/ha)	Relación cc/cps		Factor de rendimiento en trilla	
			Promedio	CV(%)	Promedio	CV(%)
2021	1	5.000	5,01	2,85	89,34	2,54
	2	7.500	5,24	6,50	89,05	1,42
	3	10.000	5,19	5,81	88,89	1,01
2022	1	5.000	4,92	4,89	87,69	1,10
	2	7.500	4,98	3,40	87,40	1,08
	3	10.000	5,01	2,61	86,68	0,86

CV(%): coeficiente de variación.

Tabla 20. Factor de rendimiento en trilla y relación cc/cps de tres densidades de siembra de Cenicafé 1, registradas en el pase principal de las cosechas de 2020 y 2021 en la Granja Blonay.

Año	Tratamiento	Densidad Cenicafé 1 (plantas/ha)	Relación cc/cps		Factor de rendimiento en trilla	
			Promedio	CV(%)	Promedio	CV(%)
2020	1	5.000	4,57	5,71	85,44	1,97
	2	7.500	4,62	4,30	86,32	2,25
	3	10.000	4,65	4,30	87,15	4,26
2021	1	5.000	4,99	5,10	85,07	1,27
	2	7.500	4,90	1,86	85,35	1,55
	3	10.000	4,82	4,95	85,75	1,99

CV(%): coeficiente de variación.

Evaluación de la producción de café con métodos de renovación a través de podas calavera y pulmón recurrentes. FIT103011

En tres localidades, Estaciones Experimentales El Tambo (Cauca), La Trinidad (Tolima) y Pueblo Bello (Cesar), de acuerdo con la época correcta de renovación, se están evaluando la poda calavera y la poda pulmón, en períodos

de producción de máximo dos cosechas y la zoca común, en ciclos de producción de cuatro cosechas. Los ciclos recurrentes y ciclos alternos con zoca común, se evaluarán en un período de 12 años. En la Tabla 21 se describen los métodos de renovación y en la Figura 51 los tratamientos.

Los tratamientos 1 y 2 corresponden a ciclos recurrentes de renovación por medio de poda

Tabla 21. Métodos de renovación seleccionados y número de cosechas anuales determinadas por ciclo para el estudio.

Tipo renovación	Altura de corte del tallo (m)	Longitud de poda de las ramas (cm)	Número de cosechas anuales por ciclo
Poda calavera	1,70	20	2
Poda calavera	1,70	20	1
Poda pulmón	0,60	20	2
Poda pulmón	0,90	20	2
Zoca común	0,30	0	4

calavera con dos y una cosecha por cada período, respectivamente, el tratamiento 3 es la alternancia de períodos de dos cosechas con poda calavera y ciclos de cuatro cosechas con zoca común. Los tratamientos 4 y 5 corresponden a ciclos recurrentes de renovación por medio de poda pulmón, con dos cosechas por cada período, el tratamiento 6 es la alternancia de períodos de dos cosechas con poda pulmón y ciclos de cuatro cosechas con zoca común, el tratamiento 7 corresponde a ciclos recurrentes de cuatro cosechas con zoca común (Figura 51).

El efecto de los tratamientos se evalúa bajo el diseño experimental bloques completos al azar, con ocho bloques, cada parcela experimental cuenta con un área de 147 m² en El Tambo, 144 m² en La Trinidad y 67 m² en Pueblo Bello.

La producción de café cereza por parcela en El Tambo, presentó valores promedio entre 460,3 y 479,7 kg en 2020, entre 3,1 y 111,6 kg en 2021 y entre 0,0 y 179,8 kg en 2022 con poda calavera, correspondiente a los tratamientos 1, 2 y 3. Los tratamientos de poda pulmón 4, 5 y 6 registraron producciones entre 188,9 y 347,3 kg en el 2020, entre 140,7 y 175,0 kg en 2021 y entre

1,4 y 69,8 kg en 2022. La zoca común registró producciones de 40,6; 129,9 y 125,0 kg en los años 2020, 2021 y 2022, respectivamente (Figura 52).

En La Trinidad, la poda calavera, correspondiente a los tratamientos 1, 2 y 3 presentó valores promedio de café cereza entre 387,1 y 412,9 kg en 2020, entre 4,5 y 136,2 kg en 2021 y entre 0,0 y 197,5 kg en 2022. Los tratamientos 4, 5 y 6 correspondientes a poda pulmón, registraron producciones entre 180,9 y 288,0 kg en 2020, entre 179,9 y 199,5 kg en 2021 y entre 0,0 y 9,8 kg en 2022. La zoca común registró producciones de 68,9; 194,3 y 117,8 kg en los años 2020, 2021 y 2022, respectivamente (Figura 53).

En Pueblo Bello, el método de renovación de poda calavera, correspondiente a los tratamientos 1, 2 y 3 presentó valores promedio de café cereza entre 63,3 y 78,8 kg en 2020, y entre 17,1 y 70,4 kg en 2021. Los tratamientos 4, 5 y 6 correspondientes a poda pulmón, registraron producciones entre 39,3 y 56,0 kg en 2020 y entre 76,4 y 85,2 kg en 2021. La zoca común registró producciones de 35,2 y 83,8 kg en los años 2020 y 2021 respectivamente (Figura 54).

Tratamiento	Año												Total cosechas
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 Calavera		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha	8
2 Calavera		Primera cosecha		Primera cosecha		Primera cosecha		Primera cosecha		Primera cosecha		Primera cosecha	6
3 Calavera - Zoca		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha	Cuarta cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha		8
4 Pulmón 60		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha	8
5 Pulmón 90		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha	8
6 Pulmón - Zoca		Primera cosecha	Segunda cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha	Cuarta cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha		8
7 Zoca		Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha	Cuarta cosecha		Primera cosecha	Segunda cosecha	Tercera cosecha	Cuarta cosecha		Primera cosecha	9

Figura 51. Descripción de los métodos de renovación, número de cosechas por ciclo y total de cosechas acumuladas por cada tratamiento.

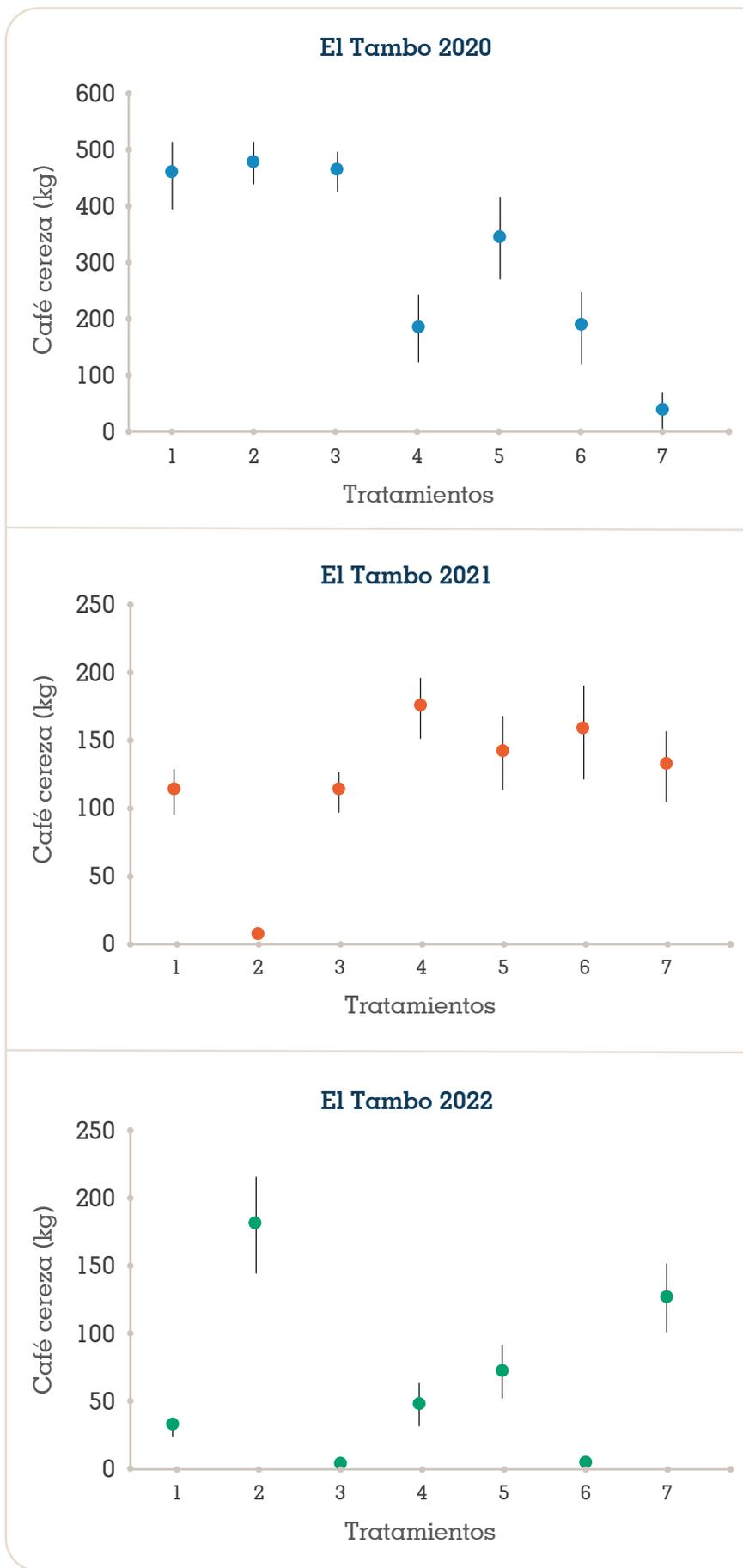


Figura 52. Promedio e intervalos de confianza para la producción de café cereza por parcela Estación Experimental El Tambo.



Figura 53. Promedio e intervalos de confianza para la producción de café cereza por parcela Estación Experimental La Trinidad.

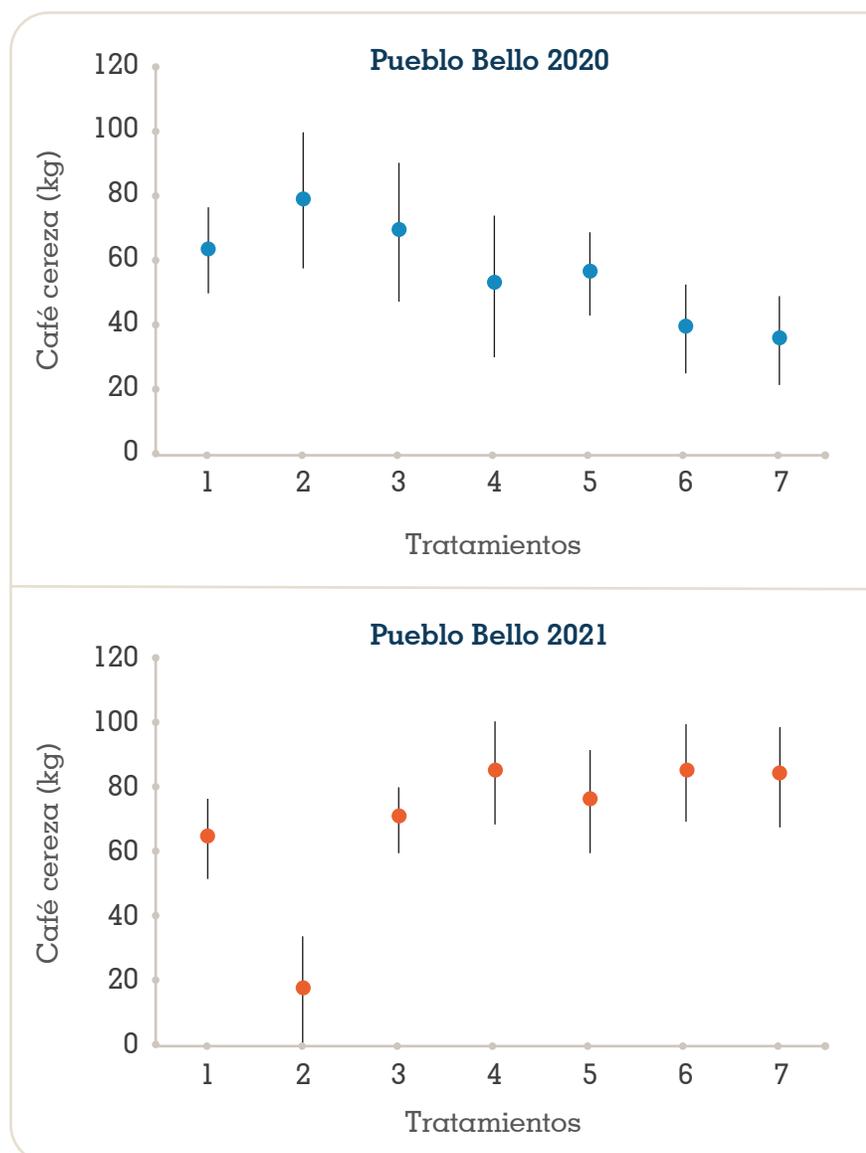


Figura 54. Promedio e intervalos de confianza para la producción de café cereza por parcela Estación Experimental Pueblo Bello.

Determinación del punto de inflexión de la producción de café variedad Cenicafé 1 en función de la densidad. FIT102030

En plantaciones de café variedad Cenicafé 1 se evalúa la densidad de siembra, como factor determinante de la producción. Para ello en la Estación Experimental Naranjal localizada en Chinchiná–Caldas, se establecieron 14 densidades de siembra desde 2.500 hasta 15.625 plantas por hectárea (Tabla 22), con el fin de determinar el efecto de los incrementos en el número de plantas sobre la producción de café cereza en kilogramos, durante un período de cinco

cosechas anuales. Los resultados serán de utilidad en la elaboración y selección del modelo que más se ajuste a la función de producción, para la determinación de la frontera de producción y la eficiencia técnica.

Cada parcela experimental está conformada por un área de 306 m² (17,5 m x 17,5 m), con el número de plantas por parcela correspondiente a cada densidad. El campo experimental ocupa un área total de 4.734 m². La cantidad de café cereza recolectada (kg) por parcela, hasta la fecha muestra el incremento en la producción a medida que aumenta la densidad de siembra, alcanzando un acumulado de 2.133 kg de café cereza,

que estimados para una hectárea, equivalen a 1.137 @ de café pergamino seco con una densidad de 9.426 plantas/ha, en el mismo orden con una densidad de 10.412 plantas/

ha se registró un acumulado de 2.343 kg de café cereza, que estimados en una hectárea equivalen a 1.249 @ de café pergamino seco (Figura 55).

Tabla 22. Densidades de siembra establecidas con la variedad de café Cenicafé 1.

N°	Distancia surcos (m)	Distancia plantas (m)	Densidad (plantas/ha)	Área parcela (m ²)	N° plantas/parcela
1	2,00	2,00	2.500	306	75
2	1,69	1,69	3.501	306	105
3	1,49	1,49	4.504	306	135
4	1,35	1,35	5.487	306	165
5	1,24	1,24	6.504	306	195
6	1,15	1,15	7.561	306	227
7	1,08	1,08	8.573	306	257
8	1,03	1,03	9.426	306	283
9	0,98	0,98	10.412	306	312
10	0,93	0,93	11.562	306	347
11	0,89	0,89	12.625	306	379
12	0,86	0,86	13.521	306	406
13	0,83	0,83	14.516	306	435
14	0,80	0,80	15.625	306	469

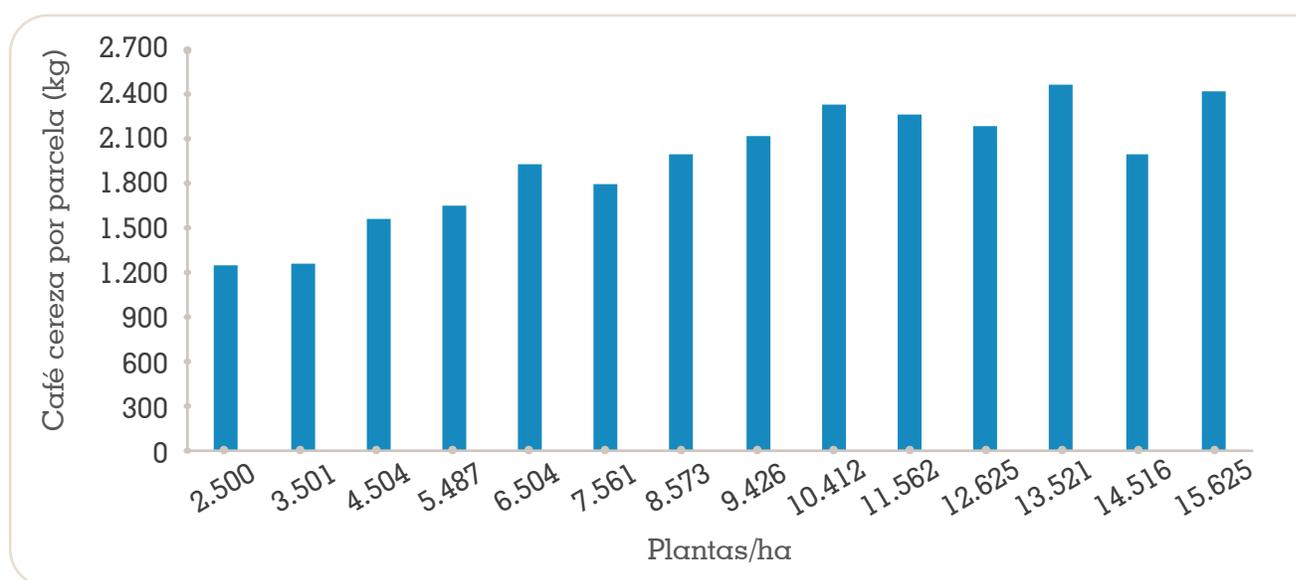


Figura 55. Producción de café cereza acumulada por parcela 2019-2022.



MEJORAMIENTO GENÉTICO

MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA A ENFERMEDADES

Evaluación de poblaciones con resistencia a la roya derivadas del híbrido de Timor. MEG102004

El desarrollo de variedades de café con resistencia a roya ha sido el principal objetivo de los programas de mejoramiento, sumado a otras características que despiertan el interés del caficultor e incrementan su utilización. Para dar cumplimiento a este objetivo, de manera regular los programas de mejoramiento identifican fuentes de resistencia, seleccionan progenitores e inician el proceso de evaluación y selección de los genotipos más destacados por esta característica. Actualmente, se evalúa la resistencia a roya, así como otros atributos agronómicos en 44 genotipos avanzados (F4 y F5) producto principalmente del cruzamiento entre derivados de híbridos interespecíficos (*Coffea arabica* x *Coffea canephora*) y germoplasma de origen etíope. Después de dos años de evaluación en el campo, el 23% de las progenies sobresalen por su resistencia a roya (Tabla 23), destacándose 2009-14 #1199, 2009-14 #1466, 2009-14 #503, 2009-14 #951, 2010-5 #633, Vitrina #218, Vitrina #364 y Vitrina # 480 por la muy baja incidencia de la enfermedad. Al analizar los demás atributos agronómicos

evaluados, el 70% de los genotipos evaluados poseen una producción (parcial) entre un 10% y un 90% superior a la observada en la variedad Cenicafé 1 (Dunnett_{0,05}), 57% de estos con porte tipo Castillo®. En relación con las características de grano, el 70% de los genotipos presentaron más del 60% de grano supremo y alrededor de 10% de grano caracol. Al analizar de manera conjunta las variables evaluadas hasta la fecha, el 16% de las progenies evaluadas se caracterizan por reunir una alta resistencia a roya con excelentes atributos agronómicos. No obstante, de este grupo la segregación persistente para color de fruto, restringe su evaluación posterior en tres de ellas, requiriendo pruebas de progenie al menos por una generación, para la identificación de plantas no segregantes. En general, la información tomada hasta el momento permite definir que, cuatro progenies equivalentes al 9% de la población, reúne los parámetros de selección establecidos para continuar con el proceso de evaluación en una futura prueba regional.

Selección de progenies F4 y F5 de retrocruzamientos con diferentes introducciones de *C. canephora*. MEG102016

En la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná-Caldas), se evaluaron 28 líneas F4RC1, tres F3RC1 y tres F3RC2, originadas

Tabla 23. Comportamiento agronómico de los genotipos avanzados (F4 – F5) preseleccionados por su resistencia a roya del café.

Lote	Progenie	Atributo/criterio de selección					Principal limitante
		Roya / % Plantas Cal, ≤3	*Producción kg/cc planta / ≥ Cen, 1	*Altura cm ≤ Cenicafé 1	**Tam, grano/ supremo ≥60%	**Def, Grano / Caracol ≤20%	
1	2009-14 #1199	100%	7,82 =C.1	131,7 IC.1	35,15 =C	14,17 SC	Tamaño de grano, segrega color fruto
	2009-14 #1466	100%	8,70 =C.1	156,5 =C.1	56,04 SC	10,21 =C	Segrega color fruto
	2009-14 #503	100%	9,64 SC.1	142,7 =C.1	40,84 =C	7,16 =C	Tamaño de grano, segrega color fruto
	2009-14 #951	90%	6,16 =C.1	137,3 =C.1	83,85 SC	10,72 =C	Segrega color fruto
2	2010-5 # 633	92%	6,77 SC.1	158,75 =C.1	73,34 SC	14,53 SC	
	Vitrina # 218	96%	7,36 SC.1	175,83 SC.1	84,21 SC	15,49 SC	
	Vitrina # 364	90%	9,15 SC.1	169,79 SC.1	62,55 SC	11,76 =C	Segrega color fruto
	Vitrina # 480	100%	6,87 SC.1	170,10 SC.1	68,36 SC	14,16 SC	
	Vitrina # 612	98%	6,37 SC.1	153,85 =C.1	75,72 SC	12,38 =C	
	Vitrina #493	94%	8,54 SC.1	178,13 SC.1	33,46 IC	12,16 =C	Tamaño de grano, segrega color fruto

* =C.1, IC.1, SC.1= Estadísticamente igual, inferior o superior respectivamente a la variedad Cenicafé 1 de acuerdo a prueba de Dunnett ($p=0,05$); ** =C, IC, SC= Estadísticamente igual, inferior o superior respectivamente a la variedad Caturra de acuerdo a prueba de Dunnett ($p=0,05$).

a partir del cruzamiento de *Coffea arabica* variedad Caturra con diferentes variedades de *C. canephora*, bajo un diseño experimental Látxice triple 6 x 6, con dos variedades como testigo (Cenicafé 1 y Caturra). Las variables de interés evaluadas fueron resistencia a la roya medida como incidencia en la escala de Eskes y Toma-Braghini, altura de

la planta, número de cruces, diámetro de copa, producción acumulada, calidad física del grano y calidad en taza. Al analizar de manera conjunta las siete evaluaciones de incidencia de roya realizadas entre agosto de 2019 y abril de 2022, el 29% de las líneas (diez líneas), se catalogaron como resistentes a esta enfermedad (Tabla 24). Las líneas

seleccionadas pertenecen a ocho familias F3RC1, que involucran cruzamientos en los que se utilizaron las variedades BP.358 y BP.46 de *C. canephora* (H4241–H4304), así como dos poblaciones en las cuales se utilizaron diferentes variedades no especificadas de *C. Canephora* (H4342 – H4343). Al evaluar las variables de crecimiento se observó que el 62% de las líneas presentaron una altura superior, 3% mayor número de cruces y 7% mayor diámetro de copa, al compararlas con Cenicafé 1 (Tabla 25). La producción registrada entre abril de 2019 y junio de 2022, muestra diferencias significativas a favor de 12 líneas mejoradas con relación a Cenicafé 1 (Tabla 26). Estas líneas

alcanzan una producción acumulada entre 47% y 18% superior a la de Cenicafé 1. Al analizar la calidad física del grano en las líneas seleccionadas por su resistencia a la roya, se observa que cumplen con los parámetros comerciales para porcentaje de caracol, triángulo y monstruo (<10%), y un promedio de grano supremo de 73% (Tabla 27). Paralelamente, se caracterizó la calidad en taza en 23 de las 34 líneas evaluadas, de acuerdo con la escala SCA. De las líneas evaluadas, 22 fueron catalogadas como especiales, al obtener un puntaje total SCA 80,00-84,99, mientras la línea MEG667#144 fue catalogada como excelente, con un puntaje SCA de 85,13.

Tabla 24. Consolidado de siete evaluaciones de incidencia de roya mediante la escala de Eskes & Toma-Braghini. Genotipos resaltados en verde son clasificados como resistentes.

Genotipo	Incidencia de roya Escala Eskes & Toma-Braghini	
	Resistentes (≤ 3) -%	Susceptibles (≥ 4) -%
Caturra	0	100
MEG6.62 #116	27	73
MEG6.62 #13	60	40
MEG6.62 #15	69	31
MEG6.62 #244	97	3
MEG6.62 #3	23	77
MEG6.62 #340	3	97
MEG6.62 #370	3	97
MEG6.62 #382	20	80
MEG6.62 #390	33	67
MEG6.62 #47	20	80
MEG6.62 #49	17	83

Continúa...

... continuación.

Genotipo	Incidencia de roya Escala Eskes & Toma-Braghini	
	Resistentes (≤ 3) -%	Susceptibles (≥ 4) -%
MEG6.64 #205	97	3
MEG6.64 #31	76	24
MEG6.64 #95	17	83
MEG6.67 #113	97	3
MEG6.67 #142	13	87
MEG6.67 #144	80	20
MEG6.67 #147	83	17
MEG6.67 #149	83	17
MEG6.67 #150	60	40
MEG6.67 #270	83	17
MEG6.67 #347	34	66
MEG6.67 #379	3	97
MEG6.67 #475	13	87
MEG6.67 #61	69	31
MEG6.67 #63	60	40
MEG6.67 #64	73	27
MEG6.67 #65	67	33
MEG6.67 #726	93	7
MEG6.67 #762	90	10
MEG6.67 #768	67	33
MEG6.67 #871	27	73
MEG6.67 #878	37	63
MEG6.67 #892	60	40

Tabla 25. Variables de crecimiento evaluadas a los 24 meses en líneas avanzadas F3RC1, F4RC1, F3RC2 originadas a partir de cruzamientos interespecíficos entre *C. arabica* var. Caturra x *C. canephora*. Las líneas resaltadas en verde, corresponden a los genotipos seleccionados por su resistencia a la roya.

Genotipo	Altura (cm)			Número cruces			Diámetro Copa (cm)		
	Prom.		σ	Prom.		σ	Prom.		σ
MEG6.67 #142	166,0	*	2,50	33,9		0,67	162,2		6,05
MEG6.67 #871	165,0	*	8,53	34,2		2,27	154,5		14,42
MEG6.62 #13	161,3		11,73	32,4		0,95	162,2		13,25
MEG6.67 #347	164,8	*	8,02	31,0		1,16	152,2		9,93
MEG6.62 #244	175,2	*	4,48	33,9		1,25	167,3		4,16
MEG6.62 #340	159,8		10,68	32,1		2,15	168,2		13,04
MEG6.64 #205	164,5	*	6,06	30,1		1,19	153,5		3,04
MEG6.67 #768	161,5		3,50	30,7		0,40	144,3	*	2,93
MEG6.62 #3	162,8	*	7,49	31,9		2,02	160,7		7,09
MEG6.67 #379	167,2	*	12,86	32,3		1,97	145,5	*	10,83
MEG6.67 #726	156,3		6,25	30,9		1,18	154,8		7,51
MEG6.67 #147	160,8		7,42	32,9		1,18	165,0		7,79
MEG6.67 #113	154,3		6,25	30,2		0,93	146,8		2,84
MEG6.67 #762	163,3	*	8,75	31,9		0,76	149,2		7,75
MEG6.62 #390	168,3	*	2,75	37,6		1,65	146,7		3,51
MEG6.62 #15	141,7	*	8,84	29,7		0,98	135,7	*	7,11
MEG6.67 #61	164,0	*	5,85	33,9		0,94	167,9		4,89

Continúa...

... continuación.

Genotipo	Altura (cm)			Número cruces			Diámetro Copa (cm)		
	Prom.		σ	Prom.		σ	Prom.		σ
MEG6.67 #270	170,7	*	9,36	32,6		0,83	169,3	*	9,14
MEG6.67 #63	172,5	*	5,68	33,4		1,06	175,3	*	5,75
MEG6.67 #144	159,8		4,51	33,8		1,16	160,5		4,92
MEG6.67 #149	166,7	*	6,93	32,4		1,25	156,0		9,54
MEG6.67 #475	160,0		5,07	30,7		0,65	157,8		5,25
MEG6.67 #64	168,2	*	6,11	33,8		0,85	167,2		4,04
MEG6.67 #892	170,8	*	16,62	30,1		1,80	154,0		8,53
MEG6.62 #370	170,2	*	4,75	32,8		0,35	178,2	*	4,25
MEG6.64 #31	159,7		8,43	29,6		1,08	146,5		5,29
MEG6.62 #49	167,5	*	6,73	36,0		1,88	147,0		9,96
MEG6.64 #95	165,2	*	2,84	30,7		0,95	165,0		4,58
MEG6.62 #382	162,7	*	7,02	34,9		1,90	151,5		9,04
MEG6.67 #65	146,8		5,39	30,9		2,08	159,5		13,45
MEG6.62 #116	153,8		5,77	30,8		1,76	163,3		6,83
MEG6.67 #878	162,3		5,86	34,6		1,13	158,5		3,61
MEG6.62 #47	177,2	*	8,08	38,1	*	1,42	150,8		2,02
MEG6.67 #150	153,2		7,52	29,6		2,29	153,3		9,25
Cenicafé 1	153,2		6,15	28,5		0,66	157,1		14,95
Caturra	155,2		3,51	31,0		0,95	142,5	*	8,79

* Indica diferencia significativa al 5% con respecto a la variedad Cenicafé 1, según prueba LSD.

Tabla 26. Producción acumulada por árbol en un ciclo de 3,5 años (2019-2022). Las líneas resaltadas en verde, corresponden a los genotipos seleccionados por su resistencia a la roya.

Genotipo	Producción acumulada promedio (kg/árbol de cc)		σ
MEG6.67 #147	14,4	*	0,63
MEG6.62 #47	13,7	*	0,64
MEG6.67 #113	13,6	*	0,81
MEG6.67 #64	13,4	*	0,64
MEG6.67 #149	13,3	*	1,17
MEG6.67 #871	12,7	*	0,84
MEG6.67 #63	12,7	*	0,48
MEG6.62 #13	12,5	*	0,82
MEG6.67 #142	12,4	*	1,48
MEG6.62 #244	11,9	*	1,38
MEG6.67 #379	11,9	*	1,75
MEG6.64 #95	11,8	*	0,91
MEG6.64 #205	11,7		0,50
MEG6.62 #15	11,1		0,95
MEG6.67 #65	10,9		0,75
MEG6.62 #370	10,9		1,26
MEG6.67 #762	10,7		1,86
MEG6.67 #726	10,6		0,90

Continúa...

... continuación.

Genotipo	Producción acumulada promedio (kg/árbol de cc)		σ
MEG6.67 #150	10,5		1,36
MEG6.67 #347	10,4		1,47
MEG6.67 #892	10,4		1,53
MEG6.62 #3	10,4		1,97
MEG6.67 #475	10,3		1,46
MEG6.67 #768	10,2		1,09
MEG6.62 #116	10,1		0,45
MEG6.62 #390	10		0,62
MEG6.62 #382	9,8		2,1
MEG6.62 #49	9,7		0,99
MEG6.67 #878	9,6		0,88
MEG6.67 #270	9,6		0,31
MEG6.67 #61	8,9		2,02
MEG6.62 #340	8,8		1,45
MEG6.64 #31	8,7		0,91
MEG6.67 #144	8,5		1,28
Cenicafé 1	10,1		1,25
Caturra	7,1	*	0,52

* Indica diferencia significativa al 5% con respecto a la variedad Cenicafé 1, según prueba LSD.

Tabla 27. Calidad física del grano en líneas avanzadas F3RC1, F4RC1, F3RC2 originadas a partir de cruzamientos interespecíficos entre *C. arabica* var. Caturra x *C. canephora*. Las líneas resaltadas en verde, corresponden a los genotipos seleccionados por su resistencia a la roya.

Genotipo	Caracol (%)			Triángulo (%)			Monstruo (%)			Supremo (%)		
	Prom.		σ	Prom.		σ	Prom.		σ	Prom.		σ
MEG6.67 #142	13,97	*	0,92	3,86	*	0,85	0,32	*	0,09	65,47	*	3,21
MEG6.67 #871	15,72	*	0,77	4,02	*	0,77	0,39	*	0,15	78,36		0,60
MEG6.62 #13	15,00	*	0,75	1,92		0,07	0,04	*	0,07	66,64	*	3,67
MEG6.67 #347	10,94		1,40	2,25		0,33	0,35	*	0,17	70,75	*	4,52
MEG6.62 #244	14,00	*	1,71	0,24		0,23	0,00	*	0,00	77,07		1,11
MEG6.62 #340	13,26	*	2,01	1,04		0,30	0,08	*	0,07	82,19		1,41
MEG6.64 #205	8,00		0,63	0,57		0,12	0,00	*	0,00	68,01	*	1,41
MEG6.67 #768	15,59	*	1,02	4,09	*	0,58	0,68		0,38	70,09	*	2,56
MEG6.62 #3	12,24		1,32	1,08		0,39	0,22	*	0,21	79,26		3,09
MEG6.67 #379	13,01	*	2,17	1,64		0,50	0,43	*	0,29	84,25		3,17
MEG6.67 #726	10,00		0,86	6,55	*	0,85	1,14		0,52	65,51	*	7,97
MEG6.67 #147	12,00		1,19	3,24		0,30	0,50		0,46	77,13		2,62
MEG6.67 #113	8,00		0,89	2,27		0,67	8,27	*	0,64	74,17		2,73
MEG6.67 #762	12,00		2,00	2,35		0,59	0,78		0,57	84,92		2,20
MEG6.62 #390	14,12	*	2,45	1,63		0,55	0,03	*	0,06	77,25		0,84
MEG6.62 #15	14,26	*	1,51	2,31		0,81	0,88		0,46	71,34	*	2,52
MEG6.67 #61	28,49	*	2,58	2,17		0,31	0,33	*	0,29	62,16	*	4,77
MEG6.67 #270	19,00	*	2,92	2,96		0,23	0,33	*	0,33	68,18	*	3,97

Continúa...

... continuación.

Genotipo	Caracol (%)			Triángulo (%)			Monstruo (%)			Supremo (%)		
	Prom.		σ	Prom.		σ	Prom.		σ	Prom.		σ
MEG6.67 #63	14,36	*	1,23	4,26	*	0,62	0,67		0,30	70,86	*	3,70
MEG6.67 #144	18,00	*	1,98	4,05	*	0,82	0,26	*	0,13	67,97	*	4,41
MEG6.67 #149	25,00	*	1,69	5,60	*	0,36	0,50		0,17	63,47	*	1,52
MEG6.67 #475	11,59		0,84	4,62	*	0,71	0,90		0,17	47,38	*	4,09
MEG6.67 #64	20,45	*	1,35	3,36		0,57	0,28	*	0,25	64,38	*	2,27
MEG6.67 #892	9,96		1,79	2,87		1,08	0,59		0,33	83,81		1,67
MEG6.62 #370	20,61	*	1,87	2,50		0,61	0,10	*	0,10	71,24	*	2,57
MEG6.64 #31	12,00		0,31	1,66		0,65	0,00	*	0,00	85,68		2,37
MEG6.62 #49	12,81	*	1,61	3,07		0,62	0,16	*	0,14	79,49		0,86
MEG6.64 #95	7,35		0,92	1,30		0,12	0,11	*	0,10	80,91		3,03
MEG6.62 #382	6,20		0,72	4,59	*	1,14	0,07	*	0,13	86,72		0,93
MEG6.67 #65	25,64	*	4,39	2,83		0,58	0,33	*	0,21	57,56	*	10,64
MEG6.62 #116	18,42	*	1,92	0,86		0,17	0,57		0,45	79,51		3,23
MEG6.67 #878	13,08	*	1,97	4,89	*	1,74	0,54		0,04	82,20		3,19
MEG6.62 #47	10,25		0,66	3,40		0,87	0,04	*	0,07	79,36		3,23
MEG6.67 #150	12,63	*	0,34	7,52	*	1,01	0,61		0,10	76,09		3,65
Cenicafé 1	8,00		0,67	1,73		0,60	1,22	*	0,87	82,71		3,05
Caturra	9,00		0,60	3,71		0,50	0,38	*	0,19	48,26	*	2,16

* Indica diferencia significativa al 5% con respecto a la variedad Cenicafé 1, según prueba Dunnett.

Selección de progenies F6RC1 de cruzamiento de [(Caturra x *C. canephora* BP358 EA.93) x Caturra]. MEG102017

En la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná-Caldas), se evaluaron 28 genotipos F6RC1, provenientes del cruzamiento de *Coffea arabica* variedad Caturra con la variedad BP358 de *C. canephora*, bajo un diseño Látice rectangular 5 x 6, con tres repeticiones y dos variedades como testigo (Cenicafé 1 y Caturra). Las variables de interés evaluadas fueron resistencia a la roya medida como incidencia en la escala de Eskes y Toma-Braghini, altura de la planta, número de cruces, diámetro de copa, producción acumulada, calidad física del grano y calidad en taza.

Entre 2019 – 2021 se realizaron seis evaluaciones de roya, mediante las cuales se identificaron seis líneas, en las cuales al menos el 80% de las plantas evaluadas presentan una calificación de incidencia de roya menor o igual a 3, de acuerdo con la escala de Eskes & Toma Braghini (Tabla 28). Al analizar las variables de crecimiento, se

observó que tres de las líneas seleccionadas por su resistencia a la roya son porte tipo Cenicafé 1 y tres son de porte intermedio (tipo Castillo®) (Tabla 29). Después de analizar la producción acumulada de 3,5 años (2019-II – 2022-I), se identificaron cinco líneas que presentan una producción mayor a la obtenida por la variedad testigo Cenicafé 1 ($p < 0,05\%$) (Tabla 30). De éstas, la línea MEG6.67 #205 no solo es altamente productiva (12,2 kg/árbol ciclo de 3,5 años), sino que también es resistente a roya. De manera contraria, la línea MEG66.7 #691, fue clasificada como resistente a la roya, pero presenta una producción acumulada significativamente menor a la obtenida por Cenicafé 1 (5,99 vs 9,44 kg/árbol ciclo de 3,5 años, respectivamente). Para evaluar la calidad física del grano, se realizó un análisis de modelos lineales generalizado, en bloques completos al azar, con una distribución para la variable de respuesta binomial negativa. Se encontró que las seis líneas seleccionadas por roya tienen la misma proporción de granos vanos y supremo que la variedad Cenicafé 1. Dos líneas presentan una proporción mayor de grano caracol al compararlas con Cenicafé 1 (Tabla 31).

Tabla 28. Consolidado de seis evaluaciones de incidencia de roya mediante la escala de Eskes & Toma-Braghini en líneas avanzadas F6RC1, originadas a partir de cruzamientos interespecíficos entre *C. arabica* var. Caturra x *C. canephora* var. BP358. Genotipos resaltados en verde son clasificados como resistentes.

Genotipo	Incidencia de roya Escala Eskes & Toma-Braghini	
	Resistentes (≤ 3) (%)	Susceptibles (≥ 4) (%)
Caturra	0	100
MEG6.65 #205	97	3
MEG6.65 #700	87	13
MEG6.65 #691	87	13
MEG6.65 #685	87	13

Continúa...

... continuación.

Genotipo	Incidencia de roya Escala Eskes & Toma-Braghini	
	Resistentes (≤ 3) (%)	Susceptibles (≥ 4) (%)
MEG6.65 #688	83	17
MEG6.65 #259	83	17
MEG6.65 #517	77	23
MEG6.65 #617	70	30
MEG6.65 #76	53	47
MEG6.65 #681	53	47
MEG6.65 #671	47	53
MEG6.65 #614	43	57
MEG6.65 #269	27	73
MEG6.65 #612	23	77
MEG6.65 #489	23	77
MEG6.65 #260	23	77
MEG6.65 #407	20	80
MEG6.65 #443	17	83
MEG6.65 #237	17	83
MEG6.65 #231	17	83
MEG6.65 #679	13	87
MEG6.65 #673	13	87
MEG6.65 #312	13	87
MEG6.65 #79	10	90
MEG6.65 #41	10	90
MEG6.65 #49	3	97
MEG6.65 #519	0	100
MEG6.65 #510	0	100

Tabla 29. Promedio de las variables de crecimiento evaluadas a los 24 meses en líneas avanzadas F6RC1 originadas a partir de cruzamientos interespecíficos entre *C. arabica* var. Caturra x *C. canephora* var. BP358. Genotipos resaltados en verde son clasificados como resistentes a la roya.

Genotipo	Altura (cm)			Número cruces			Diámetro copa (cm)		
	Prom.		σ	Prom.		σ	Prom.		σ
MEG6.65 #517	136,2	1	10,96	28,0	0	1,99	133,6	0	13,61
Caturra	140,0	0	17,32	29,3	0	2,16	122,3	1	18,25
MEG6.65 #79	147,7	0	22,78	31,4	1	4,06	136,7	0	35,43
Cenicafé 1	149,3	0	34,94	28,2	0	5,74	141,8	0	47,49
MEG6.65 #237	149,3	0	15,12	29,1	0	1,78	133,5	0	22,12
MEG6.65 #691	150,7	0	21,01	29,6	0	4,12	151,8	0	35,47
MEG6.65 #41	152,2	0	7,01	30,6	0	1,16	135,8	0	22,97
MEG6.65 #688	152,3	0	24,72	31,6	1	5,40	135,2	0	39,04
MEG6.65 #76	152,7	0	20,25	31,7	1	2,16	154,0	0	26,68
MEG6.65 #312	152,8	0	13,53	33,8	1	3,10	147,3	0	30,18
MEG6.65 #679	154,2	0	12,75	33,6	1	3,51	146,3	0	27,21
MEG6.65 #519	154,8	0	15,51	31,7	1	2,84	147,5	0	25,53
MEG6.65 #443	162,2	1	3,88	31,7	1	0,40	155,0	0	6,38
MEG6.65 #673	163,5	1	9,64	35,0	1	2,04	160,0	1	9,76
MEG6.65 #671	163,5	1	4,77	35,3	1	0,68	154,3	0	11,43
MEG6.65 #510	165,0	1	14,76	33,0	1	3,07	152,7	0	16,28
MEG6.65 #489	166,5	1	7,94	34,1	1	2,26	159,3	1	10,42
MEG6.65 #205	168,8	1	20,82	35,9	1	3,67	150,8	0	28,87
MEG6.65 #700	169,5	1	12,82	33,7	1	2,73	181,7	1	2,02
MEG6.65 #612	171,7	1	22,54	32,8	1	3,56	166,5	1	28,71

Continúa...

... continuación.

Genotipo	Altura (cm)			Número cruces			Diámetro copa (cm)		
	Prom.		σ	Prom.		σ	Prom.		σ
MEG6.65 #614	172,3	1	6,17	32,3	1	1,15	168,0	1	14,86
MEG6.65 #269	173,3	1	6,11	33,4	1	1,02	179,7	1	7,52
MEG6.65 #685	174,8	1	10,32	35,0	1	3,10	175,8	1	12,05
MEG6.65 #259	175,3	1	3,33	34,8	1	0,45	164,3	1	9,00
MEG6.65 #49	176,0	1	8,41	33,9	1	1,55	168,7	1	4,48
MEG6.65 #681	176,3	1	6,79	35,3	1	1,41	175,0	1	12,26
MEG6.65 #617	177,7	1	11,25	34,5	1	1,57	151,8	0	14,78
MEG6.65 #231	178,3	1	7,91	34,7	1	0,42	173,8	1	8,81
MEG6.65 #407	181,5	1	12,62	32,7	1	1,58	180,7	1	8,74
MEG6.65 #260	183,0	1	5,41	36,8	1	1,93	172,8	1	14,49

* Indica diferencia significativa al 5% con respecto a la variedad Cenicafé 1, según prueba LSD.

Tabla 30. Producción promedio acumulada de café cereza por árbol en un ciclo de 3,5 años (2019-II-2022-I), en líneas avanzadas F6RC1 originadas a partir de cruzamientos interespecíficos entre *C. arabica* var. Caturra x *C. canephora* var. BP358. Los genotipos resaltados en verde son clasificados como resistentes a la roya.

Genotipo	Producción acumulada (kg/árbol de cc)		
	Promedio		σ
MEG6.65 #407	13,1	*	1,220
MEG6.65 #617	13,1	*	1,919
MEG6.65 #76	12,4	*	2,182
MEG6.65 #205	12,2	*	2,186
MEG6.65 #614	11,9	*	1,256
MEG6.65 #517	11,5		1,357

Continúa...

... continuación.

Genotipo	Producción acumulada (kg/árbol de cc)		
	Promedio		σ
MEG6.65 #612	11,4		3,323
MEG6.65 #259	11,4		1,582
MEG6.65 #671	11,2		1,089
MEG6.65 #679	10,5		1,586
MEG6.65 #681	10,5		0,839
MEG6.65 #231	10,4		1,948
MEG6.65 #685	10,1		1,136
MEG6.65 #79	9,9		1,864
MEG6.65 #312	9,9		0,713
MEG6.65 #519	9,8		1,393
MEG6.65 #700	9,7		1,733
MEG6.65 #688	9,7		3,123
MEG6.65 #269	9,7		1,045
Cenicafé 1	9,4		4,013
MEG6.65 #49	9,4		0,697
MEG6.65 #510	9,3		1,437
MEG6.65 #237	9,3		2,042
MEG6.65 #673	8,9		0,651
MEG6.65 #260	8,8		2,436
MEG6.65 #489	8,6		0,602
MEG6.65 #41	8,5		0,462
MEG6.65 #443	8,0		0,479
Caturra	6,7	*	0,752
MEG6.65 #691	6,0	*	0,931

* Indica diferencia significativa al 5% con respecto a la variedad Cenicafé 1, según prueba Dunnett.

Tabla 31. Calidad física del grano en líneas avanzadas F6RC1 originadas a partir de cruzamientos interespecíficos entre *C. arabica* var. Caturra x *C. canephora* var. BP358. Los genotipos resaltados en verde son clasificados como resistentes a la roya.

Progenie	Frutos vanos (%)		Granos caracol (%)		Grano supremo (%)	
Caturra	3,6		9,2		46,7	*
Cenicafél	4,9		8,4		84,1	
MEG6.65#205	9,2		12,6		83,5	
MEG6.65#231	15,1	*	26,9	*	83,0	
MEG6.65#237	16,4	*	20,6	*	83,2	
MEG6.65#259	7,9		21,0	*	76,6	
MEG6.65#260	14,0		27,8	*	74,7	
MEG6.65#269	17,0	*	10,8		73,0	
MEG6.65#312	12,4		24,9	*	71,0	
MEG6.65#407	13,6		8,7		89,4	
MEG6.65#41	17,9	*	25,9	*	79,3	
MEG6.65#443	21,7	*	21,1	*	85,9	
MEG6.65#489	9,8		24,1	*	73,6	
MEG6.65#49	18,3	*	20,6	*	87,5	
MEG6.65#510	16,7	*	14,5		90,1	
MEG6.65#517	6,3		10,1		73,6	
MEG6.65#519	13,2		16,0		78,9	
MEG6.65#612	10,5		9,1		87,4	
MEG6.65#614	12,2		8,3		93,0	
MEG6.65#617	11,4		7,0		89,8	
MEG6.65#671	11,3		18,2		80,0	
MEG6.65#673	12,4		22,6	*	80,3	
MEG6.65#679	10,0		23,3	*	76,5	

Continúa...

... continuación.

Progenie	Frutos vanos (%)	Granos caracol (%)	Grano supremo (%)
MEG6.65#681	9,1	16,1	80,9
MEG6.65#685	11,5	19,8	78,7
MEG6.65#688	9,4	8,8	88,1
MEG6.65#691	14,7	9,9	75,9
MEG6.65#700	12,0	10,0	78,9
MEG6.65#76	6,9	12,3	71,6
MEG6.65#79	8,5	15,1	70,2

* Indica diferencia significativa al 5% con respecto a la variedad Cenicafé 1, según prueba Dunnett.

Selección de progenies F2RC2 y F2RC3 de híbridos de Caturra X (Caturra x *C. canephora*). MEG102018

En la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná-Caldas), se evaluaron ocho poblaciones F2RC2 y tres F2RC3, las cuales provienen de un cruzamiento inicial entre *C. arabica* var. Caturra y *C. canephora*, posteriormente dos o tres retrocruzamientos a Caturra, seguidos por un cruzamiento con diferentes líneas componentes de las variedades comerciales desarrolladas por Cenicafé y la variedad Catuaí. Como testigos se establecieron las variedades Cenicafé 1 y Caturra (sin control de roya).

Entre 2019 – 2021, se realizaron seis evaluaciones de roya y se identificaron 439 plantas de las 12 poblaciones clasificadas como resistentes, al obtener una calificación máxima de 3 en la escala de Eskes & Toma-Braghini (Tabla 32). Para cada población se obtuvo la producción media acumulada por planta durante 3,5 años. Con la información obtenida del testigo Cenicafé 1, se obtuvo el cuartil (Q) 1 y 2, y se identificaron en las demás progenies plantas con producciones inferiores al Q1 (correspondientes a un 25%

con producciones < 6,8 kg de cc), las plantas entre Q1 y Q2 (50%) con producciones > 10,4 kg de cc (Tabla 33).

Desarrollo y evaluación de poblaciones con resistencia a roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) derivada del Híbrido de Timor. MEG102023

Para obtener variedades con resistencia a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), la utilización de genes de especies diploides de *Coffea* L. introgresados en *C. arabica* a través de hibridación natural o artificial son los más utilizados. El Híbrido de Timor (HdT) ha sido la fuente por excelencia de resistencia de estos genes, es completamente compatible con las variedades tradicionales y no agrega efectos negativos a la progenie. Estudios recientes han demostrado la gran diversidad existente en el HdT, no obstante, solo una fracción de esta ha sido utilizada por los programas de mejoramiento genético. Evaluaciones periódicas de incidencia de roya, realizadas desde hace más de dos décadas, evidenciaron la ausencia de la enfermedad en dos accesiones de este origen (CCC48 I.567 y CCC48 I.573), por lo que su transferencia a una variedad comercial

es de gran interés. Con este objetivo, fueron seleccionados diez genotipos base provenientes de tres orígenes genéticos y cruzados con las dos accesiones del HdT. En la actualidad su avance generacional se encuentra en diferentes etapas: F2 en el campo (ocho poblaciones), F2 en el germinador (cinco poblaciones) y F2 en obtención por autofecundación controlada (siete poblaciones). Para la F2 establecida en el campo, se realizó selección temprana por resistencia a la roya, mediante inoculación bajo condiciones controladas de la enfermedad. Para la inoculación, la solución se preparó utilizando 0,5 mg de urediniosporas por 1,0 mL de agua, asperjando aproximadamente 0,7 mL en

cada planta sobre el envés de las hojas más jóvenes completamente desarrolladas. Las plantas fueron mantenidas en cuarto húmedo a oscuridad, con una temperatura promedio de 22°C y una humedad relativa entre 95% – 100%, por 48 horas. Después de transcurrido este período, fueron llevadas a invernadero, donde estuvieron por 40 días hasta la aparición de las pústulas. Para verificar la efectividad de la inoculación, plantas de la variedad Caturra fueron incluidas en diferentes momentos del procedimiento. De las ocho poblaciones, en cuatro se observó entre el 2,21% y el 12,68% de plantas susceptibles, siendo la mayor proporción perteneciente al cruzamiento entre BGB.1233 x CCC48 I.567 (Tabla 34).

Tabla 32. Consolidado de seis evaluaciones de incidencia de roya mediante la escala de Eskes & Toma-Braghini. Los genotipos resaltados en verde son clasificados como resistentes.

	Población	Incidencia de roya Escala Eskes & Toma-Braghini	
		Resistentes (≤ 3)	Susceptibles (≥ 4)
1	CTY.73 x [(Cat CV.4 x BP.358)- x Cat*]	62	38
2	CTY.16 x [(Cat CV.2 x BP.358)x Cat*]	20	80
3	CTY.56 x Cat x [(Cat x Can) x Cat*]	43	57
4	CU.1812 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	20	80
5	CU.1815 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	32	68
6	CU.1970 x Cat x [(Cat x Can) x Cat*]	71	29
7	CX.2178 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	72	28
8	CX.2827 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	43	57
9	MEG524.816 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	9	91
10	MEG524.847 x Cat x [(Cat x Can) x Cat*]	7	93
11	MEG524.851 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	43	57
12	CU.1855 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	40	60
	Caturra	0	100

Tabla 33. Distribución de la producción por plantas por cuartil, con relación al testigo de referencia Cenicafé 1. Los genotipos resaltados en verde son clasificados como resistentes a la roya.

	Población	Q1	Q2	Q3
		< 6,8 kg/planta cc	6,8–10,4 kg/planta cc	> 10,4 kg/planta cc
1	CTY.73 x [(Cat CV.4 x BP.358)- x Cat*]	20	34	46
2	CTY.16 x [(Cat CV.2 x BP.358)x Cat*]	7	33	60
3	CTY.56 x Cat x [(Cat x Can) x Cat*]	12	39	49
4	CU.1812 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	37	47	17
5	CU.1815 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	37	38	25
6	CU.1970 x Cat x [(Cat x Can) x Cat*]	13	44	43
7	CX.2178 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	12	38	50
8	CX.2827 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	27	39	34
9	MEG524.816 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	29	37	34
10	MEG524.847 x Cat x [(Cat x Can) x Cat*]	39	26	35
11	MEG524.851 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	17	37	47
12	CU.1855 x [(Cat CV.2 x BP.358) x Cat*]	14	26	60
	Caturra	33	43	23
	Cenicafé1	23	53	23

Tabla 34. Evaluación de la incidencia de roya inoculada bajo condiciones controladas en plantas F2, obtenidas de ocho plantas F1 con resistencia a roya, proveniente de diferentes accesiones del HdT presentes en la Colección Colombiana de Café.

Híbrido	Cruzamiento	Número de plantas F2 inoculadas	Plantas susceptibles (%)	Plantas resistentes (%)
102023/3	F4 (Cat x HdT 1343)–MEG1.10 #1858 x CCC.48–Híbrido de Timor I.567	231	13	87
102023/4	F4 (Cat x HdT 1343)–MEG1.10 #1858 x CCC.48–Híbrido de Timor I. 573	231	2	98
102023/6	F4 (Cat x HdT 1343)–MEG1.10 #1954 x CCC.48–Híbrido de Timor I. 573	126	9	91
102023/8	F4 (Cat x HdT 1343)–MEG1.10 #1876 x CCC.48–Híbrido de Timor I. 573	203	5	95

Continúa...

... continuación.

Híbrido	Cruzamiento	Número de plantas F2 inoculadas	Plantas susceptibles (%)	Plantas resistentes (%)
102023/10	F5 (Cat x HdT 1343)–MEG81.3 #1181 x CCC.48–Híbrido de Timor I. 573	154	0	100
102023/13	F5RC1 [(Cat x Can) x Cat]–MEG105001 (2013-2) #189 x CCC.48–Híbrido de Timor I. 573	85	0	100
102023/14	F5RC1 [(Cat x Can) x Cat]–MEG105001(2013-2) #698 x CCC.48–Híbrido de Timor I.567	77	0	100
102023/16	F5RC1 [(Cat x Can) x Cat]–MEG105001(2013-2) #406 x CCC.48–Híbrido de Timor I. 573	104	0	100

Desarrollo y evaluación de poblaciones de *Coffea arabica* L. con genes de resistencia a roya provenientes de diversas fuentes. MEG102024

En 2019, se inició un plan de cruzamiento con el objetivo de incorporar fuentes que presentan diversos mecanismos de resistencia, no usados en las variedades comerciales utilizadas actualmente en el país. Se están evaluando 14 poblaciones compuestas por 1.120 plantas F1 (Tabla 35), de las cuales el 60% presentan resistencia a roya derivada de *C. liberica* (SH3). En esta población se llevaron al campo, sólo las plantas que presentaron el marcador Sat244 correlacionado con el gen de resistencia SH3, lo que permitió hacer selección temprana en etapa de almácigo. En el restante 40% de las poblaciones, la resistencia proviene de germoplasma de *C. arabica* con resistencia a la roya proveniente del gen SH1. En estas poblaciones, se está evaluando la infección bajo condiciones controladas, mediante la metodología de hoja desprendida. Los resultados preliminares muestran que el 75% de las plantas evaluadas poseen alta resistencia, cuando se comparan las reacciones de infección obtenidas mediante pruebas de infectividad cruzadas. Los patrones de comparación corresponden

a las respuestas de infectividad obtenidas en la variedad Caturra, el diferencial 87/1 y el genotipo progenitor portador del gen SH1.

CONSERVACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE CAFÉ

Conservación de la Colección Colombiana de Café (CCC). MEG103011

Disponer de diversidad genética brinda la oportunidad de ofrecer soluciones a problemáticas actuales y potenciales de las especies a través del fitomejoramiento. Para el cultivo del café en Colombia, la diversidad es conservada en la Colección Colombiana de Café, la cual está conformada por 1.031 introducciones de diverso origen, además de una importante colección de trabajo (>3.000 genotipos). El germoplasma recolectado en Etiopía, centro de origen y diversidad de la especie, tiene la mayor importancia para los programas de mejoramiento genético. Por las características propias de la especie, su diversidad debe ser conservada en colecciones de campo, las cuales se ven expuestas a diferentes circunstancias que amenazan su integridad. En el germoplasma de procedencia etíope, especialmente el perteneciente a la

prospección FAO, se alertó una posible pérdida de diversidad, dada la reducción importante y progresiva del número de plantas inicialmente establecidas. El 34% de las introducciones de este origen estaban representadas por cinco o menos árboles, lo que las hacía vulnerables o en peligro de pérdida de diversidad, por lo cual fueron definidas como prioritarias de intervención. Para mantener su integridad genética, la propagación vegetativa es la mejor alternativa, pero está limitada por la capacidad de las plantas de emitir tejido (brotes ortotrópicos) o por la baja capacidad del mismo para producir una nueva planta. En estas introducciones la estimulación de

formación de brotes y su aprovechamiento mediante la injertación sobre porta-injertos seleccionados ha permitido reducir el número de accesiones consideradas vulnerables, pasando del 28,6% al 4,0%, y aquellas consideradas en peligro (≤ 2 plantas) del 5,4% al 1,0% (Tabla 36). En general, han sido intervenidas 244 introducciones de origen etíope, logrando aumentar el número de plantas que la componen en el 92% de los casos (Tabla 37), y a pesar de que no todos los árboles intervenidos responden a la estimulación para la formación de brotes, se ha reducido la posible pérdida de diversidad genética en el germoplasma de este origen.

Tabla 35. Relación de poblaciones desarrolladas y en proceso de evaluación del proyecto MEG102024.

	Población F1	Número de plantas	(%)
1	(F2(CX.2710 x S.795)) x (F3(CA x Geisha) x (CA x F.840))	25	2,2%
2	(F2(CX.2710 x S.795)) x (HdT1343 BGII #567)	3	0,3%
3	(F2(CX.2710 x S.795)) x (HdT1343 BGII #573)	28	2,5%
4	(F3(CA x Cioiccie) x (CA x Geisha)) x (HdT1343 BGII #567)	53	4,7%
5	(F3(CA x Geisha) x (CA x F.840)) x (HdT1343 BGII #567)	16	1,4%
6	(F3(CA x Geisha) x (CA x F.840)) x (HdT1343 BGII #573)	60	5,4%
7	(F4[(Cat x Can)-EI.1 α 167] x Cat-(MEG.0667 #114)) x (F2(CX.2710 x S.795))	205	18,3%
8	(F4[(Cat x Can)-EI.1 α 167] x Cat-(MEG.0667 #114)) x (F3(CA x Cioiccie) x (CA x Geisha))	30	2,7%
9	(F4[(Cat x Can)-EI.1 α 167] x Cat-(MEG.0667 #114)) x (F3(CA x Geisha) x (CA x F.840))	139	12,4%
10	(Iapar_59) x (F2(CU.1843 x S.795))	32	2,9%
11	(Iapar_59) x (F2(CU.1852 x BA.2))	8	0,7%
12	(Iapar_59) x (F2(CX.2710 x S.795))	400	35,7%
13	(Iapar_59) x (F3(CA x Cioiccie) x (CA x Geisha))	50	4,5%
14	(Iapar_59) x (F3(CA x Geisha) x (CA x F.840))	71	6,3%
	Total plantas	1.120	100,0%

Tabla 36. Progreso del estado de conservación de las accesiones de origen etíope (FAO) consideradas como vulnerables o en peligro.

Categoría	Número accesiones	Porcentaje del total	Número accesiones	Porcentaje del total	Diferencia
	2019		2022		
Vulnerables (≤ 5 plantas conservadas)	115	28,6%	16	4,0%	99
En peligro (≤ 2 plantas conservadas)	22	5,4%	4	1,0%	18

Tabla 37. Estado actual de renovación de 244 accesiones etíopes priorizadas para intervención.

ID Lote	Número de accesiones por lote	Número de accesiones intervenidas	Total lote (%)	Número de árboles intervenidos	Accesiones renovadas total o parcial (%)
Etiopía I	195	127	65,1%	721	91,3%
Etiopía II	120	55	45,8%	227	85,5%
Etiopía III	87	62	71,3%	393	91,3%
Total	402	244	60,7%	1341	92,2%

Caracterización de introducciones provenientes de Etiopía. MEG103001

La caracterización y evaluación de los recursos genéticos agrega valor a su conservación y permite la identificación de genotipos sobresalientes por una característica de interés con potencial para ser progenitores dentro de los programas de mejoramiento. El germoplasma de procedencia etíope ha despertado gran interés por la diversidad que representa, la cual podría tener un uso potencial para el desarrollo de variedades. Dado el alto número de introducciones conservadas de este origen (>400), es primordial identificar atributos deseables y la posibilidad de encontrar la mayor cantidad de éstos reunida en un mismo genotipo. Entre

2015 y 2016, en cuatro lotes experimentales, fueron establecidos 189 introducciones y evaluadas para variables de alto interés agronómico, como rendimiento, calidad física del grano y sensorial de la bebida. La evaluación realizada mostró que el 25,9% de las introducciones presentaron una producción acumulada igual ($p>0,05$) o superior ($p>0,05$) a la observada en la variedad Robusta de la especie *C. canephora* (Tabla 38). Para éstas, en el 63% predomina el tamaño de grano pequeño (<40% supremo) con contenidos de grano caracol entre el 10%, y el 20% en el 80% de las accesiones, siendo en contenido de vanos similar al observado en las variedades cultivadas. Con respecto a la calidad en taza, de gran interés por la posibilidad de dar un valor agregado, de los genotipos evaluados,

el 44,13% presentó calificaciones generales superiores a la calidad estándar y en los de mayor producción, 18 sobresalen por este atributo. A pesar de un mismo origen, la mayor proporción (63%) de introducciones considerados con alto potencial productivo provienen de la misión ORSTOM, hecho posiblemente influenciado por el objetivo de esta recolección. Si se observan individualmente las cualidades evaluadas, se dispone de un valioso recurso genético para el desarrollo de variedades. No obstante, vistos de manera integral para realizar selección simultánea por tres atributos de alto interés (producción>calidad en taza>tamaño de grano), cuatro introducciones son de interés con el fin de ser incluidas dentro del Programa de Mejoramiento Genético para el desarrollo de variedades.

MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA A PLAGAS

Desarrollo y evaluación de poblaciones con menor número de estados de la broca del café. MEG104003

Uno de los componentes del manejo integrado de plagas (MIP) es el control genético. Dentro de los mecanismos que pueden ser utilizados en el control genético de plagas, está el desarrollo de variedades en las que se reduce el número de individuos por generación, lo que a su vez disminuye el crecimiento de la población y también el número de generaciones por año; siendo una alternativa económicamente viable y de fácil adopción en el caso de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari). En la búsqueda de fuentes de resistencia para este insecto-plaga, en la Colección Colombiana de Café se identificaron introducciones etíopes de *Coffea arabica* y accesiones de *Coffea liberica* con antibiosis contra *H. hampei*. Con la finalidad de desarrollar una variedad con menor infestación por broca, que contribuya a reducir las pérdidas económicas y aumentar la eficiencia del MIB, se cuenta con poblaciones

en diferentes generaciones del cruce de progenitores femeninos, con excelentes características agronómicas y resistencia a la roya *Hemileia vastatrix* (Berkeley & Broome), por progenitores masculinos con antibiosis contra la broca del café. Actualmente están en proceso de evaluación 39 híbridos F1 en etapa vegetativa del cruce de cinco parentales femeninos por doce parentales masculinos; tres poblaciones F2 en etapa productiva (CU.1827 x CCC183, CU.1778 x CC477 y CU.1827 x CCC363) y 32 progenies F3 en etapa productiva de cinco poblaciones (CX.2848 x CCC477, CX.2710 x CCC534, CX.2178 x CCC470, CX.2391 x CCC477 y CU.1812 x CCC534). En el período que comprende este informe se continuó con la evaluación bajo condiciones controladas de la infestación con *H. hampei* de las poblaciones F2 y F3. Se encontró que 73 plantas F2 de las 421 analizadas presentaron menor infestación de la broca en comparación con los testigos susceptibles, según prueba Tukey-Kramer al 5%, escogiendo 25 plantas F2 para evaluar en el campo (Figura 56): siete plantas del cruce de CU.1827 x CCC183, 17 plantas de CU.1778 x CC477, y una planta de CU.1778 x CCC363, que redujeron la oviposición de la broca entre el 13,20% al 26,44%, tienen una altura entre 95 a 195 cm y una incidencia de roya menor a 3, según la escala de Eskes & Toma Braghini (Tabla 39). Así mismo, se identificaron 193 plantas F3, de las 611 analizadas, con una oviposición de la broca significativamente menor con relación a los testigos susceptibles, según prueba Tukey-Kramer al 5%, de las cuales se seleccionaron 59 plantas F3 para evaluar en el campo (Figura 57): 16 plantas de las poblaciones CX.2710 x CCC534 y CX.2848 x CCC477, 15 plantas de CX.2178 x CCC470, siete plantas de CX.2391 x CCC477 y cinco plantas de CU.1812 x CCC534, que redujeron la oviposición de *H. hampei* entre el 13,32% y el 29,72%, tienen una altura estadísticamente igual o menor a las variedades Cenicafé 1 y Caturra, y una incidencia de roya menor a 3 en la escala de Eskes & Toma Braghini (Tabla 40). Se confirmó que el carácter número de estados de *H. hampei* se hereda a las poblaciones F2 y F3.

Tabla 38. Características agronómicas de las accesiones de mayor potencial productivo evaluadas en el proyecto MEG103001.
CCC: Colección Colombiana de Café.

ID CCC	Recolección	Producción acumulada (kg/planta de cc)*	Altura planta (cm 24 meses)**	Grano supremo (%)	Tipo de grano	Granos caracol (%)	Contenido	Calificación calidad
142	FAO	25,2=	216,0=	35,3	Pequeño	11,4	Medio	Estándar
152	FAO	29,3=	210,6=	22,9	Pequeño	12,9	Medio	Deficiente
379	FAO	25,3=	154,3<	20,4	Pequeño	14,6	Medio	Estándar
434	FAO	25,9=	185,6=	42,9	Pequeño	13,0	Medio	Buena
444	FAO	23,3=	175,0=	42,1	Pequeño	16,3	Medio	Deficiente
1063	ORSTOM	27,9=	202,2=	46,3	Pequeño	11,3	Medio	Estándar
1075	ORSTOM	23,9=	212,0=	50,8	Medio	26,6	Alto	Estándar
249	FAO	23,2=	178,4=	38,3	Pequeño	11,5	Medio	Estándar
258	FAO	25,9=	179,1=	26,1	Pequeño	11,2	Medio	Buena
266	FAO	22,9=	183,4=	30,3	Pequeño	18,9	Medio	Deficiente
370	FAO	26,0=	165,0=	30,1	Pequeño	16,4	Medio	Deficiente
382	FAO	22,3=	184,7=	17,2	Pequeño	15,4	Medio	Deficiente
383	FAO	22,8=	175,9=	19,4	Pequeño	15,4	Medio	Deficiente
430	FAO	22,7=	176,3=	73,0	Grande*	8,9	Bajo	Estándar
445	FAO	22,9=	183,4=	26,3	Pequeño	18,1	Medio	Buena
452	FAO	24,1=	175,3=	53,8	Medio	10,8	Medio	Estándar
454	FAO	26,4=	172,8=	38,5	Pequeño	8,4	Bajo	Buena

Continúa...

... continuación.

ID CCC	Recolección	Producción acumulada (kg/planta de cc)*	Altura planta (cm 24 meses)**	Grano supremo (%)	Tipo de grano	Granos caracol (%)	Contenido	Calificación calidad
1076	ORSTOM	21,6=	164,7=	9,9	Pequeño	17,4	Medio	Muy deficiente
1078	ORSTOM	30,8>	187,5=	12,7	Pequeño	11,8	Medio	Estándar
1045	ORSTOM	31,9=	233,8=	62,6	Grande	15,2	Medio	Buena
1048	ORSTOM	39,0=	218,8=	55,5	Medio	15,8	Medio	Buena
1049	ORSTOM	31,8=	201,9=	17,9	Pequeño	12,3	Medio	Buena
1050	ORSTOM	33,3=	209,1=	42,8	Pequeño	12,7	Medio	Muy buena
1051	ORSTOM	34,8=	231,6=	65,1	Grande	10,5	Medio	Buena
1052	ORSTOM	41,3>	225,9=	64,5	Grande	20,7	Alto	Estándar
1055	ORSTOM	34,8=	239,4=	28,9	Pequeño	13,1	Medio	Buena
1056	ORSTOM	31,6=	232,2=	44,6	Pequeño	15,1	Medio	Estándar
1057	ORSTOM	34,2=	224,7=	66,6	Grande	15,6	Medio	Estándar
1058	ORSTOM	38,9=	213,7=	67,6	Grande	13,7	Medio	Buena
1065	ORSTOM	36,6=	243,3=	41,4	Pequeño	15,3	Medio	Estándar
1068	ORSTOM	31,2=	198,4<	24,5	Pequeño	18,9	Medio	Estándar
1072	ORSTOM	35,5=	226,3=	74,6	Grande*	9,3	Bajo	Estándar
1073	ORSTOM	36,3=	231,2=	62,2	Grande	13,3	Medio	Muy buena
1074	ORSTOM	33,8=	212,5=	39,9	Pequeño	13,4	Medio	Estándar

Continúa...

... continuación.

ID CCC	Recolección	Producción acumulada (kg/planta de cc)*	Altura planta (cm 24 meses)**	Grano supremo (%)	Tipo de grano	Granos caracol (%)	Contenido	Calificación calidad
1075	ORSTOM	41,4>	212,0=	50,8	Medio	26,6	Alto	Buena
1077	ORSTOM	33,0=	194,7=	57,6	Medio	10,7	Medio	Estándar
1078	ORSTOM	38,4>	187,5=	12,7	Pequeño	11,8	Medio	Estándar
1081	ORSTOM	35,8=	235,0=	68,9	Grande	9,0	Bajo	Estándar
1091	ORSTOM	32,3=	222,7=	71,1	Grande*	12,1	Medio	Estándar
1089	ORSTOM	25,1=	250,6>	53,9	Medio	18,5	Medio	Estándar
1097	ORSTOM	30,6=	223,7=	63,7	Grande	16,6	Medio	Estándar
1102	ORSTOM	26,1=	229,7=	42,0	Pequeño	17,0	Medio	Buena
1103	ORSTOM	25,5=	217,0=	35,5	Pequeño	11,7	Medio	Buena
1105	ORSTOM	26,1=	221,3=	46,1	Pequeño	11,0	Medio	Buena
1107	ORSTOM	24,9=	215,4=	48,7	Pequeño	16,0	Medio	Buena
1109	ORSTOM	25,6=	206,3=	62,2	Grande	18,3	Medio	Estándar
1113	Otros	26,9=	239,1>	37,5	Pequeño	18,3	Medio	Muy buena
1118	Otros	26,9=	207,3=	36,1	Pequeño	9,4	Bajo	Estándar
1121	Otros	26,6=	227,0=	25,3	Pequeño	21,4	Alto	Estándar

* La producción acumulada en estas introducciones difirió (>) o fue estadísticamente similar (=) a la observada en la variedad Robusta de C. *canephora* de acuerdo a prueba t (p=0,05).

** La altura a los 24 meses en estas introducciones difirió (< o >) o fue estadísticamente similar (=) a la observada en la variedad Borbón de C. *arabica* de acuerdo a prueba t (p=0,05).

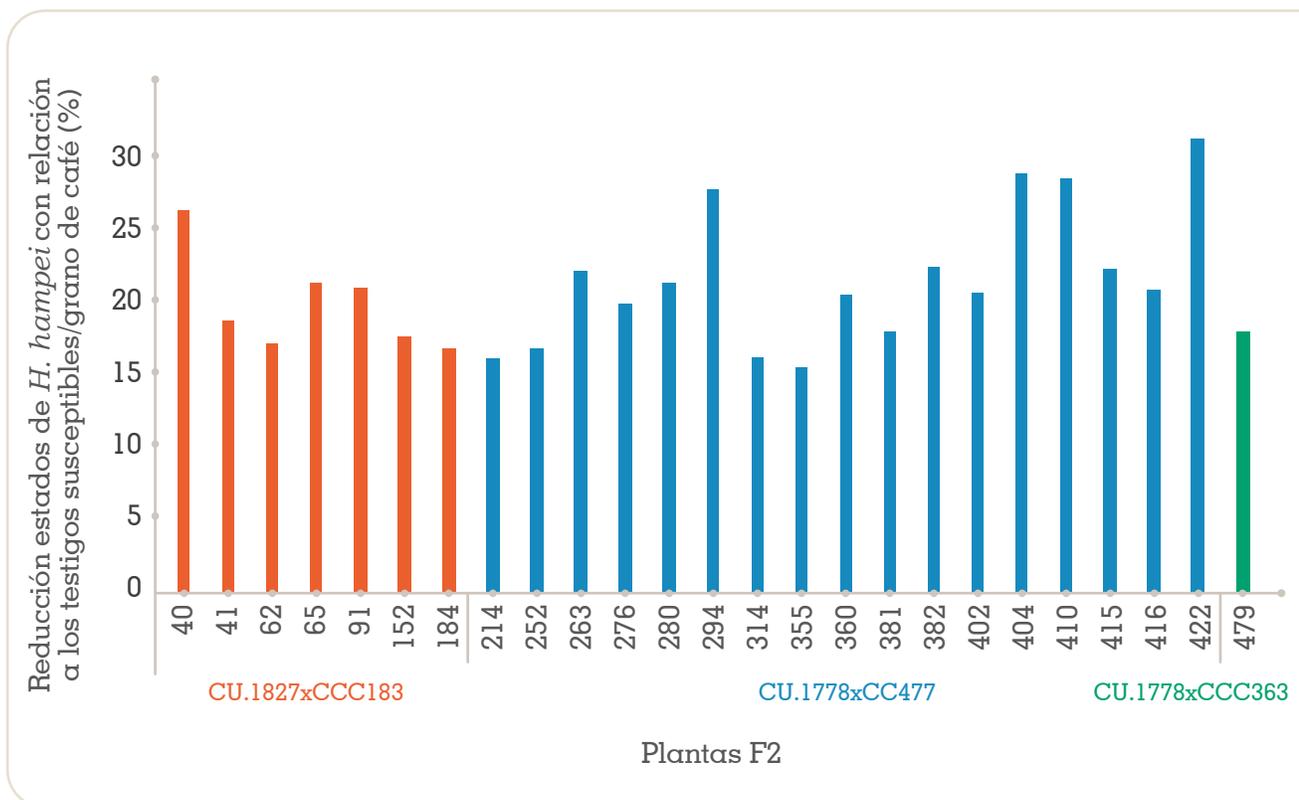


Figura 56. Plantas de poblaciones F2 con reducción del total de estados de la broca del café con relación a los testigos susceptibles, bajo condiciones controladas.

EVALUACIÓN REGIONAL DE PROGENIES AVANZADAS

Evaluación de líneas promisorias de café en pruebas regionales. MEG105006

En 2020, se inició la evaluación de 126 líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético en cinco departamentos representativos de la caficultura colombiana. Los primeros lotes experimentales se sembraron en el primer trimestre de 2020, en las Estaciones Experimentales localizadas en Pueblo Bello (Cesar), Venecia (Antioquia) y El Tambo (Cauca). Esta prueba se identificó como PR2020-1 y en ella se están evaluando 25 genotipos (cuatro testigos y 21 líneas mejoradas) (Tabla 41). Las líneas establecidas en Antioquia, comenzaron su etapa

productiva en julio de 2021, hasta la fecha se han recogido 13 pases. En El Tambo, se dieron los primeros pases en agosto de 2022 y en Pueblo Bello, se espera el primer pase de recolección en el último trimestre de 2022.

Entre noviembre de 2020 y febrero de 2021, se sembraron los lotes experimentales de la segunda prueba regional, en las Estaciones Experimentales localizadas en Pueblo Bello (Cesar), Venecia (Antioquia), Chinchiná (Caldas), El Tambo (Cauca) y en la Concentración Jorge Villamil del Comité de Cafeteros del Huila, ubicada en Gigante. En esta prueba se están evaluando 103 líneas mejoradas y cinco variedades comerciales como testigo (Tabla 41). Las plantas están entrando a su etapa reproductiva, se espera recoger los primeros pases de recolección a partir septiembre del 2022.

Tabla 39. Plantas F2 de las poblaciones CU.1827 x CCC183, CU.1778 x CCC477, CU.1778 x CCC363 con reducción significativa del número de estados de la broca del café ($p < 0,05$) con respecto a los testigos susceptibles y no difieren estadísticamente ($p > 0,05$) con relación a los progenitores masculinos (CCC183, CCC363, CCC477); resistentes a la roya según la escala de Eskes & Tomá-Braghini y altura a los 24 meses menor o igual a 195 cm.

Cruzamiento	ID Planta F2	N	Reducción estados broca (%)	Caturra	CU1827	CU1778	CCC183	CCC363	CCC477	Incidencia roya	Altura (cm)
CU1827XCCC183	40	24	22,22	0,0082	0,0021	0,0073	0,2690	0,2117		1	165
CU1827XCCC183	41	58	15,87	0,0274	0,0206			0,8317	0,4170	0	130
CU1827XCCC183	62	42	14,54			0,0322	0,7485		0,2453	0	100
CU1827XCCC183	65	46	18,08	0,0468		0,0120			0,6681	0	100
CU1827XCCC183	91	68	17,77	0,0045	0,0006	0,0033	0,4705	0,3593		2	175
CU1827XCCC183	152	56	14,91			0,0315			0,9636	3	195
CU1827XCCC183	184	57	14,23	0,0110	0,0331					2	170
CU1778XCCC477	214	57	13,74			0,0288	0,6293		0,1689	1	145
CU1778XCCC477	252	55	14,29			0,0240	0,6988		0,2012	2	140
CU1778XCCC477	263	63	18,65	0,0238		0,0048			0,5766	0	95
CU1778XCCC477	276	63	16,81			0,0117			0,7963	0	120
CU1778XCCC477	280	62	18,07	0,0312		0,0066			0,6444	0	130

Continúa...

... continuación.

Cruzamiento	ID Planta F2	N	Reducción estados broca (%)	Caturra	CU1827	CU1778	CCC183	CCC363	CCC477	Incidencia roya	Altura (cm)
CU1778XCCC477	294	53	23,41	0,0029	0,0009	0,0001	0,2274		0,8005	0	150
CU1778XCCC477	314	59	13,67		0,0220		0,3690			0	145
CU1778XCCC477	355	67	13,20		0,0231		0,3133			2	135
CU1778XCCC477	360	38	17,29		0,0379	0,0124	0,9075		0,4716	0	165
CU1778XCCC477	381	39	15,26	0,0383	0,0097	0,0343	0,7941	0,6707		1	145
CU1778XCCC477	382	53	18,91			0,0017				1	150
CU1778XCCC477	402	58	17,44		0,0032		0,8231			1	160
CU1778XCCC477	404	62	24,36	0,0002	0,0002	0,0405		0,0832	0,7491	2	195
CU1778XCCC477	410	62	24,10	0,0002	0,0002	0,0455		0,0924	0,7777	3	155
CU1778XCCC477	415	55	18,79	0,0078	0,0061			0,4840	0,6653	2	135
CU1778XCCC477	416	61	17,64	0,0111	0,0087			0,6036	0,5554	1	150
CU1778XCCC477	422	50	26,44	<,0001	<,0001	0,0215		0,0453	0,5517	2	170
CU1778XCCC363	479	53	15,18	0,0414	0,0308			0,9250	0,3752	3	150

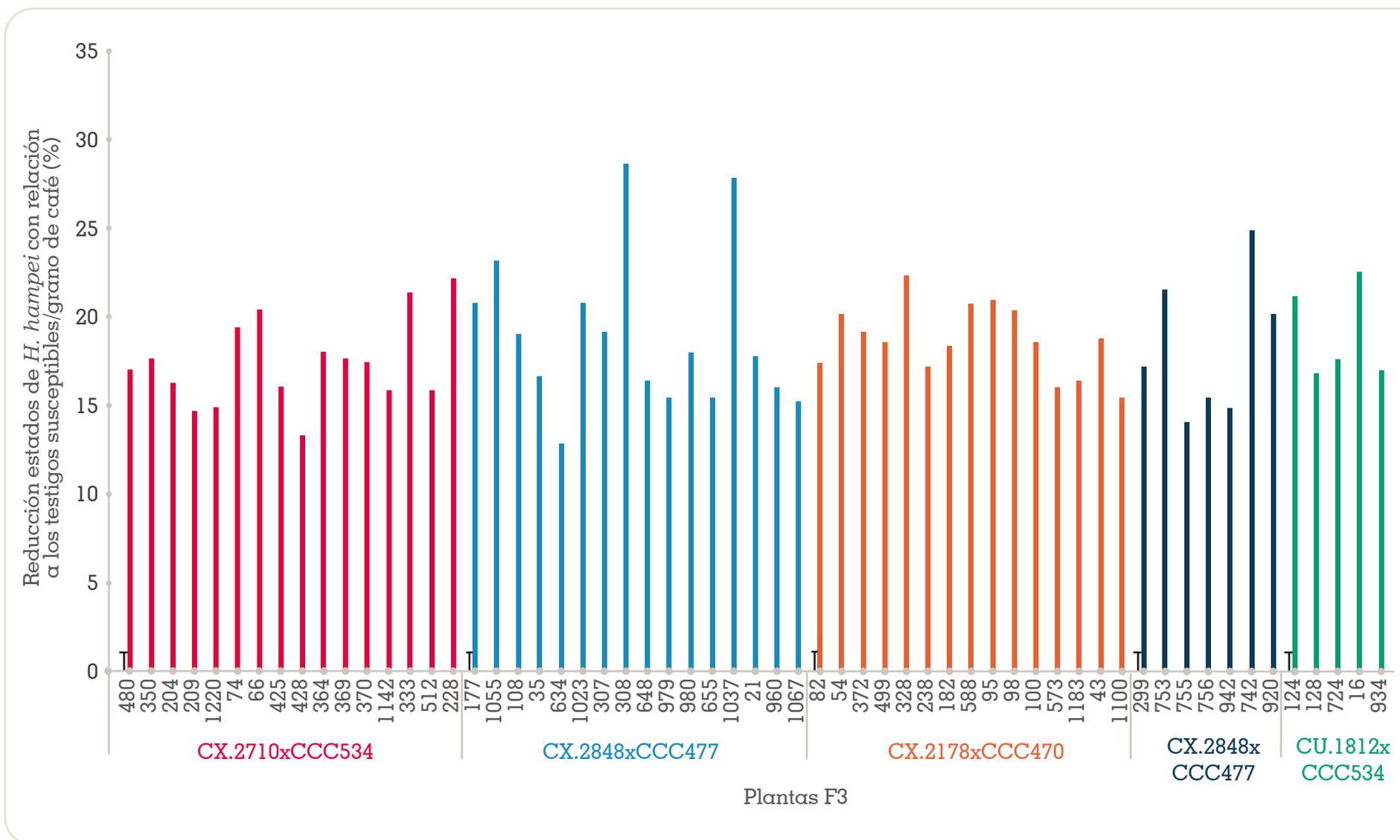


Figura 57. Plantas de poblaciones F3 con reducción del total de estados de la broca del café entre 13,32 a 29,72% con relación a los testigos susceptibles, bajo condiciones controladas.

Tabla 40. Plantas F3 con reducción significativa del número de estados de la broca del café ($P < 0,05$) con respecto a los testigos susceptibles y no difieren estadísticamente ($P > 0,05$) con relación a los progenitores masculinos (CCC477, CCC470, CCC534); resistentes a la roya del café según la escala de Eskes & Toma Braghini y con una altura estadísticamente igual o menor a la variedad Cenicafé 1 y Caturra.

Cruza- miento	ID Planta F3	N	Reducción estados broca (%)	CU1812	CX2710	CX2848	CX2178	CX2391	Caturra	CCC470	CCC477	CCC534	Incidencia roya	Altura (cm)	P
CX2710 X CCC534	480	55	17,92		0,0183	0,0029		0,0045		0,9852		0,9754	3	162	0,60
CX2710 X CCC534	350	54	18,27	0,0120	0,0183				0,0015	0,5911	0,8612	0,3498	1	151	0,25
CX2710 X CCC534	204	60	16,68	0,0191	0,0139			0,0047		0,9798			1	152	0,36
CX2710 X CCC534	209	59	15,20	0,0450					0,0075	0,9740	0,4741	0,6974	3	152	0,36
CX2710 X CCC534	1220	47	15,22	0,0211		0,0380			0,0407	0,8565		0,7125	0	152	0,36
CX2710 X CCC534	74	53	19,93			0,0088	0,0010			0,6165	0,1905	0,7352	1	134	0,00
CX2710 X CCC534	66	56	21,08	0,0026	0,0229	<,0001		0,0050	0,0265	0,3033	0,3840	0,8656	0	153	0,41
CX2710 X CCC534	425	66	16,46				0,0498		0,0053	0,2542	0,3843	0,5757	0	153	0,41
CX2710 X CCC534	428	53	13,74		0,0214		0,0220	0,0440		0,2895	0,7156	0,7528	2	153	0,41
CX2710 X CCC534	364	52	18,68			0,0170	0,0022			0,7860	0,1292	0,9076	0	137	0,00

Continúa...

... continuación.

Cruza- miento	ID Planta F3	N	Reducción estados broca (%)	CU1812	CX2710	CX2848	CX2178	CX2391	Caturra	CCC470	CCC477	CCC534	Incidencia roya	Altura (cm)	P
CX2710 X CCC534	369	45	18,12			0,0276	0,0040			0,8707	0,1187	0,9871	0	137	0,00
CX2710 X CCC534	370	52	17,89	0,0155	0,0237				0,0021	0,6451	0,8107	0,3917	3	137	0,00
CX2710 X CCC534	1142	56	16,34		0,0119	0,0218		0,0202					2	137	0,00
CX2710 X CCC534	333	49	22,05	0,0470	0,0024	0,0033	0,0012	0,0014	0,0037				0	143	0,02
CX2710 X CCC534	512	58	16,26		0,0116	0,0213		0,0197					0	143	0,02
CX2710 X CCC534	228	58	22,99		0,0182		0,0003	0,0045		0,2306	0,6868	0,6150	0	125	<0,0001
CX2848 X CCC477	177	51	21,43			0,0042	0,0004	0,0440		0,4412	0,2987	0,5473	3	154	0,50
CX2848 X CCC477	1055	32	23,99	0,0196	0,0033	0,0006	0,0427	0,0008		0,3578		0,3433	1	154	0,50
CX2848 X CCC477	108	64	19,56				0,0020	0,0217		0,5402	0,3017	0,9227	3	163	0,48
CX2848 X CCC477	35	54	17,13			0,0327	0,0048			0,9939	0,0728	0,8757	1	138	0,00
CX2848 X CCC477	634	48	13,32		0,0297		0,0310			0,3318	0,7761	0,7030	3	147	0,07
CX2848 X CCC477	1023	41	21,48		0,0047	0,0066	0,0027	0,0031	0,0069				0	147	0,07

Continúa...

... continuación.

Cruza- miento	ID Planta F3	N	Reducción estados broca (%)	CU1812	CX2710	CX2848	CX2178	CX2391	Caturra	CCC470	CCC477	CCC534	Incidencia roya	Altura (cm)	P
CX2848 X CCC477	307	50	19,76			0,0107	0,0013			0,6440	0,1863	0,7619	3	161	0,70
CX2848 X CCC477	308	53	29,72	0,0055	0,0042	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,0190	0,0173	0,6404	0,0302	2	161	0,70
CX2848 X CCC477	648	50	16,99		0,0159	0,0141		0,0110		0,2279	0,4984	0,6913	3	161	0,70
CX2848 X CCC477	979	45	16,00		0,0355	0,0488	0,0258	0,0293	0,0475				1	161	0,70
CX2848 X CCC477	980	59	18,53	0,0081	0,0053		0,0224	0,0016	0,0489	0,7567			1	161	0,70
CX2848 X CCC477	655	38	16,01		0,0379	0,0347	0,0160	0,0277		0,3248	0,6354	0,5998	3	161	0,74
CX2848 X CCC477	1037	54	28,90	<,0001	0,0001	<,0001	<,0001	0,0004	<,0001	0,0090		0,0502	3	144	0,02
CX2848 X CCC477	21	36	18,45		0,0206	0,0283	0,0148	0,0168	0,0277				2	172	0,05
CX2848 X CCC477	970	39	16,54				0,0394		0,0176	0,8126	0,1611	0,7655	3	172	0,05
CX2848 X CCC477	1067	41	15,67			0,0181		0,0257		0,7424		0,7448	3	172	0,05
CX2178 X CCC470	82	63	18,08	0,0088		<,0001		0,0165		0,1275	0,1682	0,8311	1	143	0,02
CX2178 X CCC470	54	42	20,80	0,0017	0,0250	0,0033	0,0105		0,0040	0,2853		0,6133	1	168	0,16

Continúa...

... continuación.

Cruza- miento	ID Planta F3	N	Reducción estados broca (%)	CU1812	CX2710	CX2848	CX2178	CX2391	Caturra	CCC470	CCC477	CCC534	Incidencia roya	Altura (cm)	P
CX2178 X CCC470	372	57	19,75				0,0024	0,0236		0,5305	0,3305	0,9497	3	133	0,00
CX2178 X CCC470	499	48	19,24		0,0317		0,0236		0,0025	0,1307	0,6902	0,3320	0	133	0,00
CX2178 X CCC470	328	60	23,09		0,0165		0,0003	0,0039		0,2197	0,6982	0,5993	2	132	0,00
CX2178 X CCC470	238	57	17,73	0,0326					0,0026	0,8157	0,5121	0,0922	1	125	<0,0001
CX2178 X CCC470	182	66	18,95				0,0027	0,0276		0,6119	0,2500	0,8364	3	130	<0,0001
CX2178 X CCC470	588	57	21,51	0,0020	0,0185	<,0001		0,0039	0,0217	0,3337	0,4206	0,8217	3	130	<0,0001
CX2178 X CCC470	95	53	21,65	0,0022	0,0197	<,0001		0,0043	0,0229	0,3526	0,4416	0,8103	3	139	0,00
CX2178 X CCC470	98	67	21,14	0,0016	0,0169	<,0001		0,0032	0,0200	0,2886	0,3692	0,8555	2	139	0,00
CX2178 X CCC470	100	56	19,11				0,0035	0,0320		0,6055	0,2810	0,8646	2	139	0,00
CX2178 X CCC470	573	60	16,62	0,0180		<,0001		0,0328		0,0842	0,1123	0,6945	3	139	0,00
CX2178 X CCC470	1183	53	16,98		0,0301	0,0055		0,0083		0,8902		0,8965	2	139	0,00
CX2178 X CCC470	43	57	19,51				0,0027	0,0262		0,5574	0,3106	0,9176	3	143	0,02

Continúa...

... continuación.

Cruza- miento	ID Planta F3	N	Reducción estados broca (%)	CU1812	CX2710	CX2848	CX2178	CX2391	Caturra	CCC470	CCC477	CCC534	Incidencia roya	Altura (cm)	P
CX2178 X CCC470	1100	49	15,91	0,0145		0,0266			0,0291	0,7676		0,7923	3	143	0,02
CX2391 X CCC477	299	56	17,82	0,0125	0,0088		0,0341	0,0029		0,8586			1	141	0,01
CX2391 X CCC477	753	48	22,29		0,0015	0,0360	0,0015	0,0417	0,0005	0,2644	0,6097	0,5160	0	141	0,01
CX2391 X CCC477	755	64	14,58				0,0451		0,0186	0,9677	0,0546	0,4981	0	141	0,01
CX2391 X CCC477	756	53	15,86	0,0320	0,0255			0,0095		0,8663			2	141	0,01
CX2391 X CCC477	942	39	15,39		0,0490			0,0214		0,8189			1	141	0,01
CX2391 X CCC477	742	44	25,85	0,0003	0,0001	0,0203	0,0007	<,0001	0,0020	0,1178			0	158	0,94
CX2391 X CCC477	920	62	20,87	0,0020	0,0011		0,0057	0,0003	0,0148	0,4524			2	158	0,94
CU1812 X CCC534	124	49	21,94	0,0360	0,0010	0,0009	0,0003	0,0007	0,0126	0,4350	0,1217	0,6516	3	150	0,17
CU1812 X CCC534	128	60	17,36			0,0255	0,0033			0,9719	0,0728	0,9057	2	150	0,17
CU1812 X CCC534	724	52	18,21		0,0307	0,0046			0,0051	0,7113	0,3406	0,7326	1	150	0,17
CU1812 X CCC534	16	60	23,31		0,0148		0,0002	0,0034		0,2048	0,7286	0,5716	3	162	0,62
CU1812 X CCC534	934	59	17,78	0,0304					0,0023	0,8082	0,5025	0,0881	2	162	0,62

Tabla 41. Descripción de las poblaciones evaluadas en las Pruebas Regionales MEG105006.

	ID	Descripción de la población mejorada	Avance generacional (F)	Total líneas PR2020-1	Total líneas PR2020-2
1	(Cat x HdT) x HdT	Población desarrollada con el objetivo de incorporar diferentes fuentes de resistencia a la roya provenientes de Híbridos de Timor que no se han utilizado en Colombia. HdT I566, HdT832-1	F ₅		2
2	Cat x Can	Población arabizada, en la que se cruzó la variedad Caturra con las variedades de <i>C. canephora</i> Robusta BP358 y BP40 llegaron a Cenicafé provenientes de la colección de Costa Rica, pero fueron desarrolladas por el programa de mejoramiento genético de Java. Adicionalmente, fueron evaluadas y seleccionadas en Colombia por sus buenos atributos agronómicos	F ₅ RC1– F ₇ RC1	19	63
3	Cat x ET	Población desarrollada a partir de cruzamiento de Caturra x ET42. Esta población cuenta con excelente productividad y calidad sensorial	F ₅		10
4	Cat x HdT	Esta misma población fue la que dio origen a las variedades Castillo; sin embargo, las líneas seleccionadas no hacen parte de ninguna variedad. Aportan resistencia a CBD	F ₈		12
5	CC	Población que involucra como parentales materiales provenientes de Etiopía y Sudam, con resistencia a CBD y roya diferentes a los presentes en la variedades actuales	F ₅		10
6	ET x (Cat x HdT)	Población en la cual se utilizó como parental el etíope AR56, reconocido por presentar resistencia al CBD	F ₅		6
7	Híbridos F1	Híbridos desarrollados a partir del cruzamiento de las líneas componentes de Castillo CU1842 y CX2358 con el etíope E.286. En estudios previos realizados en Cenicafé, el E.286 se destacó por presentar menor oviposición de broca. Este híbrido también presenta esta característica, además de buen porte (bajo), excelente producción y de supremo, así como un buen perfil sensorial	F ₁	2	
	TESTI-GOS	Cenicafé 1, Castillo Zona Norte, Castillo Zona Centro, Castillo Zona Sur, Caturra		4	5
			TOTAL	25	108

MEJORAMIENTO POR CALIDAD DE LA BEBIDA

Caracterización organoléptica de la colección núcleo de café. MEG110001

Uno de principales activos de los cafeteros colombianos es la Colección Colombiana de Café (CCC), en la cual se conserva la variabilidad genética disponible de *C. arabica*. La CCC ha sido explorada por diferentes atributos agronómicos, resistencia a la roya y al CBD, tolerancia a broca, calidad física del grano y sensorial de la bebida. Esta información, unida a la determinación previa de la estructura de poblaciones, permitió la conformación de una Colección Núcleo (CN) de 50 accesiones, las cuales representan diversidad del germoplasma etíope silvestre, así como de las principales variedades mejoradas, presentes en la CCC. En 2016, se estableció la colección núcleo en los municipios de La Argentina

y Campoalegre en el Huila, y en Buenavista en el Quindío, lo cual permitió su caracterización organoléptica. Se analizaron los atributos sensoriales de 747 muestras, de las cuales el 80% se categorizaron de acuerdo con la escala SCA como muy buenas especiales y excelentes. Las accesiones CCC.66 y CCC.293 presentaron el mejor comportamiento sensorial en las tres localidades evaluadas, seguido de las CCC.16, CCC.183, CCC.428, CCC.615 y la CCC1106 que muestran un potencial organoléptico diferenciado y consistente. La localidad que más potencializó la calidad sensorial de las accesiones evaluadas fue La Argentina, seguida de Campoalegre y Buenavista. Paralelamente, se determinó la concentración de cafeína, trigonelina, sacarosa, ácidos clorogénicos totales y lípidos en 437 muestras a través de la técnica NIRS. Los resultados mostraron que el 28,5% de las accesiones presentaron valores altos de lípidos, cafeína y trigonelina relativamente alto con relación a lo reportado para *C. arabica*.



POSCOSECHA

Desarrollo de un aplicativo móvil para el monitoreo del proceso de beneficio del café. POS101029

Se desarrolló la App **Cenicafé: Más Calidad** (Figura 58), este aplicativo funciona en dispositivos ANDROID y IOS, está disponible para descarga y uso de todos los caficultores registrados en el Sistema de Información Cafetera (SICA). Dicha aplicación está basada en las siete prácticas clave para producir café libre de defectos. Le permite al caficultor llevar la trazabilidad de su proceso de beneficio húmedo, por medio del monitoreo de la calidad durante cada etapa. La aplicación entrega recomendaciones al caficultor para ajustar su proceso de manera que se mantenga la calidad del café. Hasta la fecha, la aplicación registra en el sistema un total de 1.395 descargas y en la base de datos aparece información almacenada de 114 fincas, en las

cuales se han registrado 211 tandas de café, donde se han entregado 261 recomendaciones (Tabla 42).

Evaluación de VPTs en plantas de café renovadas con poda despunte. POS107016

Con el objetivo de realizar la primera evaluación de los Vibradores Portátiles de Tallos (VPTs), se preparó un lote al que se le había realizado la poda despunte y se esperó hasta que estuviera nuevamente productivo, se determinó el momento en el que tuvo la mayor producción y se aplicó la retención de pases hasta 35 días para hacer la cosecha. Se observó que los árboles desarrollaron gran cantidad de “chupones” en los cuales se acumuló la mayor proporción de la producción. Se realizó una prueba con los equipos y se observó que el 70% de los

Tabla 42. Recomendaciones entregadas por la App Cenicafé: Más Calidad.

Recomendaciones	Recibo	Despulpado	Remoción de mucílago	Secado
261	127	74	22	38
100,0%	48,7%	28,4%	8,4%	14,6%

Monitoreo de la **calidad** en la poscosecha del **CAFÉ**

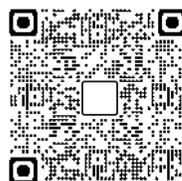


Herramienta creada para ayudar a monitorear el café en las diferentes etapas del proceso de poscosecha*

Con el fin de mantener
**LA MEJOR CALIDAD
POSIBLE**

DISPONIBLE EN
Google Play

Disponible en
App Store



* Disponible para Caficultores Colombianos registrados en el SICA, Extensionistas de la FNC, y Colaboradores de Cenicafé

Figura 58. App Cenicafé: Más Calidad.

árboles sufrieron al menos la pérdida de uno de los “chupones”, lo cual se convierte en una gran limitante para la cosecha con esta máquina portátil en las condiciones de poda despunte (Figura 59). Así se cierra un ciclo con intervenciones de los árboles para hacer

viable el uso de VPTs. Ante la baja selectividad de los VPTs sobre árboles sin intervención y el daño causado a los árboles con esta intervención que se consideraba promisorio, queda solamente dar el paso a intervenir los árboles con elementos mecánicos externos.



Figura 59. Vibradores Portátiles de Tallos en árboles de café sometidos a poda despunte.

Modificación de pecheros en despulpadoras comerciales de diferentes capacidades para la separación de frutos verdes. POS101027

Actualmente se continúa con el desarrollo de los nuevos pecheros para el despulpado de café (Figura 60 a y b), con canales individuales y verticales paralelos, con el fin de mejorar las características y el proceso del despulpado, para lo cual se diseñó y construyó un prototipo de pechero en plástico de ingeniería, en una impresora 3D, y posteriormente se procesó por medio de una máquina de Control Numérico Computarizado (CNC), con el fin de producir los pecheros con fines industriales, en diferentes materiales como aluminio y en módulos de 600 kg h^{-1} para conformar la

despulpadora tipo Cenicafé con capacidades para 600 , 1.200 , 1.800 y 2.400 kg h^{-1} de frutos de café, dicha innovación se encuentra en trámite de patente.

Se realizaron 15 pruebas con 300 kg de frutos de café proveniente de la Estación Experimental Naranjal. Para las masas cosechadas con contenidos de verdes de 5% y 10% , como variables complementarias se obtuvieron los valores para la Norma Icontec NTC-2090 de los porcentajes de daño mecánico en los granos despulpados, los cuales fueron para los granos mordidos de $1,73\%$ y $1,55\%$ para contenidos de 5% y 10% de frutos verdes, respectivamente, y granos trillados de $1,32\%$, $1,25\%$, valores ligeramente superiores a la norma de $0,5\%$, granos en la pulpa con valores de $0,39\%$ y $0,41\%$ y pulpa en el grano con valores de $3,96\%$ y $6,40\%$ superior a la norma del 2% , lo cual puede disminuirse al pasar por la clasificación con zaranda circular por tamaño de frutos.

El rendimiento operativo de la máquina para los frutos de café procesados fue de 2.604 kg h^{-1} y 2.403 kg h^{-1} , para 5% y 10% de contenido de frutos verdes, valores ajustados a los especificados por los fabricantes comerciales de estas mismas características, con un valor máximo de 2.908 kg h^{-1} lo cual significa un aumento del 20% . Para las variables de interés, frutos maduros despulpados totales tanto en las compuertas como en los canales o “chorros”, se obtuvieron promedios de $94,98\%$ y $91,17\%$, con valores máximos y mínimos de $97,63\%$ y $87,72\%$, respectivamente, lo cual demuestra un perfecto ajuste en el despulpado. Para los frutos verdes enteros separados el promedio fue de $82,67\%$ y $81,19\%$, respectivamente, con valores máximos de $91,88\%$ y mínimos de $70,77\%$.

En esta etapa de las evaluaciones, se muestra el buen desempeño de los pecheros, requiriendo algunos ajustes mínimos en las compuertas para aumentar la separación de los frutos verdes enteros y disminuir el daño mecánico (Figura 61).



Figura 60. a. Pechero en aluminio; b. Máquina despulpadora Cenicafé con cuatro pecheros para 2.400 kg h⁻¹.



Figura 61. Máquina despulpadora Cenicafé con pecheros modificados y zaranda clasificadora para la separación de frutos verdes.

Evaluación del efecto de diferentes condiciones de fermentación en la calidad del café en taza en el departamento de Cesar. POS110003

Dentro de las actividades del proyecto Desarrollo Experimental para la competitividad del departamento de Cesar, cofinanciado por el Sistema General de Regalías, se planteó esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes condiciones de fermentación en la calidad

del café en taza. El trabajo se concentró en dos actividades principalmente: la evaluación de fermentaciones con temperatura controlada de las variedades Tabi, Cenicafé 1 y Castillo®, producidas en la Estación Experimental Pueblo Bello y de diferentes métodos de fermentación. Resultados parciales de la evaluación de fermentaciones con control de temperatura, han mostrado que las temperaturas de control generan diferencias en el tiempo de fermentación, para alcanzar una remoción de mucílago

superior al 95%, con diferencias de 24 horas de más en promedio, cuando el control está a 15°C respecto a la de 30°C (Figura 62). Los efectos en calidad parecen depender de la temperatura de trabajo y de la variedad, ya que se han presentado mayores valores para Castillo® a 15°C y para Tabi a 30°C respecto a sus testigos, mientras que la variedad Cenicafé 1, no presenta diferencias por efecto de la temperatura. Entre los métodos de fermentación evaluados: fermentación en fruto y posterior fermentación después del despulpado (FFFD), fermentación en mezcla de café despulpado (FMCD), fermentación con agua (FCA), fermentación con pulpa de café (FCDP), fermentación sin oxígeno (FSO) y un

testigo que es la fermentación con el uso de Fermaestro®, se ha identificado que el tiempo de fermentación para lograr la remoción de mucílago mayor al 95% es superior al testigo, en todos los casos, siendo la menor diferencia en promedio 2,7 horas para la fermentación con agua y la mayor para la fermentación sin oxígeno, con un promedio de 5,5 horas (Figura 63). Respecto a la calidad sensorial del café obtenido por estos métodos de fermentación se tiene que, aunque los puntajes en taza no presentan diferencias apreciables, el método que presenta mayor probabilidad de presentar calificaciones en taza superiores al testigo (Fermaestro®) es la fermentación en fruto previa al despulpado.

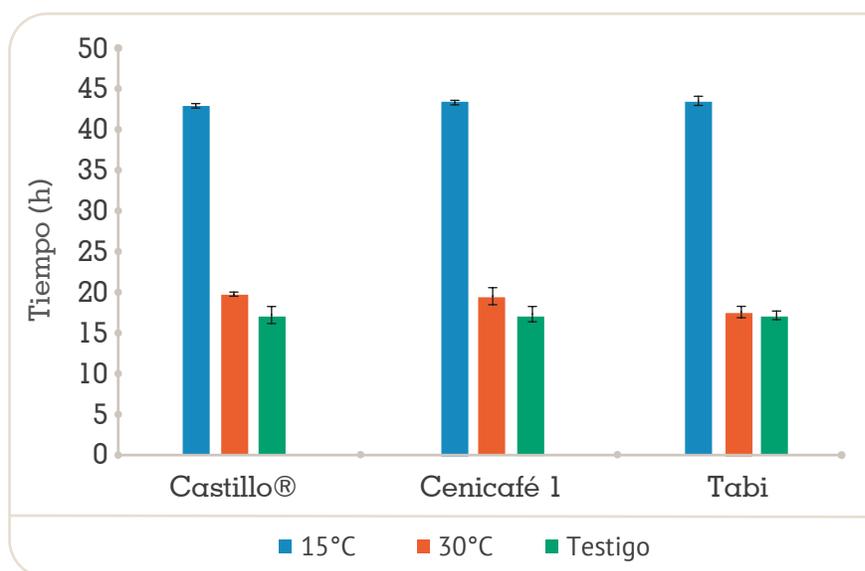


Figura 62. Tiempos de fermentación con control de temperatura y el testigo para tres variedades de café producidas en la Estación Experimental Pueblo Bello.

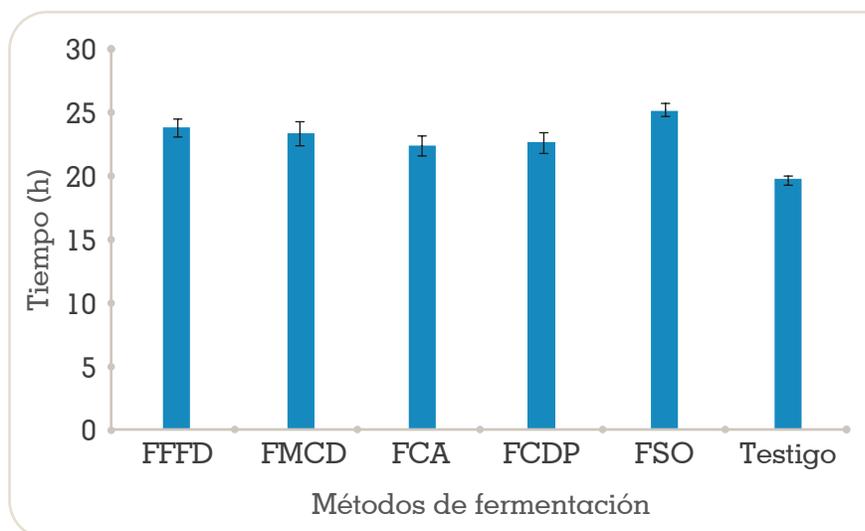


Figura 63. Tiempo para la degradación de mucílago mayor al 95% en diferentes métodos de fermentación.

Caracterización de la composición microbiana en la producción de cafés del departamento del Quindío. POS101031

Con el objetivo de realizar la caracterización e identificación de las poblaciones microbianas presentes en el proceso de fermentación de café de fincas del departamento de Quindío, se está realizando esta investigación con recursos de cofinanciación del Sistema General de Regalías del departamento. Se realizaron muestreos en 20 fincas, localizadas en diferentes municipios y clasificadas en grupos según la calidad sensorial, como muestras con taza limpia y con defecto. Se realizó la caracterización del proceso de beneficio y el muestreo de café despulpado y al final de la fermentación, para realizar análisis de metataxonómica y de genoma completo. Las muestras provienen de diferentes tipos de beneficio, dentro de los cuales se encuentran: diferentes tiempos de reposo en tolva, en un rango de tiempo entre 1 y 5 días; clasificación hidráulica, necesaria para retirar frutos de inferior calidad, realizada en el 42% de las fincas muestreadas; uso de agua en la fermentación; y tiempos de fermentación que estuvieron entre 14 horas y tres días. Se analizó la diversidad microbiana del ADN de las muestras por secuenciamiento profundo en la plataforma MiSeq de Illumina, para bacterias (rDNA 16S) y para hongos (rDNA ITS 3- ITS4). A partir de la información se estimaron los índices de diversidad, riqueza y abundancia por grupo de muestras: café despulpado y café al final de la fermentación, y para cada grupo de microorganismos. En general, los valores indican mayor diversidad para las muestras de café despulpado respecto a los valores del café al final de fermentación. Así mismo, los mayores valores se presentaron para bacterias, indicando mayor riqueza de especies para este grupo de microorganismos. Se determinaron valores menores a 3, que indican baja diversidad (Shannon) para las especies de levaduras en el café al final de la fermentación. Respecto a la identificación de especies y pese a las diferencias en las

muestras de café al final de la fermentación, se observa una mayor abundancia relativa de los géneros de bacterias *Leuconostoc*, *Acetobacter*, *Gluconobacter* (Figura 64) y para los géneros de levaduras de la familia Saccharomycodaceae y los géneros *Pichia* y *Candida* (Figura 65).

Identificación de la composición microbiana durante el proceso de fermentación del café producido en el departamento del Cesar. POS101024

Con el objetivo de identificar la composición y dinámica microbiana durante el proceso de fermentación en la producción de cafés de alta calidad en el departamento de Cesar, se recolectaron y beneficiaron muestras de café de las variedades Tabi, Castillo® General y Colombia, en la Estación Experimental Pueblo Bello. Durante el proceso de fermentación se tomaron muestras tanto de mucílago como de café lavado; usando un equipo desmucilagador (Figura 66), en tres diferentes etapas del proceso de fermentación: al inicio del proceso T1 (0 horas), tiempo medio del proceso de fermentación T1 (9 horas) y tiempo final del proceso de fermentación T2 (18 h). A las muestras de mucílago se les realizaron análisis físico químicos, elementos menores, azúcares, polifenoles y análisis microbiológico con recuentos microbianos y aislamiento e identificación de mesófilos aerobios, coliformes, bacterias ácido lácticas (BAL), bacterias ácido acéticas (BAA), levaduras y hongos filamentosos. Adicionalmente, en estas muestras se identificó la diversidad bacteriana (metataxonómica) por secuenciación de DNA 16S y diversidad fúngica por secuenciación de ITS. Las muestras de café lavado en los tres tiempos de fermentación se secaron (10%–12% humedad) y además de realizarles análisis físico químicos y granulométricos, se les realizaron análisis sensoriales y de calidad SCA. Los resultados del análisis sensorial y de calidad mostraron que las variedades Tabi y Colombia correspondían a tazas de cualidades

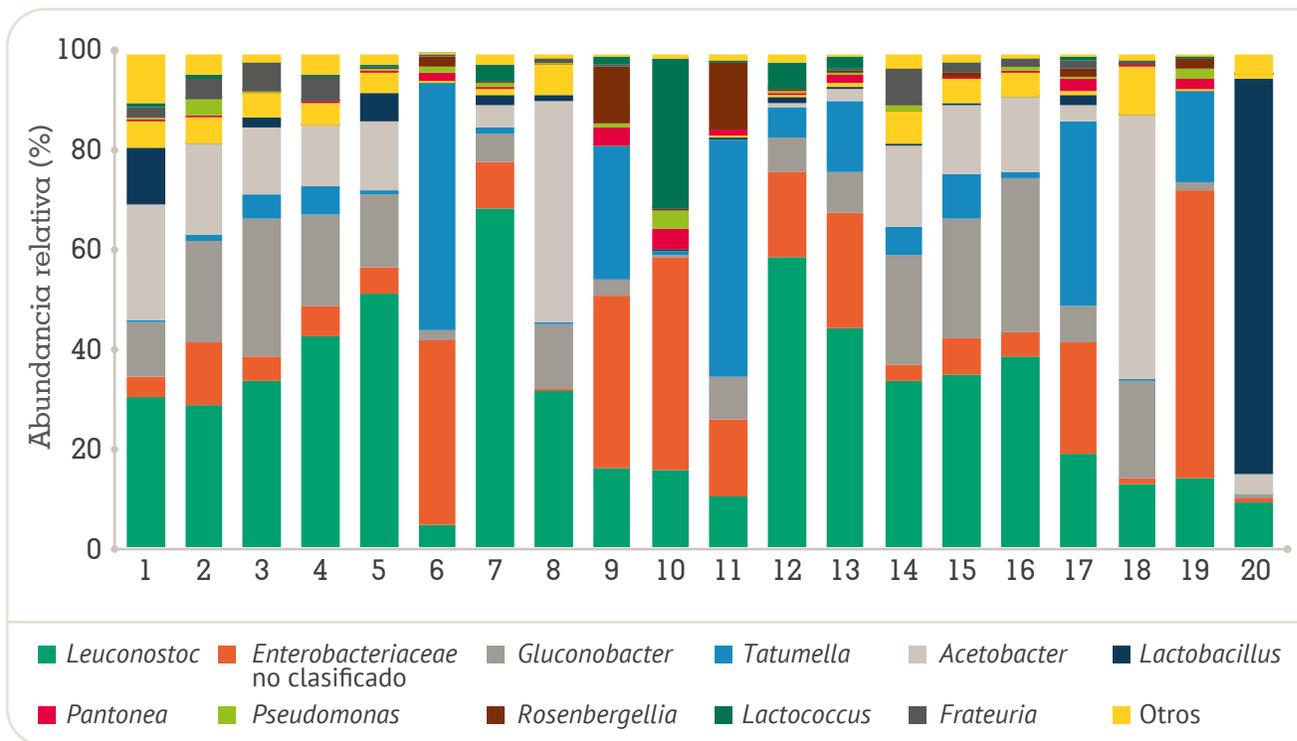


Figura 64. Abundancia relativa para los géneros de bacterias identificados mediante secuenciación del gen 16S.

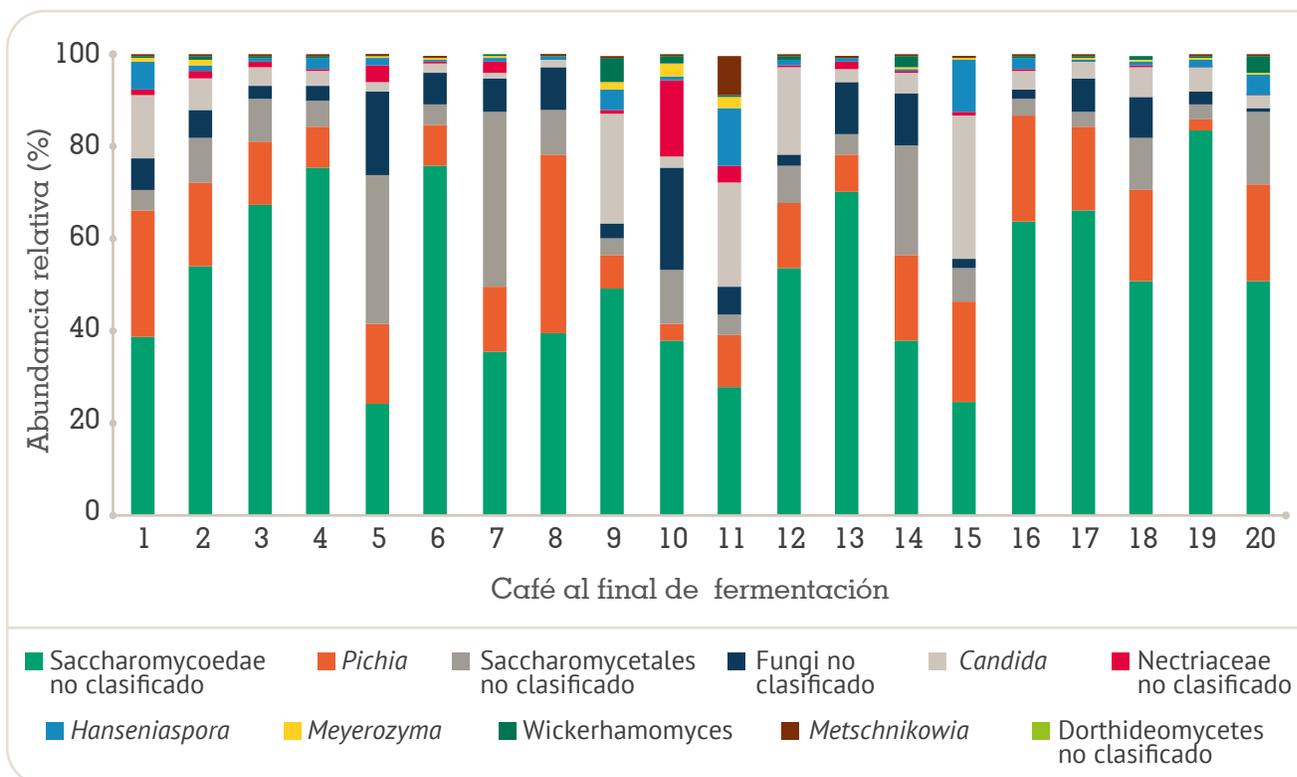


Figura 65. Abundancia relativa de familias y géneros de levaduras identificado mediante la secuenciación del gen ITS.

muy buenas. La variedad Tabi obtuvo el mayor puntaje SCA entre 82,7 y 83,25 con acidez fina, donde se destaca fragancia y aroma a chocolate, panela, cítrico y herbal. En el caso de la variedad Colombia la calidad varió entre 82,1 y 82,5. Los análisis microbiológicos del mucílago permitieron identificar un contenido similar de microorganismos totales en las tres variedades, con recuentos entre 20,1 y 25,5 $\text{LOG}^{-10}(\text{UFC}/\text{mL})$; sin embargo, sí se observó variación con respecto al número total de BAL, siendo este grupo mayor en Tabi con respecto a las otras dos variedades. También se evidenció una mayor acidez total en esta variedad (Figura 67). Entre los microorganismos identificados se encontraron en el grupo de BAL: *Leuconostoc*,

Lactobacillus y *Lactococcus*. En el grupo de BAA: *Acetobacter* y *Gluconobacter*. Las levaduras: *Sacharomyces*, *Criptococcus* y *Candida* son las más representativas y los hongos miceliales: *Trichoderma*, *Geotrichum* y *Penicillium*. En Tabi, las pruebas de diversidad molecular de bacterias (Figura 68) mostraron a *Leuconostoc* sp (BAL), *Acetobacter* sp. y *Gluconobacter* sp. (BAA) como tres géneros importantes y presentes en los tres tiempos de fermentación y esto se corrobora al menos en el tiempo T1, con los recuentos e identificaciones en los medios específicos para BAL y BAA. Adicionalmente se tomaron muestras en seis fincas del departamento con tiempos de fermentación diferentes, que van desde 18 hasta 42 h de fermentación.



Figura 66. Equipo Desmucilagador-Lavador Experimental para toma de muestra de mucílago y semilla café lavado.

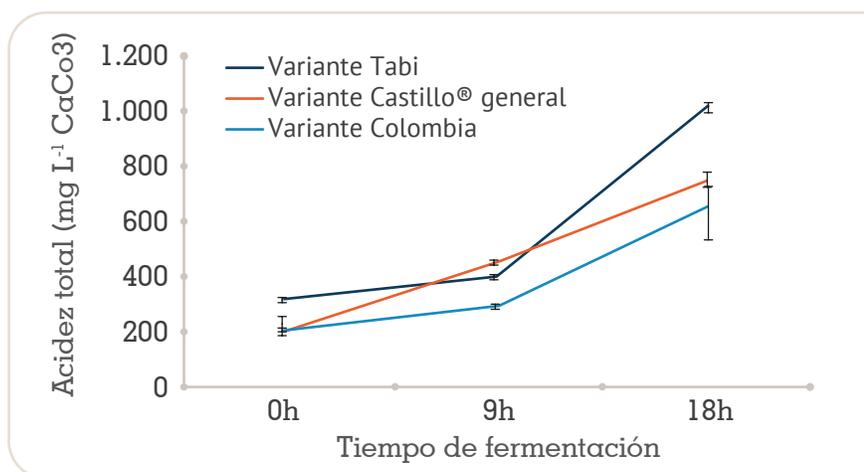


Figura 67. Acidez total durante el proceso de fermentación en tres variedades de café *C. arabica* Tabi, Castillo® General y Colombia en muestras recolectadas y beneficiadas en la Estación Experimental Pueblo Bello (Cesar).

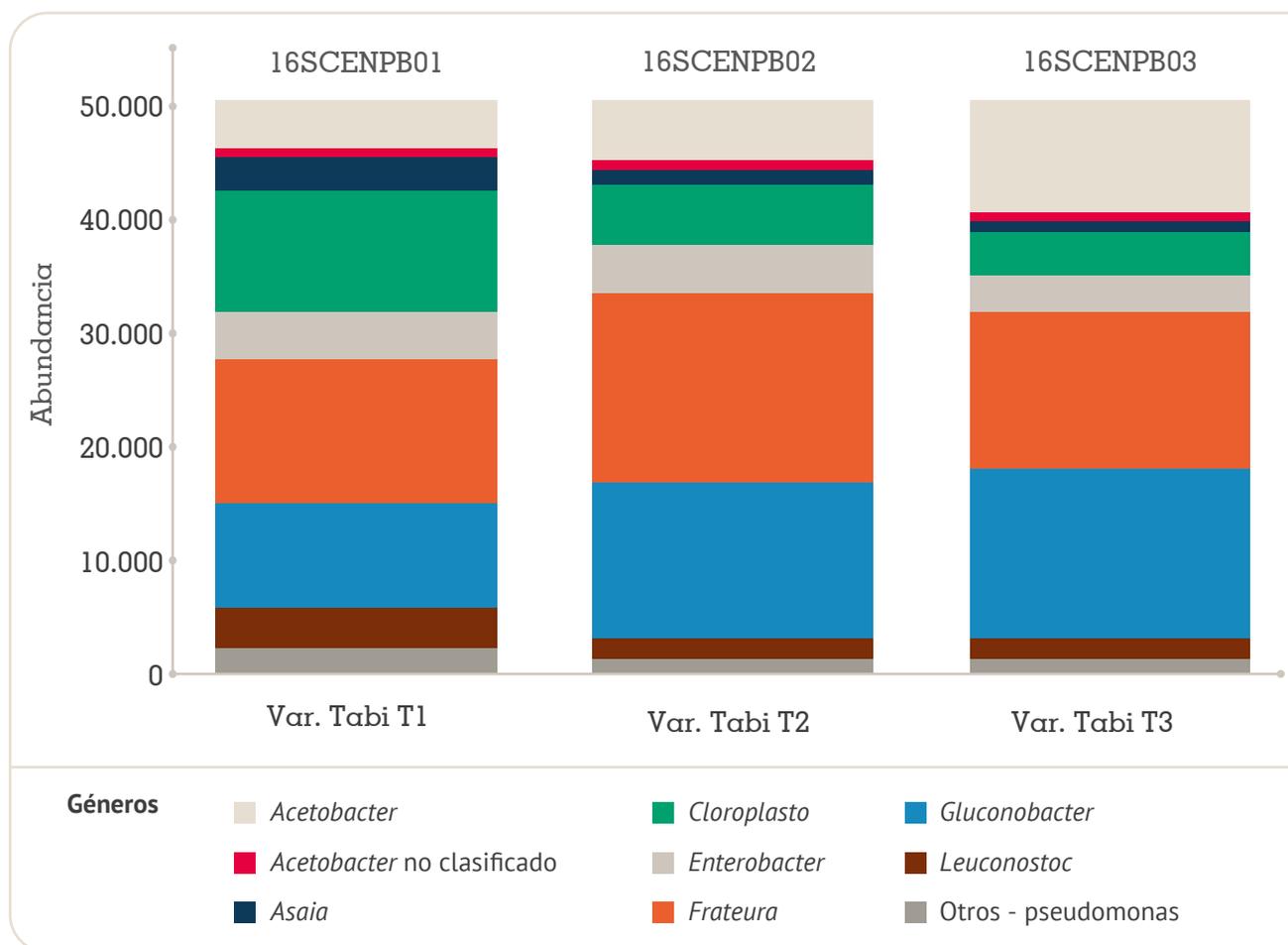


Figura 68. Diversidad microbiana (metataxonomica) para bacterias a nivel de género, usando el marcador molecular rDNA 16S, regiones variables V3- V4 (MiSeq de Illumina), en muestra de mucílago de *C. arabica* var. Tabi tomadas al inicio del proceso de fermentación T1 (0 h). Tiempo medio del proceso de fermentación T2 (9h) y Tiempo Final del proceso de fermentación T3 (18h).

Evaluación del efecto de realizar fermentaciones en café en un biorreactor de tanque agitado, sobre la calidad en taza. POS110006

Dentro de las actividades del proyecto Desarrollo Experimental para el desarrollo de la competitividad del departamento de Quindío, se planteó esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto de realizar fermentaciones en café en un biorreactor de tanque agitado, sobre la calidad en taza con café producido en cinco rangos de altitud. La caracterización inicial del café indica que además de la madurez de los frutos y del clima previo a la recolección, se presenta una tendencia a tener mayor contenido de

mucílago a medida que aumenta la altitud (Figura 69), lo cual influye en la evolución de la fermentación. Así mismo, se avanzó en el conocimiento de las fermentaciones con control de temperatura, se observaron diferencias en el tiempo para alcanzar la temperatura de equilibrio entre el equipo y la masa de café, de acuerdo con la temperatura de control, y para alcanzar una remoción de mucílago mayor al 95%, siendo mayores los valores cuando se controla la fermentación a 15°C (Figura 70). Para la calidad sensorial, en general, las muestras obtenidas presentaron un promedio de 81,8 entre 80,0 y 84,1 puntos SCA, de los cuales se destacan el 54% con puntajes por encima de 82 puntos, de estos el 86% se relaciona con café producido a

partir de 1.400 m de altitud. Por otro lado, el 20% de las muestras presentó defecto en taza, siendo más representativo el defecto terroso (11,8%), seguido de fermento (5,9%) e inmaduro (2,0%). La mayoría de los

defectos generados (12%) se presentaron en café producido por debajo de 1.200 m de altitud. Así mismo, el 16% de los defectos se generó por el testigo y por la fermentación conducida a 30°C.

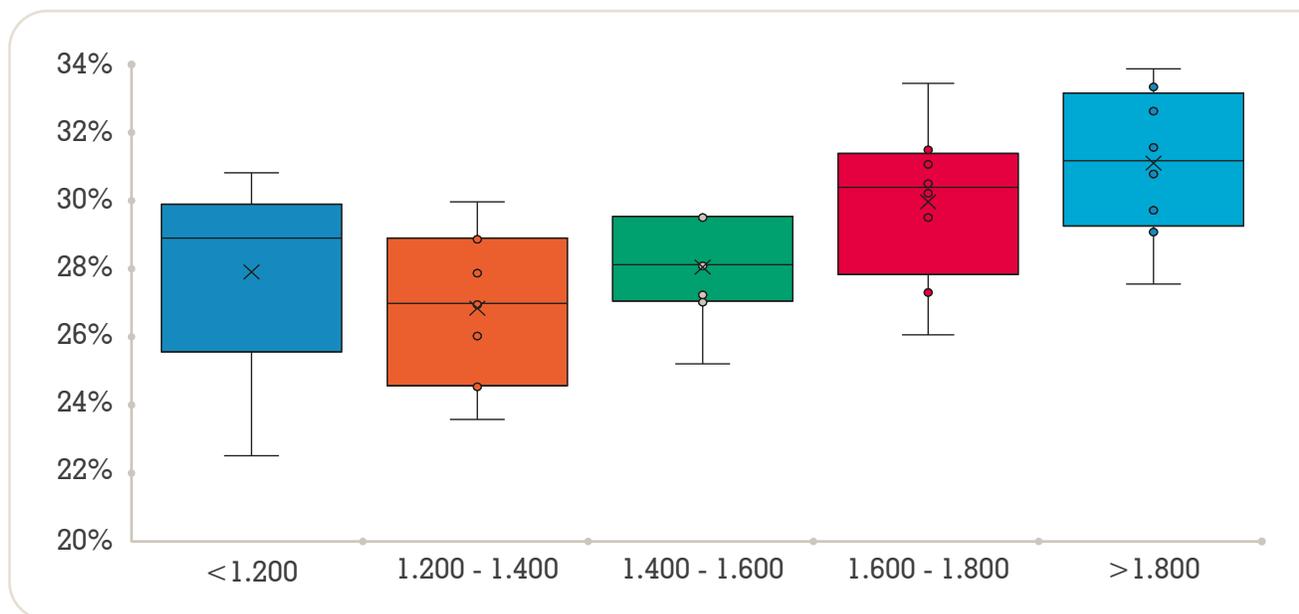


Figura 69. Contenido de mucílago de café producido en el departamento de Quindío por rango de altitud.

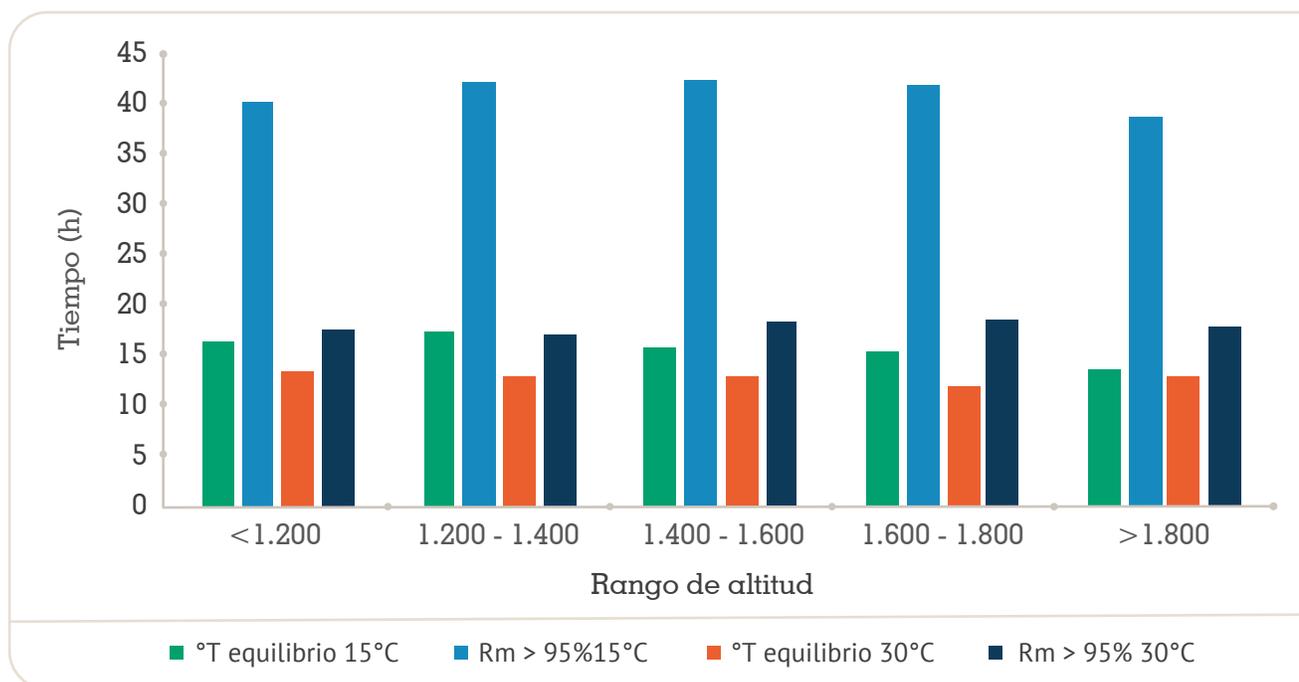


Figura 70. Tiempo de fermentación para alcanzar la temperatura de equilibrio y remoción de mucílago mayor al 95% para dos condiciones de temperatura controlada.

Evaluación de un proceso poscosecha para la obtención de café de calidad en el municipio de Isnos, Huila. POS110004

Las variaciones al proceso de beneficio en diferentes prácticas realizadas por caficultores del Grupo Élite de Calidad de Isnos, están siendo evaluadas con el objetivo de identificar su influencia sobre la calidad del café. Para esto se está trabajando en conjunto con el Servicio de Extensión del departamento de Huila, bajo el formato de Investigación Participativa – IPA (Figura 71). Durante este año, se avanzó en las evaluaciones de los procesos en las fincas de los caficultores. Para las evaluaciones se utilizaron frutos de café variedad Castillo® El Tambo, en lotes ubicados entre 1.350 y 1.800 m de altitud. Se tiene como tratamiento testigo el café que utiliza todas las prácticas del proceso 7P®. Debido al reconocido impacto sobre la calidad del café de realizar la separación de frutos de inferior calidad, se realizó la clasificación por densidad



de los frutos, utilizando la doble caneca, para todos los procesos en las fincas, obteniendo entre 2,2% y 11,4% de café de inferior calidad. Dentro de las prácticas realizadas por todos los caficultores, se encuentra el tiempo de reposo en tolva de los frutos antes del despulpado, en un rango entre 12 y 26 horas. Las variaciones a la fermentación incluyen prolongación de tiempo (69,2%), seguido de mezcla de frutos de diferentes tiempos de recolección (15,4%) y mezcla de café despulpado y fermentaciones anaerobias en igual proporción (7,7%). También se presentan variaciones en el lavado y el secado solar del café. El promedio general de la calificación sensorial es de 81 puntos SCA. El proceso 7P® ha presentado el 100% de las muestras con taza limpia (Figura 72). Los mayores puntajes se lograron con el tratamiento en el que se realizó la fermentación más seis horas según Fermaestro® (83,3 puntos SCA), que a la vez fue el que obtuvo el mayor porcentaje de muestras con calidad superior a la del testigo, en al menos un punto SCA, junto con el tratamiento con tiempo de reposo en tolva. El proceso realizado por el caficultor en el cual se involucra variación en todas las etapas, presenta el menor porcentaje de muestras con taza limpia y la menor cantidad de muestras con calificación en taza superior al testigo en al menos un punto SCA.

Figura 71. Evaluación de la calidad de recolección con las herramientas Cromacafé® y Mediverdes®, bajo el esquema Investigación Participativa, Caficultor, Extensión, Investigación.

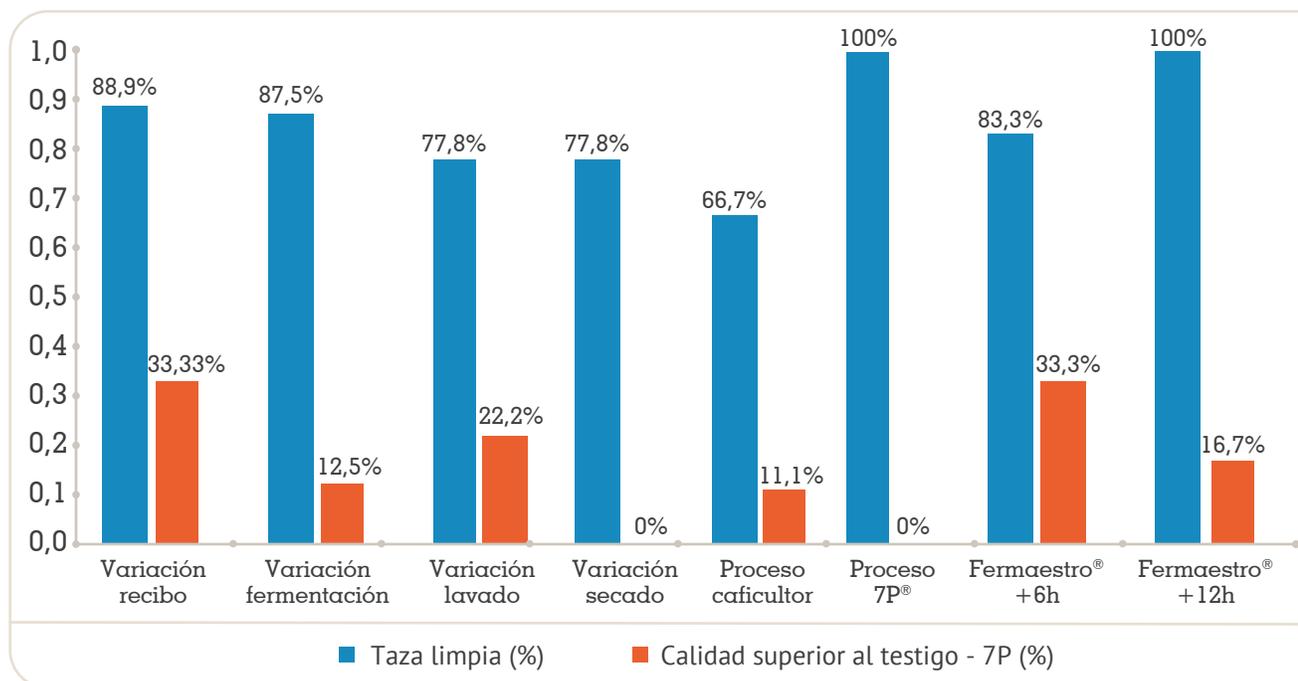


Figura 72. Porcentaje de muestras con taza limpia en tratamientos con variaciones en las diferentes etapas del proceso poscosecha y en el proceso 7P® y en muestras con calidad superior al testigo en al menos un punto SCA.

Acondicionamiento del sistema de control de la máquina de clasificación de granos de café lavado, para su uso en cafés especiales y café comercial. POS101022

Se avanzó en el diseño y construcción de un elevador de discos (Figura 73), utilizado para realimentar los granos de café pergamino lavado que no son adheridos al cilindro orientador. También se adelantó el proceso de optimización de algoritmos de visión artificial para detección de defectos del café lavado, pasando de una programación secuencial a una programación orientada a objetos, con el fin de tener un mejor uso de los recursos computacionales. Los algoritmos optimizados realizan la segmentación del grano y el cálculo de su centroide (Figura 74); adicionalmente, analizan la presencia de defectos como brocado, daño mecánico, inmaduro y vinagre en cada imagen adquirida por la cámara (Figura 75). Actualmente la máquina continúa en proceso de desarrollo.

Evaluación del secado solar de café en condiciones de clima contrastantes. POS103009

En el departamento de Quindío y con recursos de cofinanciación del Sistema General de Regalías, se está realizando la evaluación de secado solar bajo dos condiciones de clima contrastantes del departamento, dado principalmente por las horas de brillo solar anual, para lo cual la Disciplina de Agroclimatología de Cenicafe identificó tres zonas así: Zona 1: entre 1.061 y 1.399 h, Zona 2: entre 1.400 y 1.800 h y Zona 3: más de 1.800 h. Las fincas con producción de café del departamento se encuentran en las dos primeras zonas. Con el fin de tener sistemas de secado iguales, se diseñaron y construyeron secadores solares con un área de secado de 2,0 m² y un sistema autónomo que permite el registro de las variables temperatura, humedad y pérdida de masa del café. Con el fin de tener una calidad de café lavado estándar para las pruebas, se están aplicando las prácticas del proceso 7P®. Durante este



Figura 73.
Elevador de discos.



Figura 74.
Segmentación
y cálculo del
centroide.

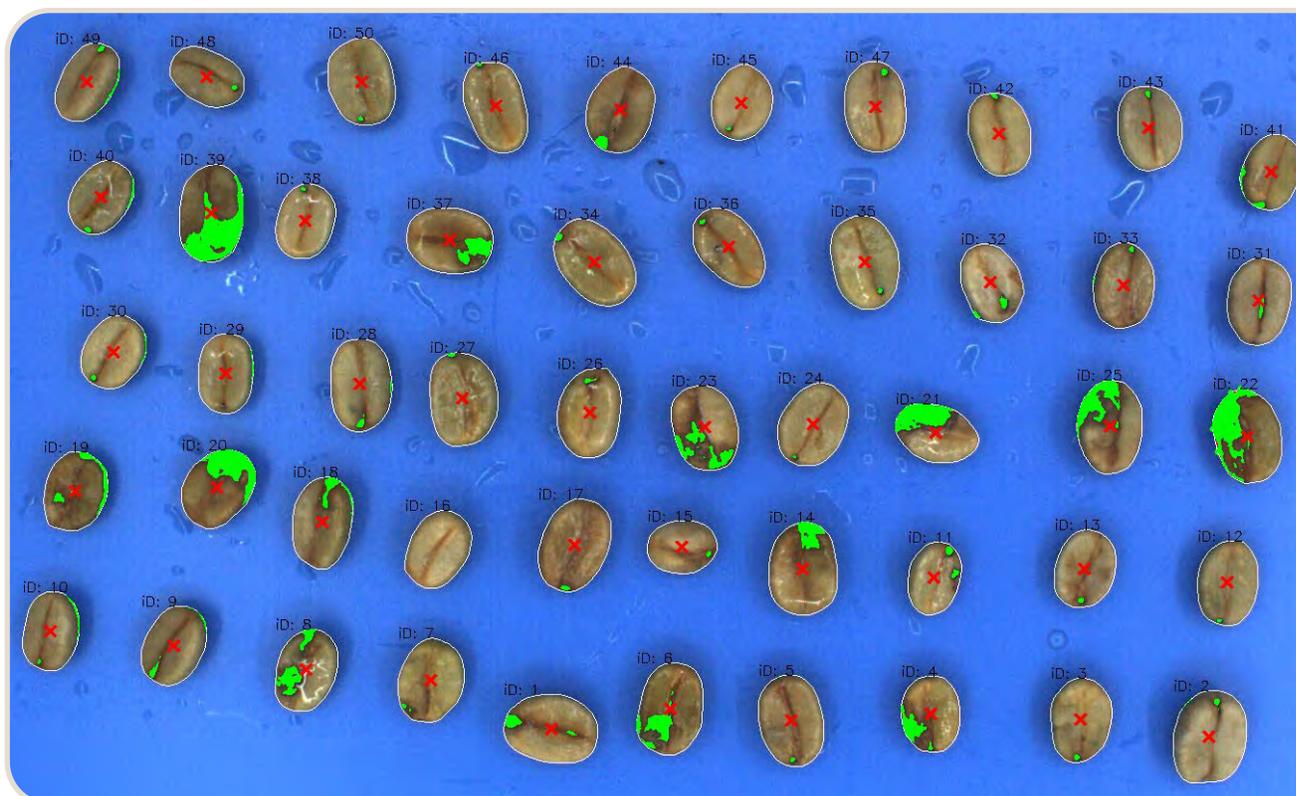


Figura 75. Imagen procesada con algoritmo de visión artificial.

año finalizó el diseño y construcción de los secadores, se realizó la selección de fincas y la instalación en aquellas que fueron aptas para realizar el montaje de las pruebas. Se han finalizado 24 pruebas completas de secado, 15 de las cuales en la zona con brillo solar anual entre 1.400 y 1.800 horas (zona 2), las restantes en la zona entre 1.061 y 1.399 horas de brillo solar anual (zona 1). Durante las pruebas se han registrado diferencias de temperatura promedio de hasta 4°C entre zonas, siendo mayor para la zona 2, tanto para los registros del ambiente, como al interior del secador. Igualmente, la humedad relativa al interior de los secadores ha presentado una diferencia de hasta siete puntos porcentuales, siendo mayor para la zona de menor brillo solar. Estos comportamientos implican diferencias en el tiempo de secado y en el comportamiento de la pérdida de humedad en cada zona (Figura 76). Se presentan mayores tiempos de secado para la zona con menor brillo solar (zona 1) con un promedio de 440 horas, respecto a un promedio de 229 horas para la zona 2, con rangos entre 187

y 866 horas de secado y 168 y 315 horas de secado, respectivamente. También se observa rehumedecimiento del grano al final del secado, que es más notorio para la zona 1, dados los altos niveles de humedad del aire. Pese a las diferencias de tiempo, no se han presentado diferencias en la calidad en taza, con promedios de 81,5 y 80,3 puntos SCA para la zona 1 y zona 2, respectivamente. Sin embargo, se ha presentado una mayor incidencia de defecto terroso en la zona 2, respecto a la zona 1.

Evaluación del efecto del secado con combustión directa de GLP sobre la composición química del grano de café. POS103007

En este período se terminó la etapa experimental de la investigación, de acuerdo a los resultados obtenidos, no se encontró presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en la mayoría de las muestras caracterizadas. En las muestras donde se presentaron estos compuestos los

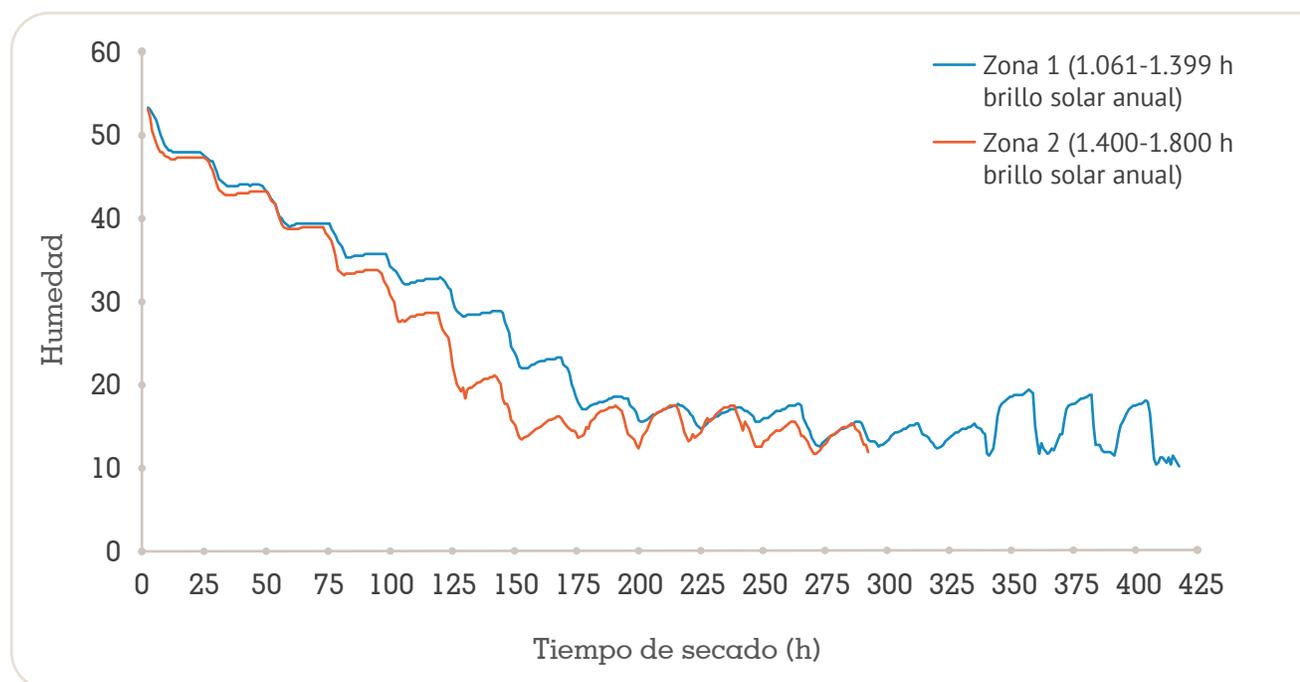


Figura 76. Pérdida de humedad del grano durante el secado solar bajo dos condiciones de brillo solar en el departamento de Quindío.

valores estuvieron entre 0,08 y 4,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$, valores que están por debajo de los límites máximos establecidos en el Reglamento de la Unión Europea, los cuales se encuentran entre 5 y 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ dependiendo del tipo de alimento. Se encontraron otros Hidrocarburos Aromáticos que no están catalogados como cancerígenos, a concentraciones bajas, tales como: tolueno, dimetilbenceno, etilbenceno y dietilbenceno. Sin embargo, los valores encontrados para estos compuestos fueron superiores en el testigo (secado con resistencias eléctricas), por lo cual la contaminación es probable que provenga de otras etapas del proceso. En cuanto al análisis sensorial, ninguna de las muestras presentó defectos en taza, se alcanzaron valores en escala SCA entre 80,09 y 82,69.

Se concluyó que, bajo las condiciones evaluadas y el tipo de gas utilizado, la combustión directa del GLP (gas licuado del petróleo) utilizada como alternativa de secado no contaminó el grano de café y no afectó la calidad en taza. Por lo tanto, los caficultores podrían utilizar secadores sin intercambiador de calor, utilizando como combustible el GLP, si se tienen en cuenta las condiciones de operación dadas por el fabricante y utilizando los flujos de aire y combustible apropiados.

Validación de filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales del café. POS104009

Para la implementación de filtros verdes que permitan alcanzar el objetivo de cero descargas (ZLD), en el manejo y tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café, se requiere que estos sistemas sean

construidos tipo invernadero y que el suelo esté impermeabilizado y sembrado con pasto vetiver en cuadro cada 30 cm. La instrumentación de los filtros verdes ZLD que operaron con aplicación de aguas residuales del café (lixiviados, mieles del Ecomill® y aguas residuales del tanque tina), permitió determinar un valor de evapotranspiración de $23,69 \text{ mm d}^{-1} \pm 0,95$ y un valor de temperatura del suelo a 30 cm de profundidad de $25,02^\circ\text{C} \pm 0,04$.

Se determinó que la aplicación periódica de las aguas residuales del café sobre filtros verdes tipo ZLD, permite incrementar el valor de los parámetros del suelo: pH, conductividad eléctrica, N, materia orgánica, K, P, Fe, Mn, Cu, B y S.

A través de la experimentación se determinó un efecto fitotóxico de las altas cargas orgánicas aplicadas de las aguas residuales del café sobre el pasto vetiver presente en filtros verdes tipo ZLD, calculando que para cargas orgánicas aplicadas mayores a 1,20 kg de DQO/($\text{m}^2 \text{ d}$) se presenta una disminución en más del 50% de la tasa de crecimiento del pasto vetiver. Se determinó que pueden aplicarse cargas hidráulicas de hasta 60 mm d^{-1} de aguas residuales del café en filtros verdes tipo ZLD, sin que se presenten problemas de inundación, sobresaturación del suelo ni lixiviación de sólidos del mismo. El área total necesaria para la instalación de un filtro verde tipo ZLD se calcula en función del volumen de agua residual generada en el día pico de cosecha y en función de la tasa de retención de agua del suelo más la tasa de evapotranspiración de la vegetación sembrada en el filtro verde.



Evaluación de equipos y métodos de aplicación de herbicidas para el control de arvenses en el cultivo del café. SUE103006

Este proyecto tuvo como objetivo evaluar equipos y métodos de aplicación de herbicida en el manejo integrado de arvenses (MIA). La investigación se realizó en las Estaciones Experimentales de Cenicafé Naranjal (Chinchiná, Caldas) y La Trinidad (Líbano, Tolima), en cultivos de café Variedad Castillo® y Cenicafé 1, con edades entre uno a dos años y densidad de siembra de 7.142 plantas/ha. Para la aplicación de herbicida en forma de parcheo sobre las arvenses de interferencia alta se evaluaron seis tratamientos (T1 a T6), así: T1= equipo de pulverización centrífuga; T2= equipo de aspersión de bombeo eléctrico con boquilla Teejet 8001 y presión de 20 psi; T3= equipo de aspersión de bombeo manual con boquilla Teejet 8001 y regulador de presión de 21 psi; T4= selector de arvenses con ruedas; T5= selector de arvenses convencional; T6= equipo de aspersión de bombeo manual con boquilla Teejet 8001 sin regulador de presión (testigo relativo).

En los tratamientos T1, T2, T3 y T6 se usó pantalla protectora y glifosato 480 g L⁻¹ en dosis de 3 L ha⁻¹, mientras que en los tratamientos T4 y T5 se aplicó el mismo

herbicida al 10%. Se presentan los resultados finales de 12 aplicaciones en parcelas de 2.000 m² aproximadamente, por tratamiento. En el MIA, el tiempo de aplicación, tanto neto como total, fue similar a todos los tratamientos empleados en la aplicación de herbicida, incluido el testigo (T6) (Figura 77). Ambos tipos de selectores de arvenses (T4 y T5) presentaron los volúmenes más bajos de aplicación, seguido por el equipo de pulverización centrífuga (T1) (Figura 78). El selector de arvenses con ruedas (T4) utilizó menor volumen de herbicida (2,2 L ha⁻¹) comparado con el selector de arvenses convencional (T5) y el tratamiento testigo (T9). El selector de arvenses con ruedas generó mejor cobertura promedio del suelo que los equipos de aspersión de bombeo eléctrico (T2) y de bombeo manual (T3 y T6) (Figura 79). No se presentaron diferencias en cuanto a la incidencia por fitotoxicidad al café entre los tratamientos.

Evaluación de alternativas para el control químico de arvenses de hoja ancha de interferencia alta en el cultivo del café. SUE103008

Se avanzó en la evaluación de alternativas para el control de arvenses de hoja ancha en el cultivo del café. La investigación se realizó en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito, en siembras nuevas

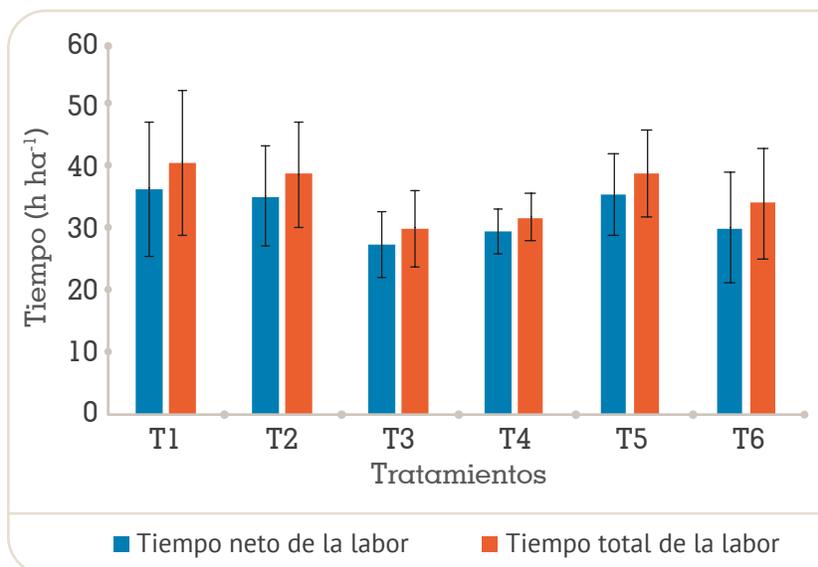


Figura 77. Tiempo (neto y total) promedio empleado en la labor, con diferentes equipos y métodos de aplicación de herbicida en el MIA. Las barras representan el intervalo de confianza al 95%.

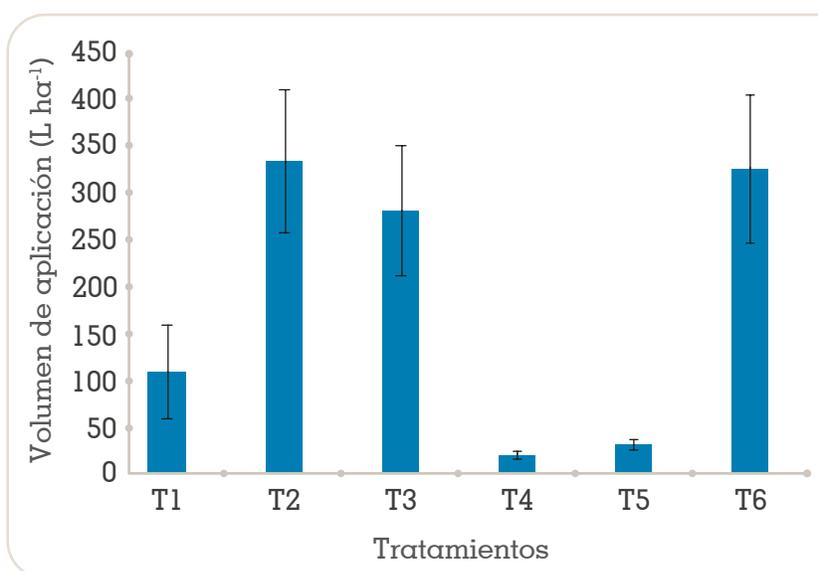


Figura 78. Volumen de aplicación por hectárea con diferentes equipos y métodos de aplicación de herbicida en el MIA. Las barras indican el intervalo de confianza al 95%.

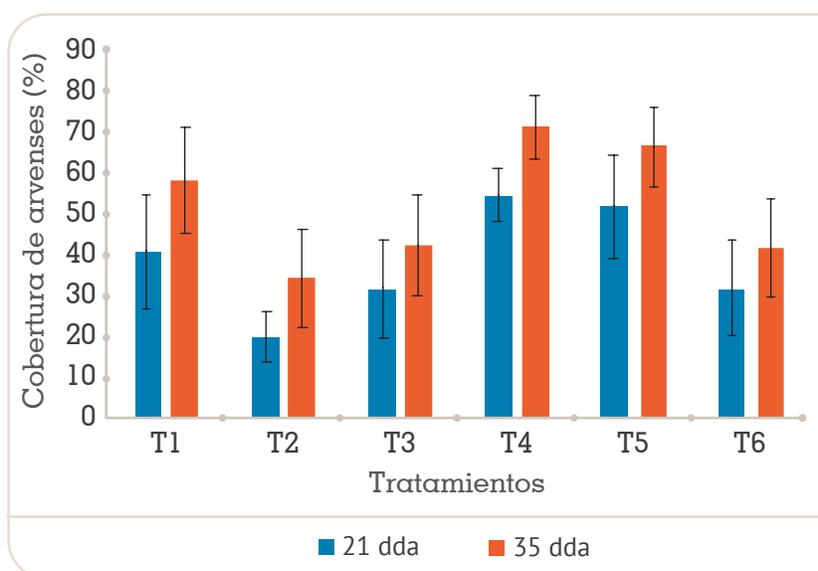


Figura 79. Cobertura de arvenses en el cultivo del café, días después de la aplicación (dda) de herbicida con diferentes equipos y métodos en el MIA. Las barras indican el intervalo de confianza al 95%.

y renovaciones por zoca de café Variedad Cenicafé 1 y Castillo®. Se evaluaron diez tratamientos: T1= metsulfuron-metilo 15 g ha⁻¹ + glifosato 720 g ha⁻¹; T2= bensulfuron-metilo 50 g ha⁻¹ + glifosato 720 g ha⁻¹; T3= carfentrazona-etilo 30 g ha⁻¹ + glifosato 720 g ha⁻¹; T4= metsulfuron-metilo 15 g ha⁻¹ + glifosato 1.080 g ha⁻¹; T5= bensulfuron-metilo 50 g ha⁻¹ + glifosato 1.080 g ha⁻¹; T6= carfentrazona-etilo 30 g ha⁻¹ + glifosato 1.080 g ha⁻¹; T7 y T8= glifosato 720 y 1.080 g ha⁻¹, respectivamente; T9= glifosato 1.440 g ha⁻¹ (testigo); T10= manejo manual-mecánico. Las aplicaciones se realizaron con equipo de aspersión de bombeo manual, boquilla Teejet 8001, regulador de presión (21 psi) y pantalla. Se presentan los resultados de control de arvenses, evaluados a los 7, 21, 35 y 50 días después de aplicación (dda) (Figuras 80 y 81 para Naranjal y Paraguaicito, respectivamente) e incidencia de fitotoxicidad al café (21 dda) para tres aplicaciones durante el primer año del cultivo en Paraguaicito y dos aplicaciones durante los primeros seis meses en Naranjal. En ambas localidades, en las aplicaciones 1 y 2, los tratamientos que alcanzaron mayor control de arvenses, entre 21 a 50 dda, fueron T1 y T4, seguidos de T2 y T5, mientras que los tratamientos T3 y T6 presentaron mejor control a los 7 dda. En la tercera aplicación en Paraguaicito, se presentó menor efectividad de las alternativas evaluadas diferentes a T9, lo anterior debido a la aparición de arvenses tolerantes. En Naranjal, T1 y T4 indujeron mayor incidencia de fitotoxicidad en el café con nivel de daño leve (<5% del área foliar afectada). T1 y T2 son promisorios en el control de arvenses en café y son favorables por la reducción de la dosis de glifosato en 50%.

Respuesta del café a riego y fertirriego. SUE104025

Con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de café a riego y fertirriego, se realizó una investigación en la Estación Experimental Paraguaicito (Quindío), entre junio de 2018 y diciembre de 2021. Se empleó un lote de 0,2 ha, plantado con café Variedad Castillo®

Paraguaicito, el cual se dividió en nueve parcelas de aproximadamente 108 plantas, en las que se evaluaron los siguientes tratamientos bajo un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones: i) fertilización convencional sin riego; ii) fertilización convencional (sólida semestral) con riego por goteo; iii) fertirriego (mensual). Las dosis de los nutrientes fueron las máximas recomendadas por Cenicafé para la etapa de producción a plena exposición solar y el riego se realizó cuando el potencial mátrico del suelo superó los -40 kPa. Se presentó efecto negativo del riego en la producción de café cereza, reflejado en una disminución del 10% de la producción frente al testigo, y en fertirriego el promedio obtenido fue estadísticamente igual al testigo (Tabla 43). Los tratamientos no afectaron la calidad física ni organoléptica del café. Entre las posibles explicaciones de los resultados están: i) el grado de la humedad del suelo no llegó a ser limitante para la producción, como sí lo son las sequías de otras regiones del mundo, en las que el riego suplementario aumenta la producción; ii) el riego disminuyó la magnitud del estrés hídrico en la época determinante para floración, lo que posiblemente afectó dicho fenómeno y, por ende, la producción de café; iii) el fertirriego, se presume que fue beneficioso, pues niveló el detrimento en la producción causado por la disminución en la magnitud del estrés hídrico, reflejado en el tratamiento de riego y fertilización semestral.

Alternativas de fertilización con fósforo durante la etapa de establecimiento de café. SUE104035

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de alternativas de fertilización con fósforo durante la etapa de establecimiento de café. En cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé (Naranjal en Caldas, La Trinidad en Tolima, Paraguaicito en Quindío y El Tambo en Cauca) se evalúan desde el año 2019 el efecto de 14 tratamientos (Tabla 44), resultantes de la combinación de tres dosis de fósforo-P₂O₅ y cuatro formas de

aplicación. Las evaluaciones realizadas durante este año indican incrementos en los niveles de fósforo en conformidad a las dosis, aún 24 meses después de la siembra, especialmente cuando el fertilizante se aplicó en forma localizada y mixta (Figura 82). En contraste, las concentraciones foliares de fósforo no ocasionaron cambios en respuesta a los tratamientos (Figura 83), resultado que sugiere una falta de relación entre los niveles del elemento en el suelo y en las hojas. En cuanto a la producción, durante el año 2022 sólo se presentó efecto significativo

en la Estación Paraguaicito (Figura 84); al respecto, el promedio obtenido con 300% de la dosis recomendada en forma mixta fue estadísticamente mayor que el testigo. Lo anterior se reflejó en la producción acumulada de los dos años. En Naranjal, el efecto de los tratamientos se mostró en la producción acumulada, siendo más alto el promedio obtenido con el 100% de la dosis de fósforo aplicada en forma localizada que el testigo sin fósforo. Adicionalmente, para algunos tratamientos el diámetro del tallo de las plantas fue mayor que el testigo en El Tambo.

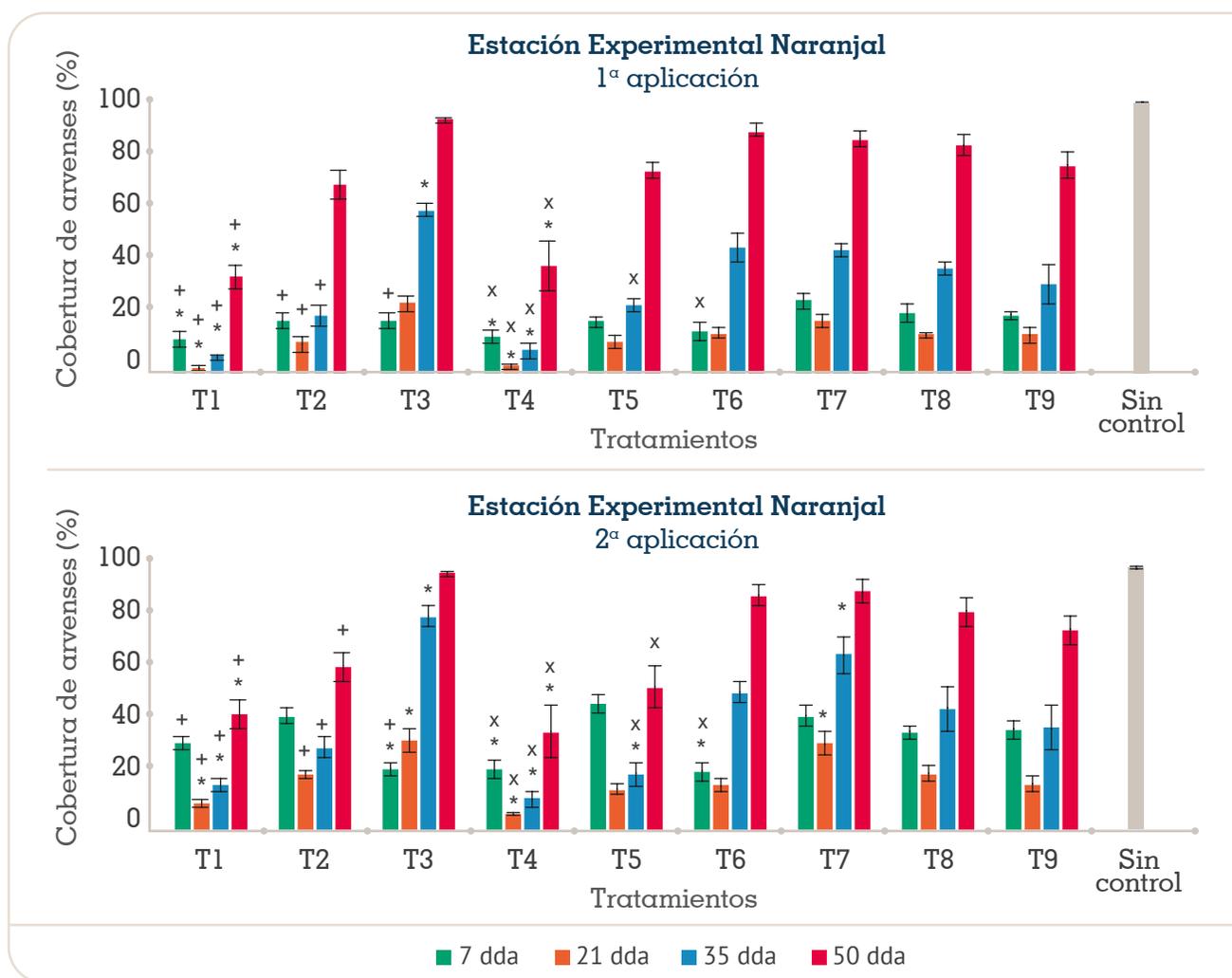


Figura 80. Respuesta de la cobertura promedio de arvenses (%) a los tratamientos en la Estación Experimental Naranjal. *: diferencia de los tratamientos T1 a T8 respecto al testigo T9, según prueba de Dunnett al 5%. +: diferencia de los tratamientos T1, T2 y T3 respecto a T7 según prueba de contrastes al 5%. x: diferencia de los tratamientos T4, T5 y T6 frente a T8 según prueba de contrastes al 5%. Las líneas sobre las barras indican el error estándar. dda: días después de la aplicación.

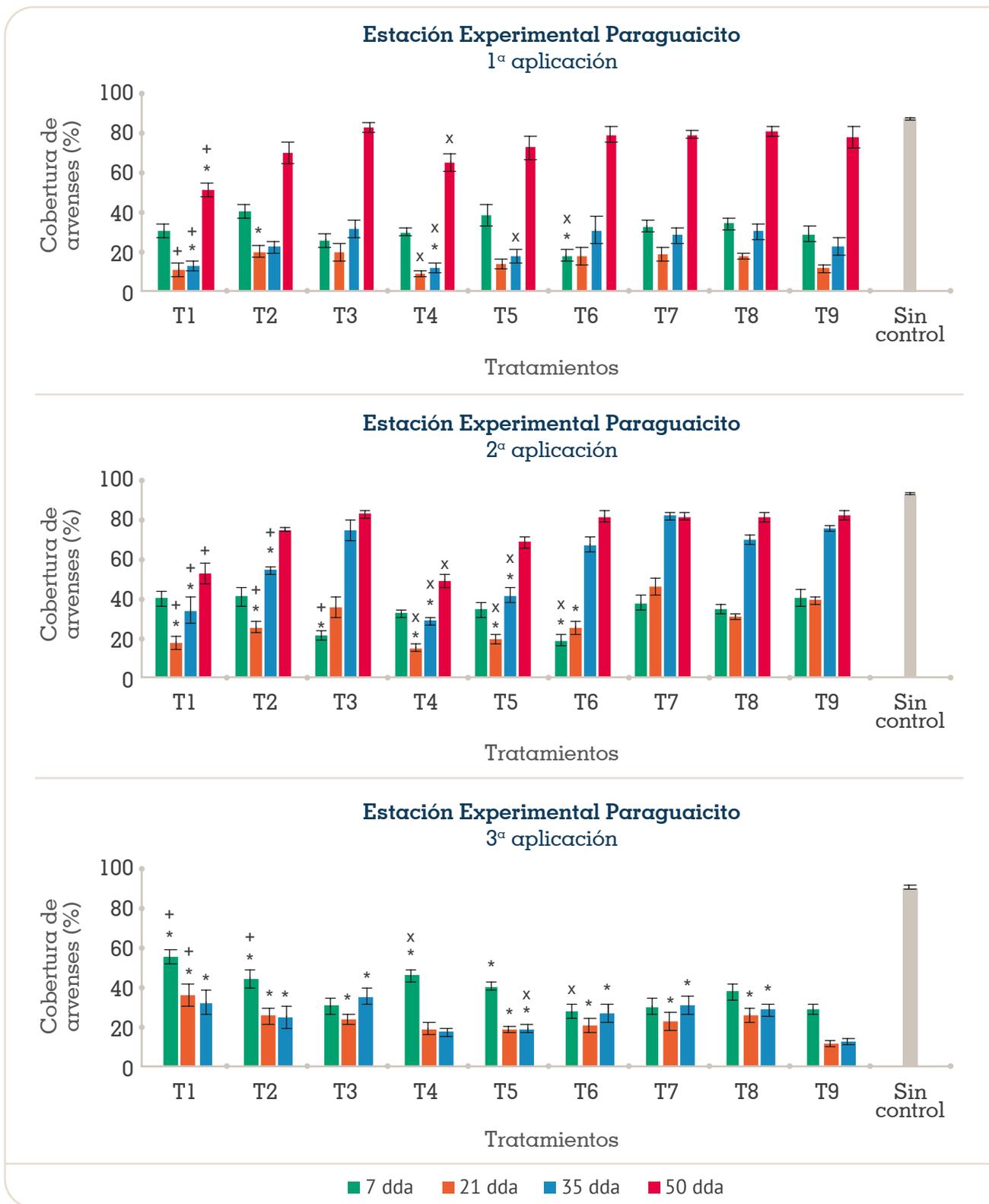


Figura 81. Respuesta de la cobertura promedio de arvenses (%) a los tratamientos en la Estación Experimental Paraguacito. *: diferencia de los tratamientos T1 a T8 respecto al testigo T9 según prueba de Dunnett al 5%. +: diferencia de los tratamientos T1, T2 y T3 respecto a T7 según prueba de contrastes al 5%. X: diferencia de los tratamientos T4, T5 y T6 frente a T8 según prueba de contrastes al 5%. Las líneas sobre las barras indican el error estándar. dda: días después de la aplicación.

Tabla 43. Promedio y error estándar de la producción de café cereza de agosto de 2018 a diciembre de 2021, en respuesta a riego y fertirriego.

Tratamiento	Número de plantas promedio por parcela (n=3)	Promedio de producción (kg de café cereza)	Coefficiente de variación (%)	Mínimo de producción (kg de café cereza)	Máximo de producción (kg de café cereza)
Testigo - Sin riego, fertilización semestral	106	1.207,2±23,8	3,4	1.160,2	1.237,7
Tratamiento 1–Con riego, fertilización semestral	109	1.107,4±13,6	2,1	1.081,2	1.126,6
Tratamiento 2–Riego y fertirriego	110	1.262,6±24,5	3,4	1.215,8	1.298,4

Tabla 44. Tratamientos evaluados como alternativa de fertilización con fósforo en etapa de establecimiento del café.

Tratamiento		Época de aplicación			Total
		En la siembra	1 MDS	10 MDS	
No.	Descripción	Dosis (g/planta de P ₂ O ₅)			
1	Testigo sin P hasta 10 MDS	0	0	0	0
2	100% DRA	0	4 (S)	5 (S)	9
3	200% DRA	0	8 (S)	10 (S)	18
4	300% DRA	0	12 (S)	15 (S)	27
5	100% (L)	0	9 (L)	0	9
6	200% (L)	0	18 (L)	0	18
7	300% (L)	0	27 (L)	0	27
8	100% DRA: 50% (L) y 50% (S)	0	4,5 (L)	4,5 (S)	9
9	200% DRA: 50% (L) y 50% (S)	0	9,0 (L)	9,0 (S)	18
10	300% DRA: 50% (L) y 50% (S)	0	13,5 (L)	13,5 (S)	27
11	100% DRA (I)	9 (I)	0	0	9
12	200% DRA (I)	12 (I)	0	0	18
13	300% DRA (I)	27 (I)	0	0	27
14	Testigo absoluto para P	0	0	0	0

MDS: Meses Después de la Siembra, DRA: Dosis Recomendada Actualmente, I: Forma Incorporada, L: Forma Localizada, S: Forma Superficial.

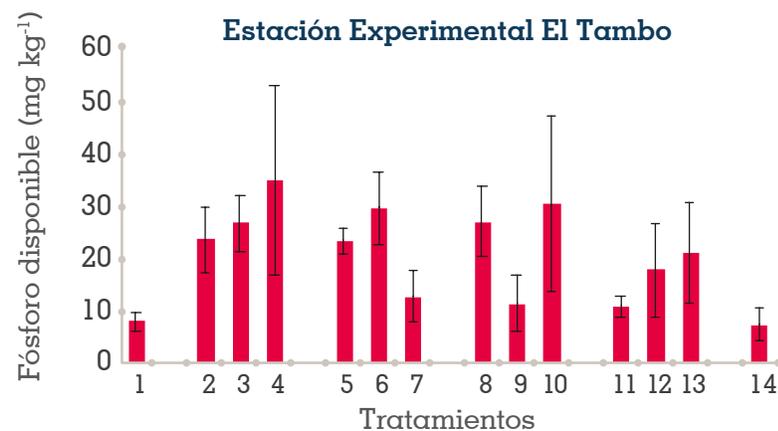
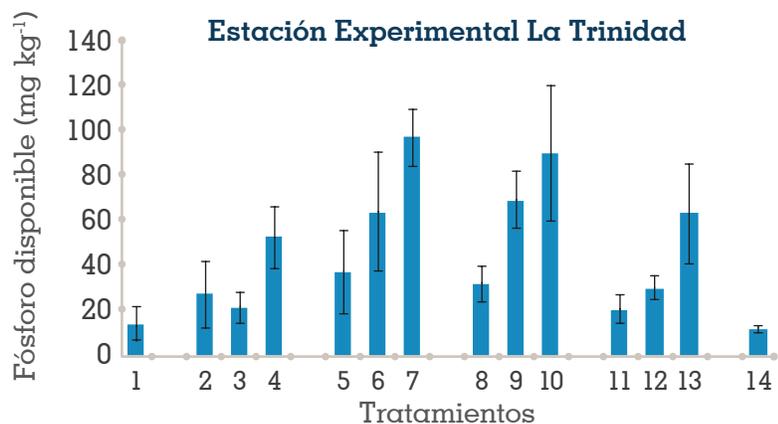
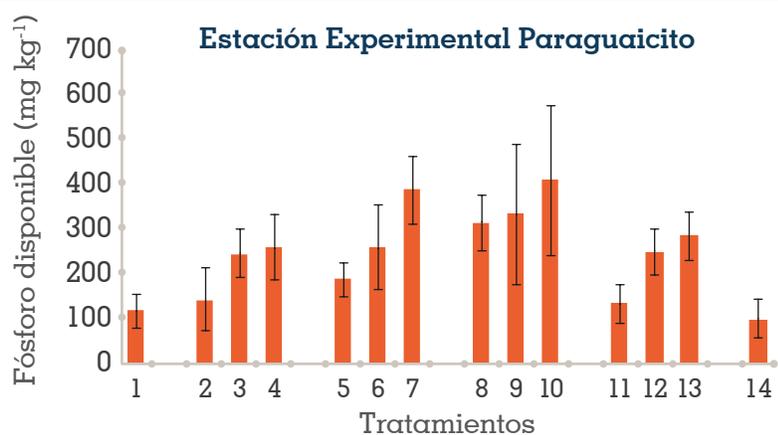
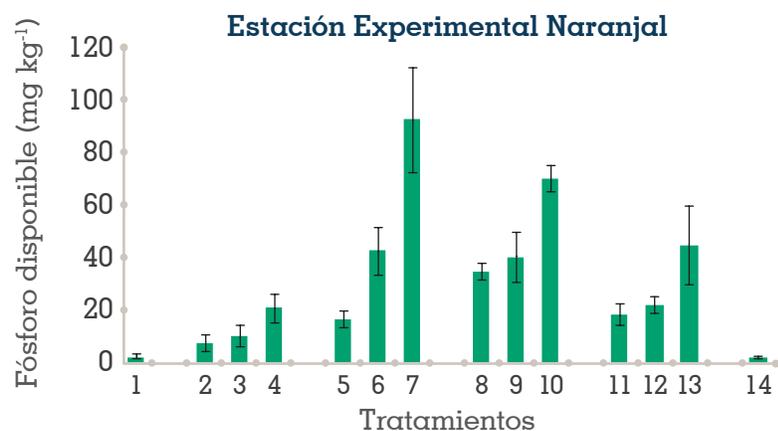


Figura 82. Efecto de los tratamientos en los niveles de fósforo disponible en el suelo. Las barras corresponden al error estándar.

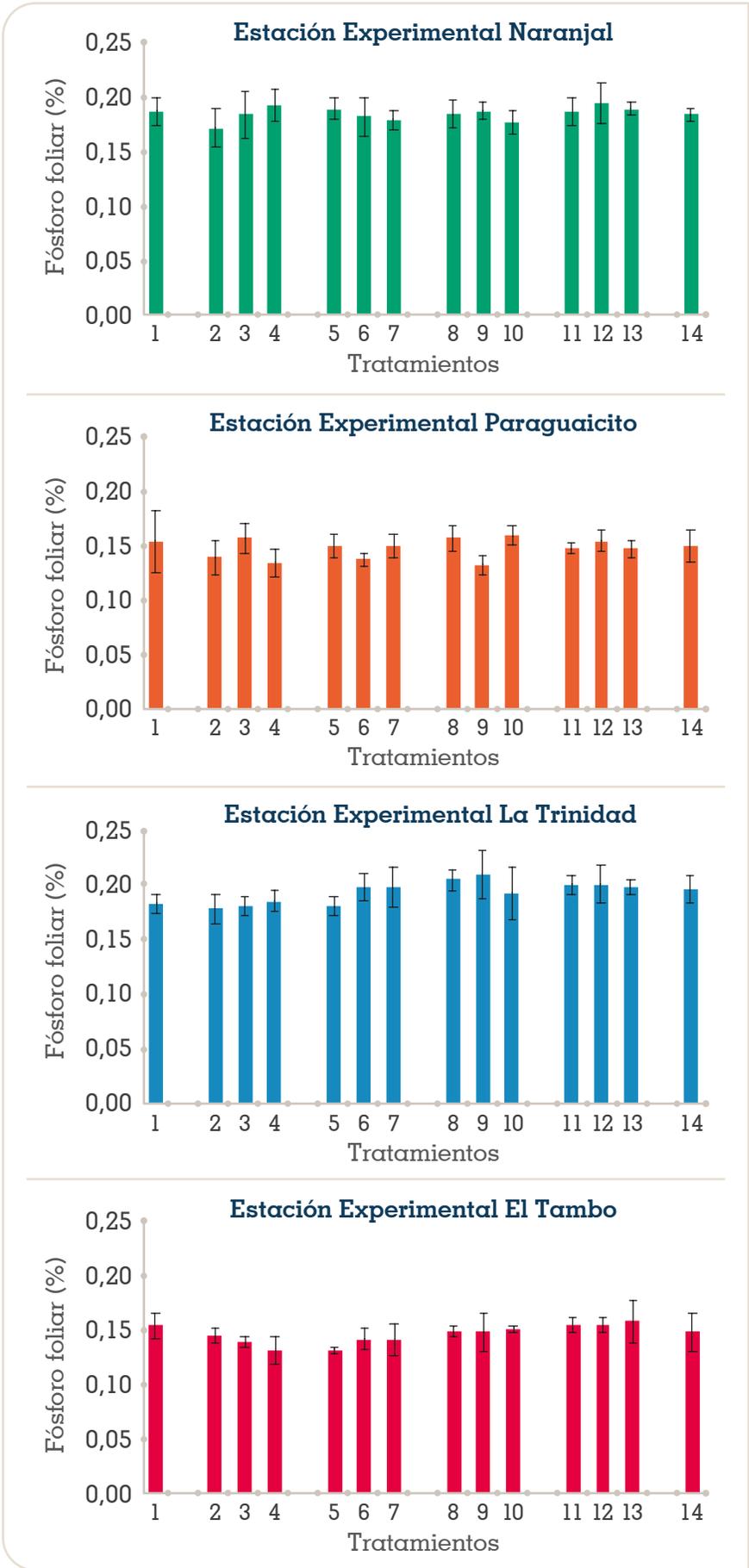


Figura 83. Efecto de los tratamientos en las concentraciones de fósforo foliar.

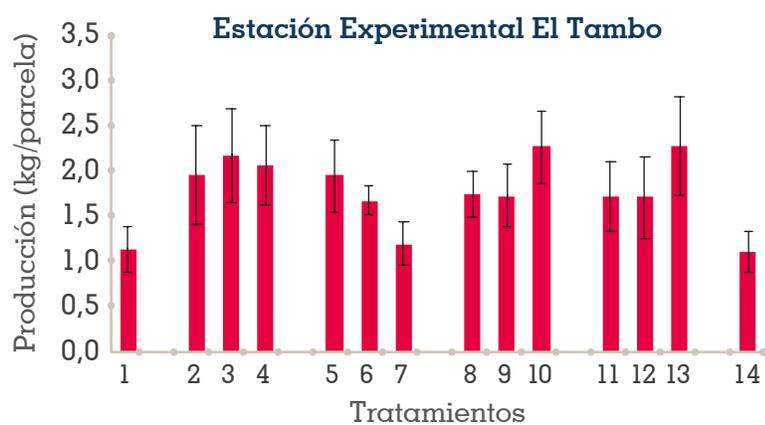
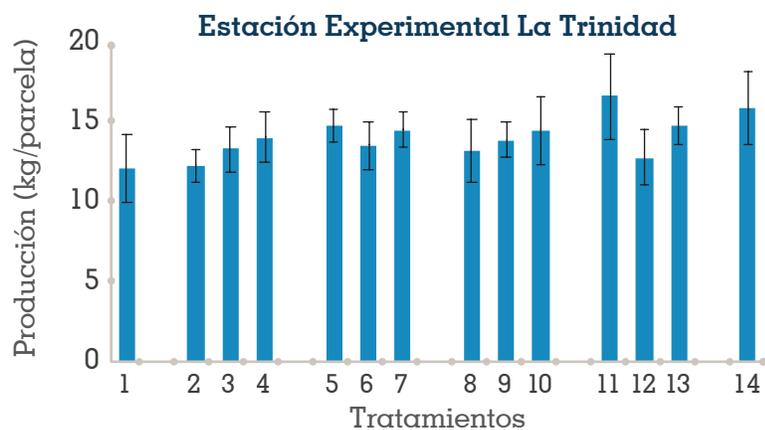
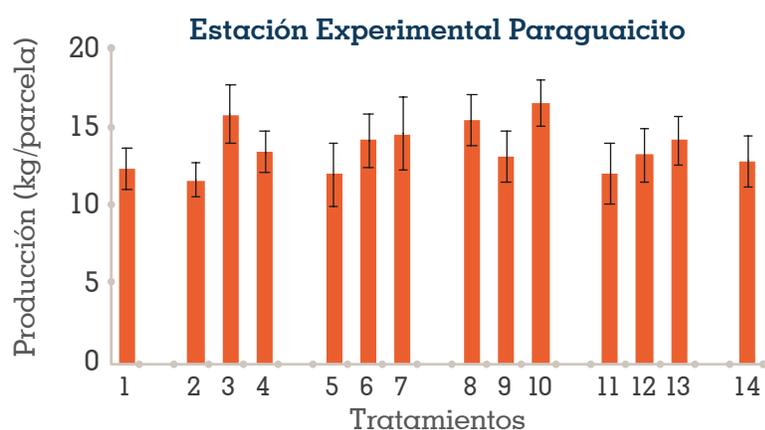
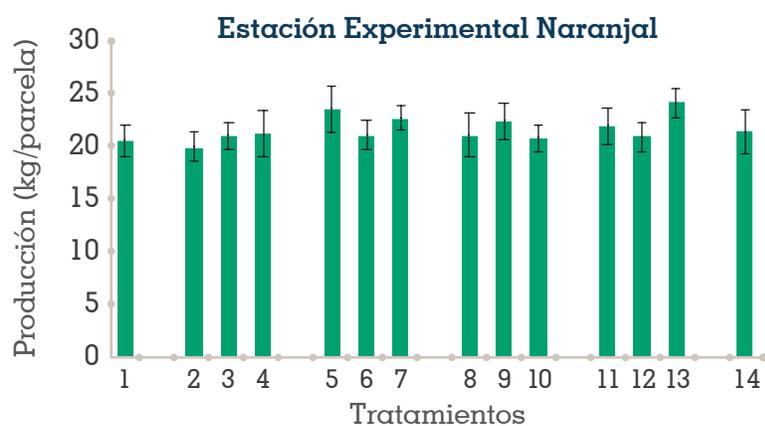


Figura 84. Valores promedio de la producción de café cereza en respuesta a tratamientos de fósforo en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé. EE: Error estándar.

Estudio de caso para los sistemas de riego por goteo y aspersión. SUE104038

En agosto del año 2019 se inició un estudio en la Hacienda El Roble, ubicada en municipio de Los Santos en departamento de Santander, cuyo objetivo es evaluar el efecto de los sistemas de riego por goteo y aspersión en la producción y calidad de café bajo sombra. El estudio se realiza en tres parcelas conformadas por 850 plantas de Variedad Castillo® general, plantadas en abril de 2018 con distancias de siembra de 1,4 m x 1,2 m, para un total de 17 surcos por parcela de evaluación. Se continuó con la medición diaria del potencial mátrico del suelo con tensiómetros ubicados a 25 y 40 cm de profundidad y las condiciones climáticas se registran de la Plataforma Agroclimática Cafetera y, de forma adicional, se mide la precipitación diaria de los pluviómetros convencionales. La producción de las plantas inició en septiembre del 2020 y hasta el agosto del 2022 se han realizado un total

de 58 pases de recolección, con los valores más altos (7.893 kg/parcela) en el mes de noviembre de 2021. Dado que a la fecha no se ha realizado la aplicación de los tratamientos, debido a que la humedad del suelo no se ha mantenido por más de una semana por encima de -40 kPa en períodos diferentes a los establecidos como necesarios para la generación del estrés para la inducción de floración, no se presenta la producción de café cereza por parcela, ya que la diferencia entre ellas no puede atribuirse a una respuesta a los tratamientos. Además, en esta vigencia se realizó la caracterización hidrofísica de los suelos de las tres parcelas experimentales (Tabla 45).

Evaluación del efecto de la aplicación de leguminosas como abono verde durante la fase de levante del cultivo del café, en la producción. SUE104041

En las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito y El Tambo, se evalúa el efecto

Tabla 45. Caracterización hidrofísica de los suelos del proyecto SUE104038.

Parcela	Profundidad	$D\alpha$	Conductividad hidráulica saturada	Capacidad de almacenamiento de agua	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
	cm							
Aspersión	0–20	$0,59\pm 0,01$	$0,19\pm 0,10$	$8,82\pm 0,71$	52,4	29,3	18,3	FA
Aspersión	20–40	$0,59\pm 0,03$	$0,67\pm 0,22$	$6,26\pm 0,20$	60,6	21,2	18,3	FA
Goteo	0–20	$0,65\pm 0,02$	$0,31\pm 0,16$	$7,62\pm 0,36$	44,4	29,4	26,1	F
Goteo	20–40	$0,57\pm 0,01$	$0,76\pm 0,16$	$4,49\pm 0,23$	59,6	14,0	26,4	FArA
Testigo	0–20	$1,36\pm 0,02$	$0,05\pm 0,02$	$8,96\pm 0,19$	64,0	17,6	18,4	FA
Testigo	20–40	$1,63\pm 0,01$	$0,01\pm 0,00$	$7,10\pm 0,12$	64,0	17,6	18,4	FA

de la aplicación de la biomasa de guandul y tephrosia, sembradas entre los surcos del café durante la fase de crecimiento del cultivo, en la cosecha del primer año del ciclo productivo. Los tratamientos (Tabla 46) consisten en la aplicación de la biomasa fresca (abono verde) de estas especies (1.000 g/planta/aplicación), complementadas con tres niveles de nitrógeno (N) correspondiente al 0%, 50% y 100% de la dosis recomendada según el análisis de suelos, utilizando urea como fuente del elemento. En Naranjal y Paraguaicito se lograron establecer las dos leguminosas en su respectiva parcela y tratamiento, mientras que en El Tambo sólo creció tephrosia. En este informe se presenta un avance de resultados correspondiente a Naranjal y Paraguaicito. La descomposición de los abonos verdes en ambas localidades estuvo entre 43%-58% durante 60 días

posteriores a su aplicación (Figura 85). Dichos materiales se destacaron principalmente por la concentración de potasio (K) y N (Tabla 47) y la magnitud de liberación de dichos nutrientes al suelo alcanzó valores de 94% y 56%, respectivamente, 30 días luego de haber sido suministrados (Figura 86). La evaluación de las variables de crecimiento de café, realizada 10 meses después de la siembra, no revela efecto de los tratamientos en Naranjal. En Paraguaicito se incrementó el diámetro de la copa de las plantas ($P < 0,0351$) por efecto del suministro de urea, como única fuente de N (Tablas 48 y 49). Considerando las dosis de los abonos verdes aplicados, su contenido nutricional y su mineralización, el café puede estar potencialmente abastecido con el N y el K_2O requeridos durante el primer año de establecimiento (Figura 87).

Tabla 46. Descripción de los tratamientos para la evaluación del efecto de la aplicación de leguminosas como abono verde.

	*Tratamiento	Porcentaje de N según dosis recomendada	Leguminosa	Biomasa fresca / aplicación (g/planta)
1	Sin N	0		
2	50% N	50	—	0
3	100% N	100		
4	Sin N–Tephrosia	0		
5	50% N + Tephrosia	50	Tephrosia	1.000
6	100% N + Tephrosia	100		
7	Sin N–Guandul	0		
8	50% N + Guandul	50	Guandul	1.000
9	100% N + Guandul	100		

*Todos los tratamientos llevan la enmienda o la fertilización con P, K o Mg (100%) según el análisis de suelo de cada localidad.

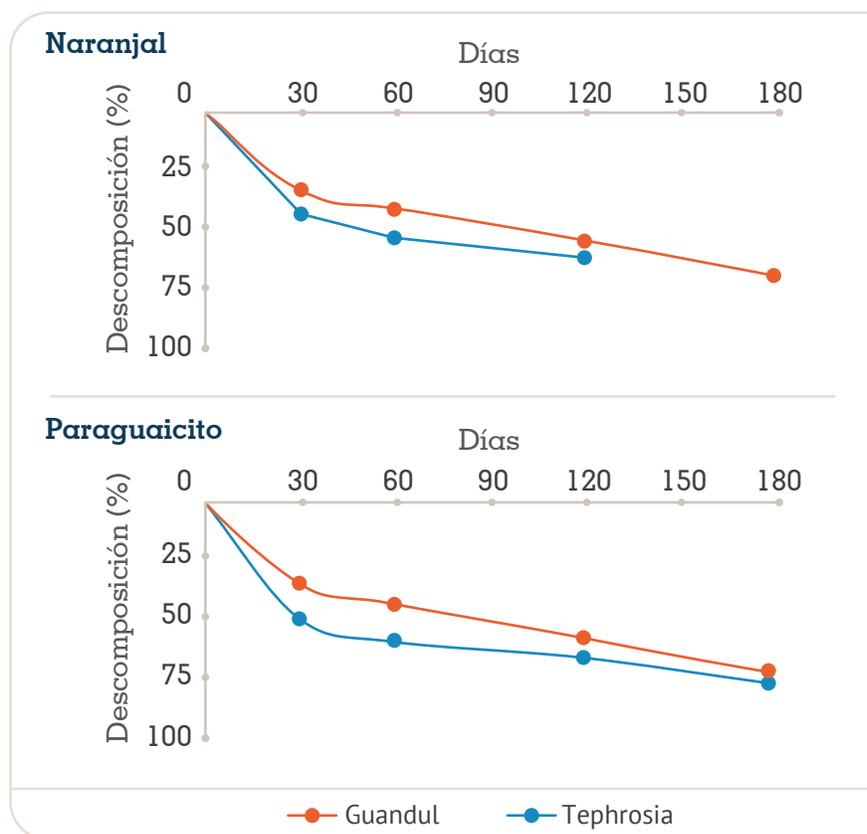


Figura 85. Descomposición de la biomasa de guandul y tephrosia aplicadas al café como abono verde en condiciones de Naranjal y Paraguaicito. Barras indican error estándar. *Evaluación de la descomposición de tephrosia en Naranjal fue posible hasta el día 120 por pérdida de unidades experimentales.

Tabla 47. Concentración de nutrientes en el guandul y tephrosia durante los dos primeros meses luego de su aplicación como abono verde, en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito.

Guandul											
Localidad	Mes	Concentración (%)									
		N	*EE	P	EE	K	EE	Ca	EE	Mg	EE
Naranjal	0	3,47	0,00	0,08	0,00	2,91	0,00	1,06	0,00	0,22	0,00
	1	2,51	0,18	0,22	0,02	0,60	0,10	1,87	0,05	0,29	0,02
	2	2,53	0,06	0,19	0,02	0,05	0,02	1,50	0,35	0,27	0,04
Paraguaicito	0	3,88	0,00	0,07	0,00	2,49	0,00	0,91	0,00	0,22	0,00
	1	2,50	0,29	0,16	0,01	0,49	0,04	1,52	0,11	0,22	0,02
	2	1,85	0,22	0,14	0,01	0,05	0,01	1,31	0,12	0,16	0,01

Continúa...

... continuación.

Tephrosia											
Localidad	Mes	Concentración (%)									
		N	EE	P	EE	K	EE	Ca	EE	Mg	EE
Naranjal	0	3,26	0,00	0,06	0,00	3,01	0,00	1,04	0,00	0,19	0,00
	1	2,47	0,12	0,27	0,02	0,49	0,10	1,41	0,05	0,24	0,02
	2	2,58	0,22	0,19	0,01	0,04	0,01	1,27	0,20	0,14	0,03
Paraguaicito	0	3,41	0,00	0,07	0,00	2,70	0,00	0,98	0,00	0,14	0,01
	1	2,92	0,16	0,25	0,03	0,33	0,03	1,60	0,12	0,25	0,01
	2	2,63	0,10	0,31	0,03	0,07	0,00	1,47	0,01	0,17	0,00

*EE: error estándar.

Tabla 48. Promedios y variación de las variables asociadas al crecimiento del café, diez meses luego de aplicar los tratamientos en Naranjal y Paraguaicito.

Tratamiento	Naranjal				Paraguaicito			
	Diámetro copa (cm)		Altura (cm)		Diámetro copa (cm)		Altura (cm)	
	promedio	*EE	promedio	EE	promedio	EE	promedio	EE
Sin N	44,11	2,09	53,78	1,19	65,39	1,91	72,24	1,33
50% N	40,19	1,56	51,60	1,56	72,53	1,72	77,89	1,41
100% N	46,75	1,27	54,06	1,27	74,56	2,06	76,68	1,54
Sin N-Tephrosia	30,54	1,32	45,28	1,16	62,03	1,89	71,51	1,59
50% N + Tephrosia	33,45	1,21	47,47	1,00	60,93	1,84	69,35	1,71
100% N + Tephrosia	34,94	1,32	49,01	1,25	62,57	1,70	70,28	1,61
Sin N-Guandul	39,47	1,67	52,95	1,35	65,38	1,79	71,21	1,36
50% N + Guandul	40,51	2,21	52,54	1,24	67,06	1,72	68,99	1,28
100% N + Guandul	41,86	2,20	53,27	1,15	65,28	1,68	70,58	1,08

*EE: Error estándar.

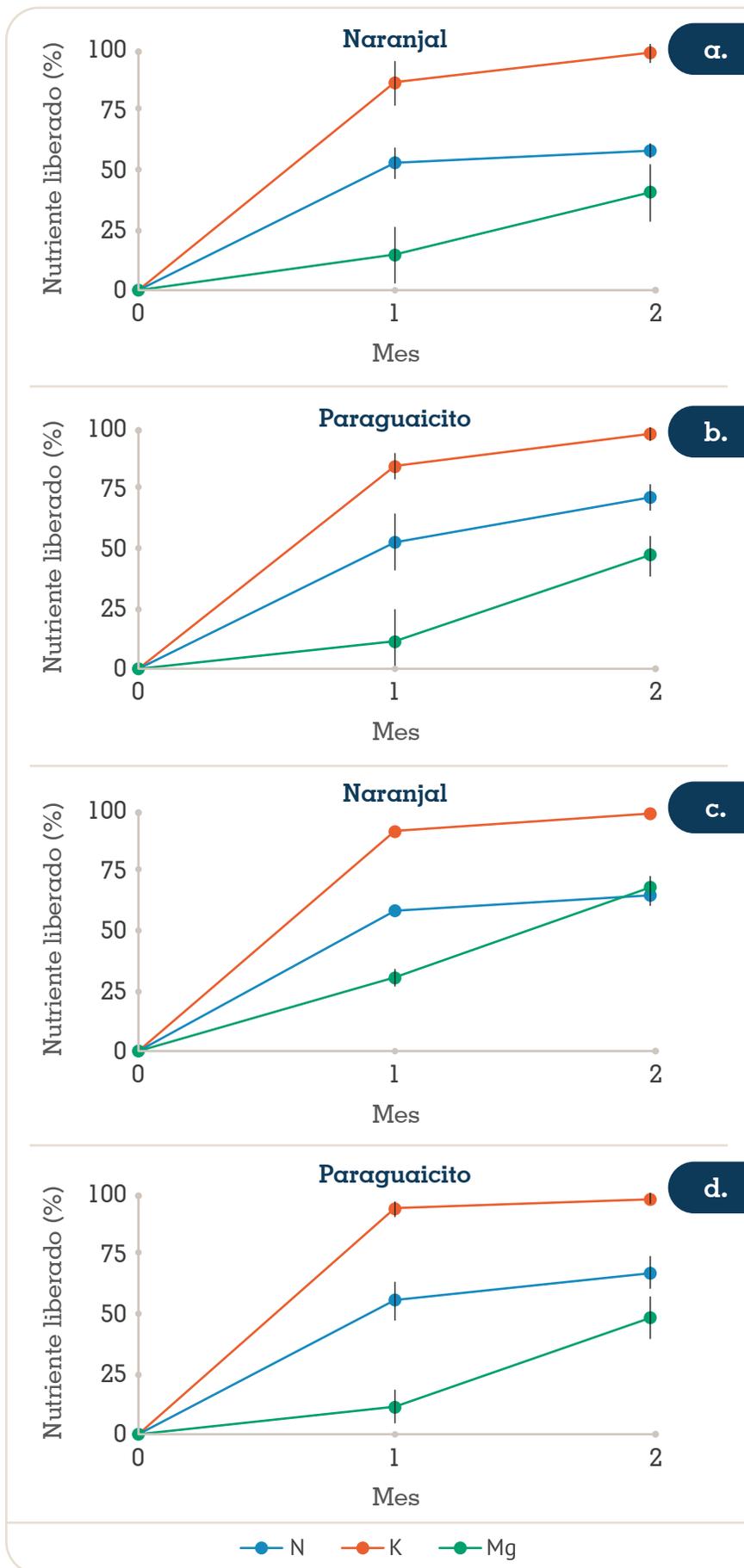


Figura 86. Porcentaje (%) promedio de N, K y Mg liberado a partir de **a-b.** Guandul (Naranjal y Paraguaicito) y **c-d.** Tephrosia (Naranjal y Paraguaicito), aplicados como abono verde a plantas de café en estado de crecimiento vegetativo. Barras indican error estándar.

Tabla 49. Prueba de contrastes y nivel de significancia para la variable diámetro de las plantas de café, en Paraguaicito.

Contraste	P value
Sin N vs 50% N y 100% N	0,0351*
Sin N vs tephrosia sin N, 50% N + tephrosia, 100% N + tephrosia	0,4032 ns
Sin N vs guandul sin N, 50% N + guandul, 100% N + guandul	0,3736 ns

*Significativo según prueba de contrastes al 5%.

ns: No significativo.

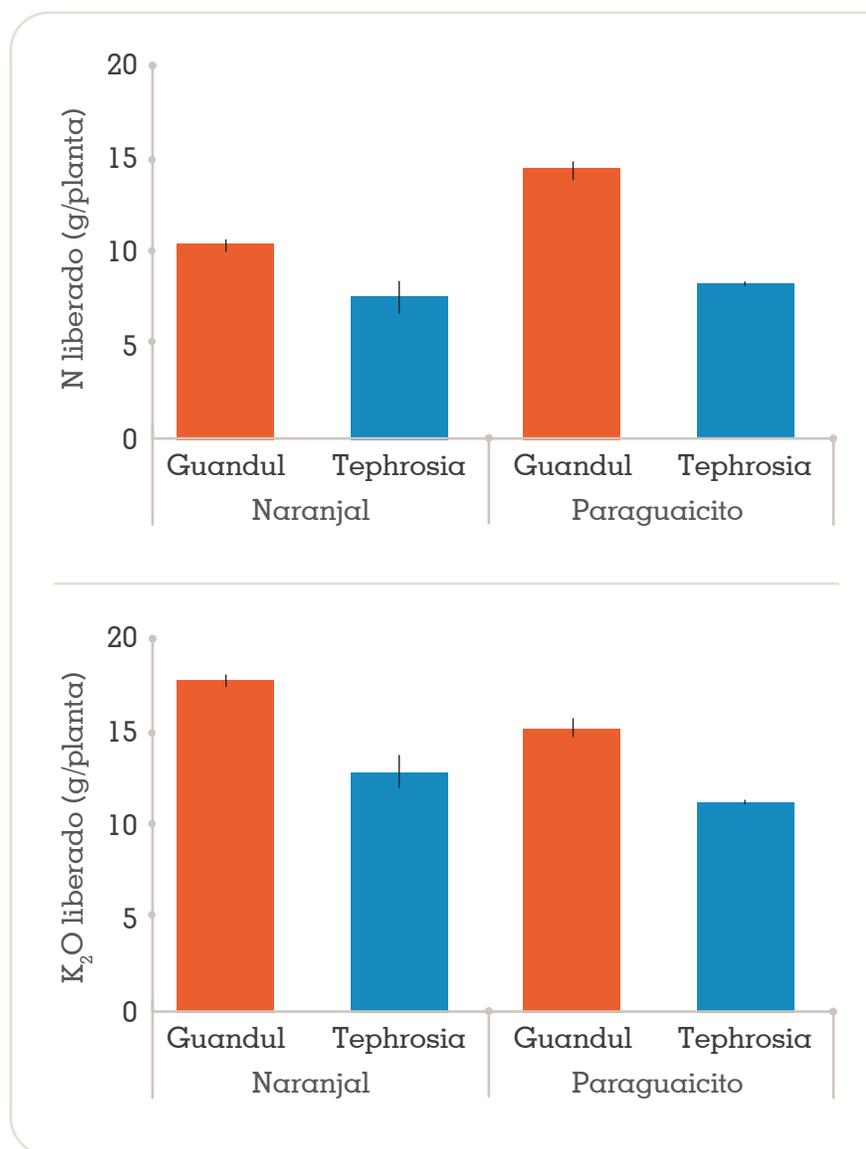


Figura 87. Nitrógeno (N) y potasio (K₂O) liberados a partir del guandul y la tephrosia, dos meses luego de su aplicación como abono verde a plantas de café en estado de crecimiento vegetativo. Barras indican error de estimación al 95%.



Disciplinas de apoyo a la investigación





DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA

Durante la vigencia se realizaron las siguientes publicaciones:

- Los Avances Técnicos del No. 531 al 542
- La Revista Cenicafé Volumen 72 No. 2 de 2021 con 8 artículos científicos y Volumen 73 No. 1 de 2022 con 6 artículos.
- El Boletín Técnico No. 47. Modelo de simulación para el comportamiento de la infestación por broca en el cultivo del café
- Los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 74 al 85
- Los Boletines Fitosanitarios de la Caficultura Colombiana No 1 al 4
- El Anuario Meteorológico Cafetero 2020
- Los siguientes libros: Informe Anual de Actividades de Cenicafé 2021, Nutrición del Café. Consideraciones para el manejo de la fertilidad del suelo, Memorias Seminarios Científicos 71º, Construya y opere un humedal artificial para el postratamiento de las aguas residuales de su finca cafetera, Construya y opere su sistema séptico para el tratamiento de las aguas residuales de la vivienda de su finca cafetera, Guía Más Agronomía,

Más Productividad, Más Calidad (tercera edición), Arvenses frecuentes en el cultivo del café en Colombia y Análisis económico de tecnologías para la producción de café en Colombia.

Se produjeron 20 volantes técnicos sobre Manejo Integrado de Enfermedades del café y 7 prácticas clave para el beneficio de café de calidad, Fertilización de cafetales – Una práctica que determina la producción actual y la futura, y Renovación de cafetales – Una práctica para una Caficultura rentable

Participación en Ferias

Durante el 2022 Cenicafé participó en la 3ª Feria de Maquinaria Agrícola – Bucaramanga, la feria Cafés Especiales del Cauca – Popayán y Feria Expo Eje 2022 – Montegro (Quindío), Deria Cafés de Colombia Expo 2022, así como en la actividad virtual 2da Feria Internacional Innovación Agropecuaria.

Visitas

Durante la vigencia se recibieron 543 visitantes en 32 actividades presenciales, de las cuales se pueden resaltar los días de campo en la Estación Experimental Naranjal como el Día de campo “Cosecha asistida” con los delegados de las Secretarías

de Agricultura de varios departamentos, así como las jornadas con el Subcomité Técnico, los Directores Ejecutivos y el Comité Directivo de la FNC

Distribución de publicaciones y redes sociales de Cenicafé

www.cenicafe.org y agroclima.cenicafe.org

Durante la vigencia la página de Cenicafé tuvo 110.028 usuarios y 898.728 visualizaciones. El 66% de las personas que consultaron la página son de Colombia, el 7,04% de Estados Unidos, el 4,76% de México, 3,77% de Perú y 1,83% de Venezuela. Con respecto a la página Agroclima.Cenicafé.org tuvo 20.803 usuarios y 184.823 visualizaciones. El 85,36% de las personas que consultaron la página son de Colombia, el 2,20% de Estados Unidos, el 1,24% de Venezuela, el 1,01% de Pakistán y el 0,90% de India.

Youtube

Se realizaron 22 Seminarios Científicos virtuales, se publicaron 15 videos de Un Minuto de Avance Cenicafé, 8 Cafetips, y 9 videos Tutoriales, con 640.800 impresiones, a través del canal de YouTube Cenicafé cuenta con 3.560 suscriptores, con un aumento del 30% con respecto al 2021.

Redes sociales (Twitter, Instagram, Facebook)

Como estrategia virtual para la divulgación de las publicaciones, tecnologías y eventos, se utilizaron las cuentas de Twitter de Cenicafé (@Cenicafe), con 5.810 seguidores (aumento del 11,4%) y 135.765 visualizaciones de las publicaciones. Instagram (Cenicafe) con 5.311 seguidores (aumento del 27% con respecto al 2021) y 134.545 visualizaciones de las publicaciones. La cuenta de Facebook (Cenicafe FNC) cuenta con 7.300 seguidores y más de 974.000 visualizaciones de las publicaciones durante la vigencia del informe.

En el 2021 se enviaron 287.000 correos electrónicos motivando el ingreso a las diferentes secciones del portal de Cenicafé mediante el Tome Nota y las invitaciones a los seminarios científicos a los suscriptores del portal y al Servicio de Extensión. En cuanto a la distribución física de publicaciones se entregaron 84.631 ejemplares a Comités de Cafeteros, caficultores y demás colaboradores de la FNC.

Durante el período octubre 2021 y septiembre 2022 Cenicafé tuvo más de 3.400.000 visualizaciones de sus publicaciones a través de las páginas web, redes sociales, correos electrónicos y entrega física de las publicaciones.

TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Aplicación: Diagnóstico continuado de broca, roya, otras plagas y enfermedades (Actualización)

Se implementó la “ID de la labor educativa” en la aplicación para el registro de la información del diagnóstico (Figura 88). Los extensionistas durante la medición del sondeo fitosanitario y proyección de producción, deberán crear la labor educativa en el Sistema de Información Cafetero de Colombia (SICA) y registrar en el aplicativo del sondeo el ID correspondiente a la labor educativa asignada en el SICA.

Aplicación: Caracterización agroclimática

Se desarrolló e implementó una aplicación para la zonificación agroclimática y el comportamiento de las variables climáticas, según la climatología (promedio histórico) y bajo los escenarios de variabilidad El Niño Oscilación Sur (ENOS), El Niño, La Niña y Neutro (Figura 89).

Aplicación: Boletín agrometeorológico cafetero

Se desarrolló e implementó una aplicación que permite registrar, administrar y controlar el boletín agrometeorológico cafetero que

se publica de forma mensual, y contiene la información climática de la región cafetera de Colombia para cada uno de los meses del año, y su relación con las prácticas agronómicas para el cultivo del café, dependiendo de la región cafetera y el estado de crecimiento del cultivo (Figura 90).

Sistema de Información y Gestión Administrativa de Investigaciones (SIGA): Plan operativo

Sistemas de información desarrolló una aplicación que permite administrar y visualizar los proyectos a ejecutar durante la vigencia del año en curso, con base en los lineamientos establecidos en el Portafolio y las necesidades de la caficultura (Figura 91).

SIGA: Implementación de la interfaz de usuario

En colaboración con la disciplina de Divulgación y Transferencia, se diseñaron e implementaron las interfaces gráficas de usuario para cada uno de los módulos y aplicaciones que estarán disponibles en el Sistema de Información y Gestión Administrativa de Investigaciones (SIGA). En este proyecto fueron elaborados a detalle los logos, imágenes, colores, botones, encabezados, tablas, tipografía, espacios y posiciones (Figura 92).

Figura 88. Diagnóstico continuado de broca, roya, otras plagas y enfermedades – ID labor educativa.

Figura 89. Caracterización agroclimática.



Figura 90. Aplicación para la administración del Boletín agrometeorológico cafetero.



Figura 91. SIGA - Plan operativo.

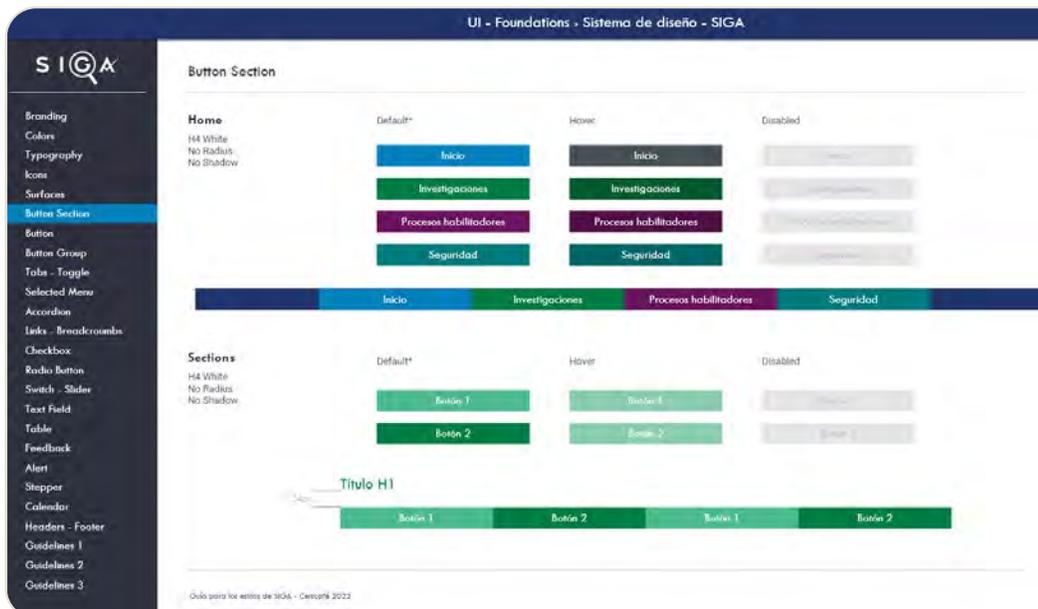


Figura 92. Interfaz de usuario SIGA.

Sistema de Información de Calidad – SIQ

El desarrollo del Sistema de Información de Calidad SIQ continúa con seis componentes y 39 servicios web finalizados (Figura 93):

Mis solicitudes. Permite a los investigadores gestionar las solicitudes de análisis físico-sensorial de los proyectos, la descarga y envío de los formatos de las muestras.

Gestionar análisis físico. Permite al administrador del análisis físico registrar las diferentes variables que componen el análisis físico de una muestra.

Programador análisis sensorial. Permite al administrador del sistema elegir y programar las muestras que serán procesadas en el panel de catación.

Orden análisis sensorial. Permite al administrador de muestras reportar el orden correcto en el que serán catadas las muestras.

Gestionar análisis sensorial: Permite a los diferentes catadores del panel registrar las características que permiten conocer los atributos de fragancia, aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance y los defectos del café.

INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA

Actualización Anillo de Fibra

Se actualizó la tecnología de los equipos Switch de acceso de los Edificios 2 y 3 de Cenicafé Planalto. Actualmente la red LAN se compone de dos anillos de fibra a 10G con equipos Juniper EX4200, estos equipos ya están en el fin del ciclo de vida, por esto es necesario la renovación en dos fases de todos los SW de acceso de la sede.

Canal alternativo internet y SD-WAN

Uno de los puntos a mejorar en cuanto a la conectividad a internet ha sido la redundancia

de la conexión al exterior de Cenicafé, por lo que este año se implementó una nueva arquitectura de conectividad, permitiendo una mayor disponibilidad, con un canal ajustado en velocidad de respaldo, con conmutación automática de 15 mbps, que soporta los servicios mínimos, reduciendo el impacto en los cortes de fibra que se han presentado por factores externos a la empresa.

Renovación Fase II (Servidores Datacenter)

Este año se ejecutó la segunda fase de renovación tecnológica del Datacenter, con la adquisición de dos nuevos servidores tipo rack para Oracle y Netbackup, así como la renovación de los switches de SAN, lo que permitirá renovar en su totalidad los servidores y switches actuales, reducir los costos de mantenimiento y soporte y aumentar significativamente las capacidades de procesamiento de todos los servidores y fortalecer las capacidades de crecimiento a nuevas investigaciones del centro.

Soporte y actualización de equipos de computo

El soporte a los usuarios continúa de forma remota (Anydesk) y de forma física, en conjunto con la actualización de equipos al sistema operativo (21H2), configuración de firmas digitales (158 firmas), readecuación del centro de datos (CC1.2), adecuación del auditorio y soporte en videoconferencias (streaming) y seminarios.

CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

El Centro de Documentación y Biblioteca Alberto Machado Sierra, en el año 2022, mantiene su esfuerzo en continuar con el proyecto de sistematización con sus tres productos digitales: Catálogo en Línea (KOHA), Repositorio digital (Dspace) y el Open Journal System (OJS):

- El producto KOHA fue instalado en el 2020; en el año 2022 continuó el

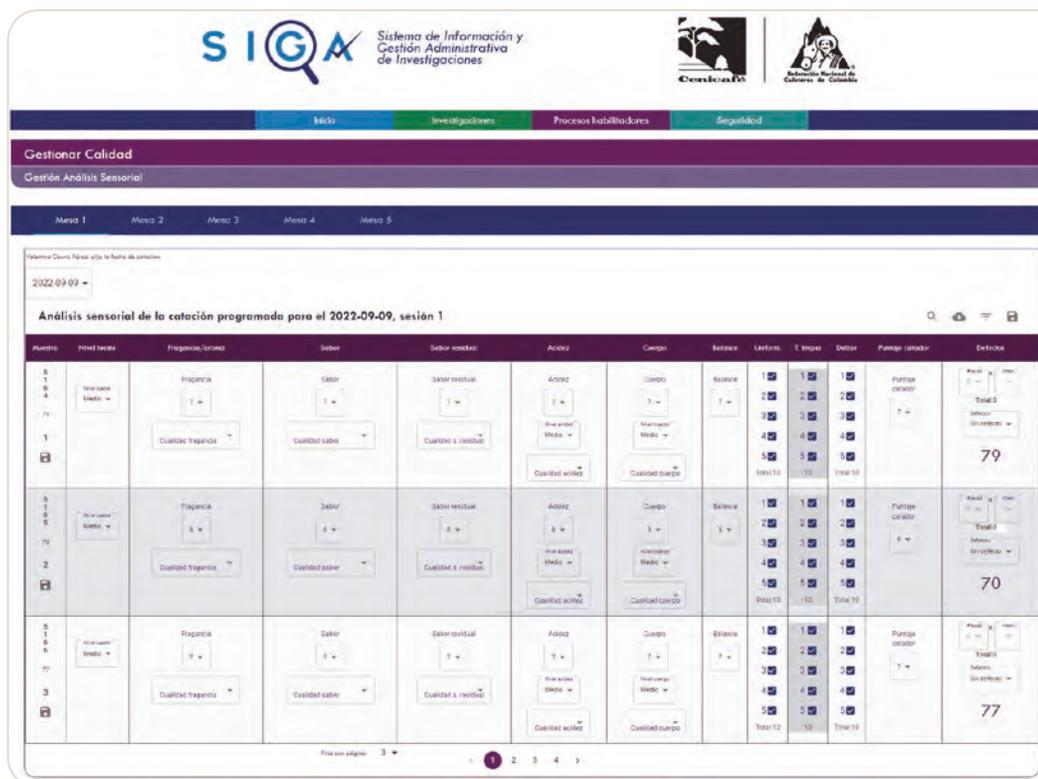


Figura 93. Interfaz del Sistema de Información de Calidad - SIQ.

alistamiento de los datos para disponer su colección bibliográfica de las bases de datos Agros 2022 (70.815 registros) y CENIC con 40.073 registros. Igualmente se digitalizaron y registraron 931 archivos en formato pdf para la plataforma KOHA y Dspace.

- El proyecto OJS inició en diciembre de 2020 (Planeado), en el año 2021 se realizó el diseño completo con la nueva imagen, durante la mitad del año 2021 y 2022 se ha parametrizado e ingresado el contenido de tres publicaciones seriadas del total de 11 (Figura 94). Incluyendo menús (tres idiomas), portadas, autores, filiaciones, resúmenes, palabras clave, DOI asignados (257 DOI), CrossMark (70), referencias, licencias, páginas, eLocator y citación. A la fecha, el Centro de Documentación con su membresía anual ha registrado 257 DOI para publicaciones seriadas y libros.
- En conjunto con sus tres productos, el Centro de Documentación realizó el trámite para que Cenicafé fuera inscrito en el programa de **Funder Registry**, programa de colaboración entre editoriales académicas y organismos de financiación que apoya una forma estándar de informar sobre las fuentes de financiación de la investigación académica publicada. El trámite tuvo una duración de un año y finalmente se calificó en el programa (<https://doi.org/10.13039/100019597>).
- Se realizó el trámite para obtener un ROR (Registro de Organizaciones de Investigación) (Figura 95), el cual fue obtenido en marzo de 2022 (<https://ror.org/03q60bw50>). Los próximos pasos para Cenicafé es socializar el uso del ROR en las publicaciones externas y dentro del OJS de Cenicafé incluir un plugin para realizar un proceso fácil de ingresar a la publicación.
- En el año 2021 se aprobó una publicación seriada bajo la categoría de Minciencias como Circulación de conocimiento especializado, titulada Memorias Seminario Científico Cenicafé. Durante el año 2022 se

publicaron las memorias de 71° Seminario con 45 seminarios. Dentro del portal OJS (Figura 96) fue configurada la publicación y está disponible en el siguiente vínculo: <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/memorias/issue/view/103>.

- El Centro de Documentación también brinda servicios como: capacitaciones en

APA-Zotero y ORCID, Servicio y capacitación de Ouriginal (Plataforma de similitud de texto), 138 Solicitudes de información de diferentes disciplinas, 29 revisiones de literatura en productos de investigación (APA 7ª Edición) y 16 registros de publicaciones externas producidas en Cenicafé (5 en Q4, 2 en Q3, 4 en Q2, 4 en Q1, y 1 No Aplica) (Tabla 50).

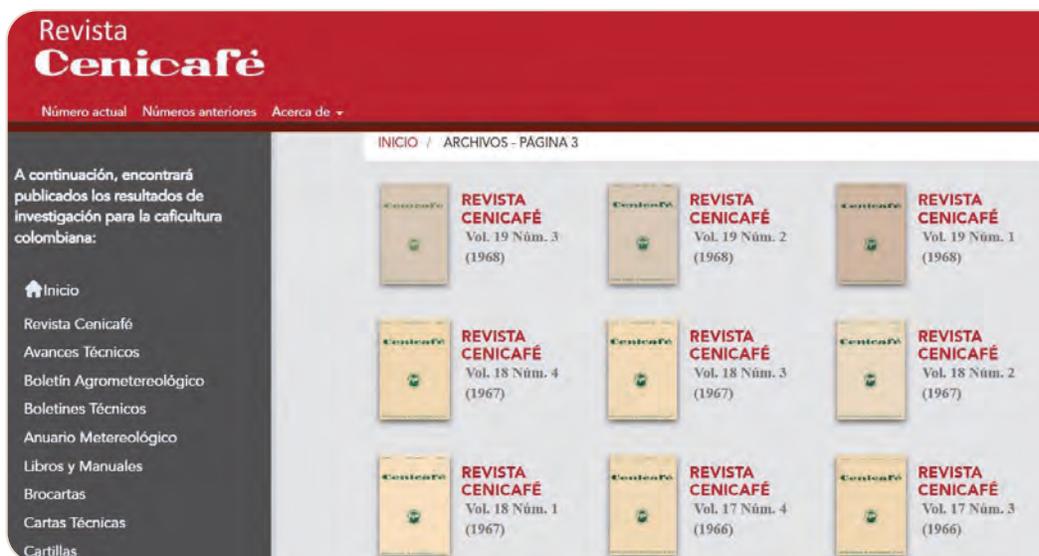


Figura 94. Open Journal System (OJS).



Figura 95. Funder registry.

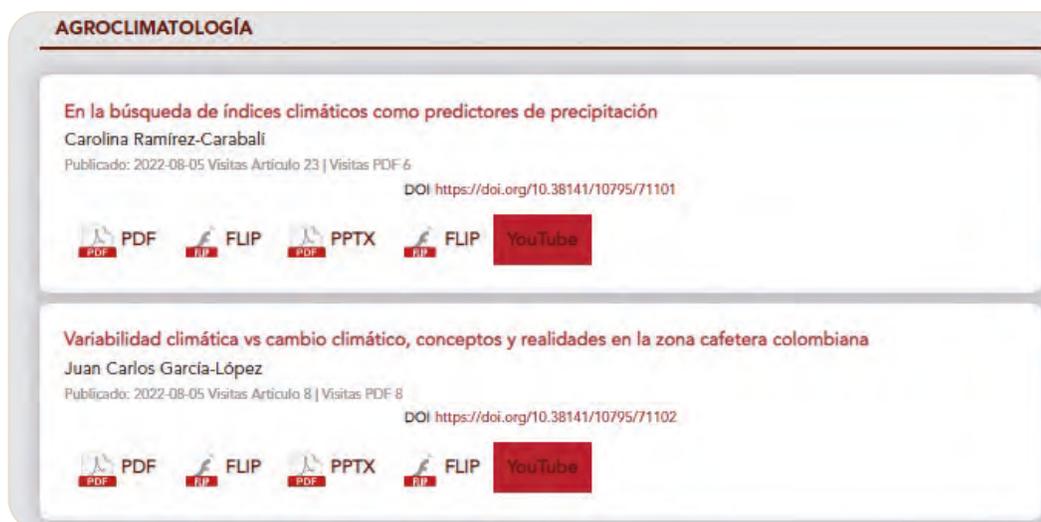


Figura 96.
Memorias de
Seminario en OJS.

Tabla 50. Publicaciones externas.

Tipo	Título	Disciplina	DOI	Q
Artículo Revista Extranjera	Continuity of daily temperature time series in the transition from conventional to automated stations for the Colombian coffee network	Agroclimatología	https://doi.org/10.1002/met.2054	Q3
Artículo Revista Extranjera	Evapotranspiration and crop coefficients for coffee production systems in Colombia using the eddy covariance method	Agroclimatología	https://doi.org/10.1002/agj2.20960	Q1
Capítulo de Libro	Coffee pests. In F. Asiegbu & A. Kovalchuk (Eds.), Forest Microbiology: Tree Diseases and Pests (1st ed., Vol. 3, pp. 213–225)	Entomología	https://www.elsevier.com/books/forest-microbiology/asiegbu/978-0-443-18694-3	No aplica
Preprint	Diversity of bacterial symbionts associated with the tropical plant bug <i>Monalonion velezangeli</i> (Hemiptera: Miridae) revealed by high-throughput 16S rRNA sequencing	Entomología	https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2022560/v1	Q1

Continúa...

... continuación.

Tipo	Título	Disciplina	DOI	Q
Artículo Revista Extranjera	Methodology to Test Control Agents and Insecticides Against the Coffee Berry Borer <i>Hypothenemus hampei</i>	Entomología	https://doi.org/10.3791/63694	Q2
Artículo Revista Nacional	Predatory capacity of the ants <i>Solenopsis picea</i> and <i>Crematogaster crinosa</i> on the coffee berry borer <i>Hypothenemus hampei</i> in the field with an attractant solution	Entomología	https://doi.org/10.25100/socolen.v48i2.11353	Q4
Preprint	Taxonomic and functional diversity of flower-visiting insects in coffee crops in Colombia	Entomología	https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2038924/v1	Q1
Artículo Revista Extranjera	The Wheel Bug <i>Arilus gallus</i> (Hemiptera: Reduviidae): Life History and Description of Immature Stages.	Entomología	https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.3.551	Q3
Artículo Revista Extranjera	Effect of fruit load of the first coffee harvests on leaf gas exchange	Fisiología	https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5169865	Q2
Artículo Revista Extranjera	Can prolonged conditions of water deficit alter photosynthetic performance and water relations of coffee plants in central-west Colombia?	Fitotecnia	https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.06.034	Q2
Artículo Revista Extranjera	Soil Waterlogging Conditions Affect Growth, Water Status, and Chlorophyll "a" Fluorescence in Coffee Plants (<i>Coffea arabica</i> L.)	Fitotecnia	https://doi.org/10.3390/agronomy12061270	Q1

Continúa...

... continuación.

Tipo	Título	Disciplina	DOI	Q
Artículo Revista Extranjera	Identifying Coffea genotypes tolerant to water deficit	Mejoramiento genético	https://doi.org/10.25186/v17i.1994	Q4
Artículo Revista Nacional	Review on the coffee berry borer, <i>Hypothenemus hampei</i> (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), with emphasis on resistance by antibiosis and antixenosis	Mejoramiento genético	https://doi.org/10.25100/socolen.v48i2.11172	Q4
Artículo Revista Extranjera	Searching for a Coffee variety with antibiosis effect to <i>Hypothenemus hampei</i> Ferrari (Coleoptera: Curculionidae)	Mejoramiento genético	https://doi.org/10.1007/s10681-022-03047-3	Q2
Artículo Revista Nacional	Evaluation of a rapid method to determine lime requirements in acid soils of the Colombian coffee zone	Suelos	https://doi.org/10.18257/raccefyn.1405	Q4
Artículo Revista Nacional	Plant growth and phosphorus uptake of coffee seedlings through mycorrhizal inoculation	Suelos	https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v40n1.98599	Q4
Capítulo de libro	Advances in Arabica coffee breeding: developing and selecting the right varieties. In: Climate-smart production of coffee: Improving social and environmental sustainability. Muschler, R. (Ed.).	Mejoramiento genético	https://dx.doi.org/10.19103/AS.2021.0096.13	No aplica

Cenicafé

Al servicio de los caficultores colombianos, desde 1938



Recursos humanos y financieros

Cenicafé

io de los caficultores colombianos, des





UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

El principal ingreso de Cenicafé es la transferencia que le realiza la Federación de Cafeteros (FNC) para el desarrollo de los proyectos de Investigación y Experimentación Científica.

El presupuesto de Cenicafé en el año 2022 asciende a \$35.706 millones, que corresponden a \$23.171 millones de recursos transferidos por la FNC, \$6.535 millones por aprovechamientos y \$6.000 millones por concepto de convenios de cofinanciación con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales (Figura 97).

Los recursos para la nómina fija, son los que mayor participación tienen en el presupuesto de Cenicafé (Figura 98).

El presupuesto de convenios de cofinanciación del año 2022 asciende a \$6.000 millones, de los cuales \$843 millones corresponden a ocho convenios que han estado vigentes durante el año y \$5.157 millones a proyectos que se encuentran en proceso de formulación y gestión, especialmente el relacionado con el Fondo Verde del Clima (Tabla 51).

La Gestión del Talento Humano en Cenicafé comprende la selección, contratación,

inducción, desarrollo, gestión de seguridad y salud, administración de servicios y desvinculación de trabajadores. En el marco del Sistema de Gestión Integral, desde los componentes de Calidad, Ambiental y Seguridad y Salud, se han implementado estrategias de formación con el fin de desarrollar y/o fortalecer las competencias y el conocimiento de los trabajadores. Durante este período, en conjunto con los diferentes grupos de apoyo, responsables de Programas Ambientales, Seguridad y Salud, COPASST y Brigada, se gestionó el plan de capacitación para Cenicafé. Se desarrollaron alrededor de 50 capacitaciones, talleres, diplomados, congresos, entrenamientos, entre otros, que fueron ofertados a los colaboradores.

Adicionalmente, a través de diferentes campañas de comunicación, aproximadamente 25, las cuales fueron elaboradas en conjunto con el área de Divulgación y Transferencia y difundidas a través de correos electrónicos, lista de difusión, televisores y página web, se socializaron los elementos principales de cada uno de los programas ambientales (Uso Eficiente de la Energía, Residuos Sólidos, Gestión del agua, Gestión integral de Productos Químicos, Educación ambiental, entre otros); destacándose en este

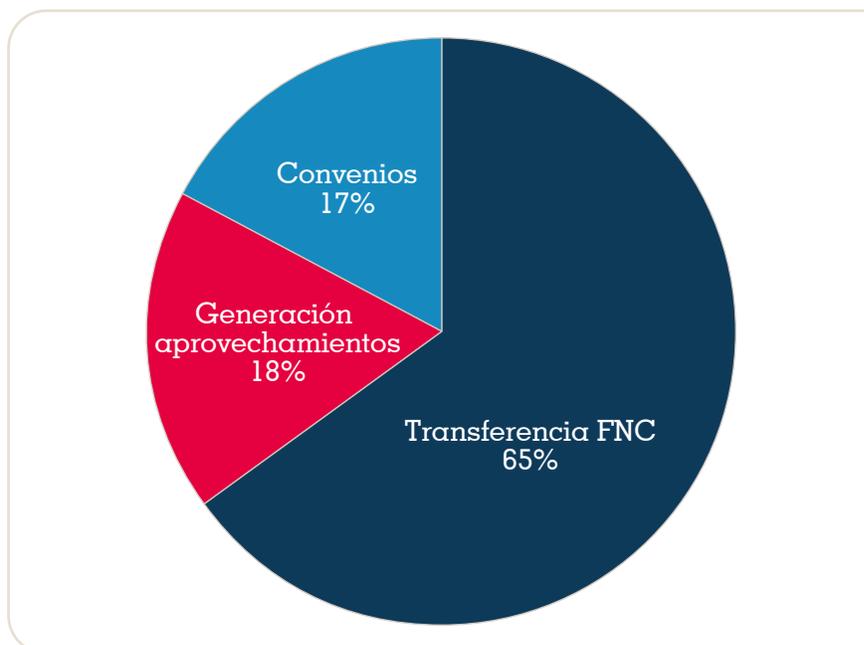


Figura 97. Composición del presupuesto total de Cenicafé 2022.

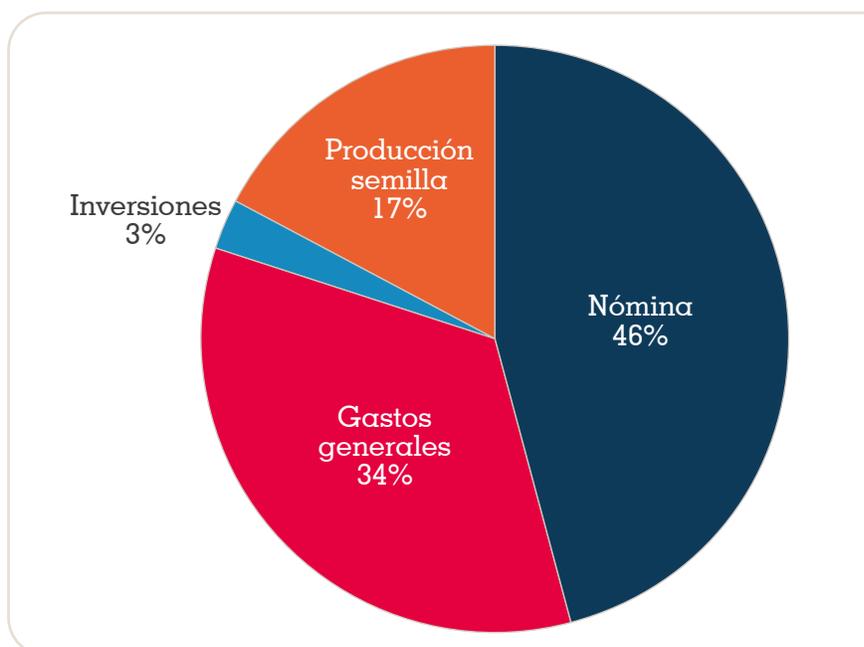


Figura 98. Presupuesto recursos propios por concepto.

período las campañas sobre el cambio de normatividad para la disposición de residuos, los reconocimientos y comparendos por el uso de los recursos y los videos del SGI para visitantes y contratistas.

Al cierre del período, se contaba con 191 colaboradores en las disciplinas de investigación y apoyo del Centro (65% de hombres y 35% de mujeres). El 63% de los colaboradores del Centro cuenta con

formación superior y de éstos, el 66% tiene formación pos gradual (Figura 99).

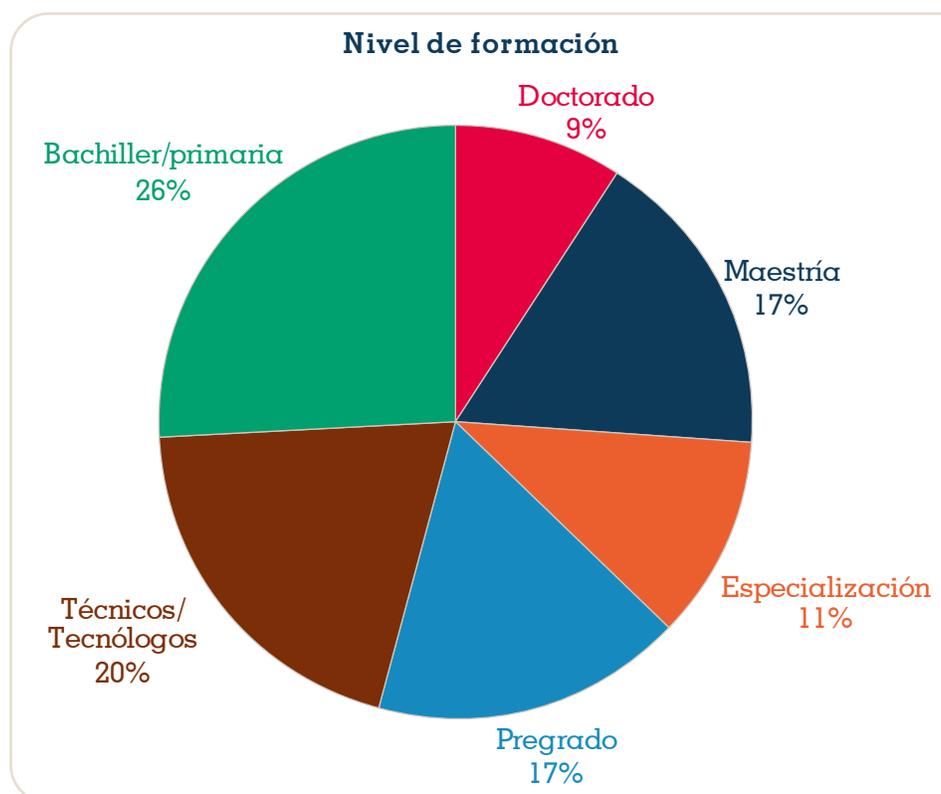
En este período se tramitaron 2.525 órdenes de compra por valor de \$15.671 millones, correspondientes a negociaciones con 449 proveedores, para lo cual se gestionaron en NEON 2.382 procesos precontractuales. En materia de gestión de contratos, durante el período se tramitaron 56 procesos contractuales.

Tabla 51. Convenios Nacionales e Internacionales.

Entidades Nacionales	Convenios	Millones \$	% Total
Bayer S.A.	1	111,8	1,9%
Isagro	1	135,2	2,3%
Fidu. Previsora	2	83,1	1,4%
Convenios nacionales	4	330	6%

Entidades Internacionales	Convenios	Millones \$	% Total
USDA	2	355,4	5,9%
SYNGENTA	1	70,0	1,2%
ICGEB	1	88,0	1,5%
En formulación/gestión		5.156,6	85,9%
Convenios internacionales	4	5.670	94,0%

Total	8	6.000	100%
--------------	----------	--------------	-------------

**Figura 99.** Formación personal nómima de Cenicafé.

Se realizó la evaluación a 197 proveedores que en 2021 suministraron bienes o servicios de alto impacto para los procesos, obteniendo una calificación promedio de 4,72, resaltando que el 99,5% de los proveedores evaluados está dentro del rango de confiables y altamente confiables.

Se gestionó adicionalmente la actualización de los documentos legales de los proveedores activos y se realizó la gestión de consulta al área de Gestión del Riesgo en Oficina Central, de 434 proveedores y sus representantes legales en las Listas Públicas de Control.

La administración de los activos fijos se realizó a través de la verificación de los activos, la actualización de los registros y la verificación del inventario, como resultado se estableció que a septiembre 30 de 2022 Cenicafé cuenta con 5.023 activos tangibles, adquiridos con recursos propios, de convenios y del Fondo Nacional del Café, de los cuales se logró inventariar el 98%.

El área de mantenimiento apoya el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, gestionando los requerimientos de las diferentes disciplinas y asegurando el correcto funcionamiento de los equipos, parque automotor, red climática e infraestructura (Tabla 52).

Los servicios prestados a la infraestructura se gestionaron teniendo como base la conservación de las edificaciones de Cenicafé y las necesidades de las diferentes disciplinas

de investigación. Las siguientes son las adecuaciones de infraestructura ejecutadas y las obras de mayor relevancia:

- Instalación línea de vida beneficiadero de semilla
- Adecuaciones civiles e instalación muebles en laboratorios Poscosecha
- Adecuaciones eléctricas beneficiadero y casa Naranjal
- Adecuación rack y cableado de comunicaciones Edificio 1
- Atención emergencias ambientales (derrumbes y daños en red media tensión).
- Mejora sistema solar fotovoltaico Granja

Con relación al mantenimiento de equipos, el servicio se presta a través de la solicitud que los investigadores realizan desde sus Disciplinas, como también a los instrumentos de medición y equipos críticos previamente registrados en el subproceso de Efectuar La Gestión Metrológica.

Para garantizar el adecuado funcionamiento de las estaciones meteorológicas y la metrología de los instrumentos de medición utilizados en las mismas, se realizaron 205 visitas técnicas y se desmontaron seis estaciones meteorológicas convencionales (dos pluviográficas y cuatro convencionales principales).

Tabla 52. Cantidades y costos mantenimientos.

Objeto	Mantenimientos internos	Mantenimientos externos	Costo Millones \$
Infraestructura	331	138	570,0
Equipos	474	857	741,5
Vehículos	63	170	124,5
Total	868	1.165	1.436,0

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Gerencia Técnica

Programa de Investigación Científica

Centro Nacional de Investigaciones de Café

“Pedro Uribe Mejía”

DIRECCIÓN

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo, Ph.D.
Diana Marcela Buitrago R., Lic. Biología y Química,
Administradora de Empresas, Esp.

DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

Agroclimatología

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola, M.Sc.
Ninibeth Gibelli Sarmiento H., Ing. Agrícola, M.Sc.
Wilmar A. Rendón G., Tecnólogo en Sistemas Informáticos
Jorge Wilmar Valencia G., Tecnólogo en Análisis y Desarrollo
de Sistemas de Información
Jorge Alejandro Builes P., Tecnólogo en Sistemas
Luis Gonzaga Henao R.
Orlando Salazar G.
Jeison Alexander Hoyos G., Aprendiz

Biometría

Rubén Darío Medina R., Estadístico, M.Sc.
Luis Carlos Imbachí Q., Estadístico
Beatriz Eugenia Mira R., Estadístico

Calidad

Valentina Osorio P., Ing. Alimentos, Esp.
Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola, M.Sc.
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga, M.Sc.
Luz Fanny Echeverry G., Química
Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química
Lina María González C., Química Industrial M.Sc.*
Claudia Tabarez A., Ing. Química*
Lady Juliet Vargas G., Ing. Alimentos*
Miguel Junior Martínez H., Tecnólogo en Proceso
Biotecnológicos*
Paola Andrea Calderón T., Tecnóloga en Producción
Agropecuaria Ecológica
Érica Patricia Corredor T., Licenciada en Ciencias Naturales y
Educación*
Wilson Vargas L.
Víctor Manuel Castañeda G.

Economía Agrícola

Hugo Mauricio Salazar E., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Juan Carlos Gómez S., Contador, Ing. Agrónomo, M. Sc
Diego Fernando Arango C., Agrónomo

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Carmenza E. Góngora B., Microbióloga, Ph.D.
Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.
Lucio Navarro E., Biólogo, Ph.D.
Luis Miguel Constantino C., Biólogo, M.Sc.
Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo
Claudia Patricia Martínez D., Bacterióloga
Laura C. Holguín S., Microbióloga, M.Sc.*
Bertilda Pedraza C., Bacterióloga, Esp. en Ciencia y Tecnología
de Alimentos*
Dean Jhon Sequeda N., Tecnólogo en Control Ambiental*
Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café
Luis Eduardo Escobar S., Agrónomo
Carlos Alberto Quintero A.
Claudia Bibiana Tabares B.
Faber de Los Ríos P.
Diana Marcela Giraldo V.
José Robín García C.
Gloria Patricia Naranjo E.
Ramón Antonio Montoya C.
Ángela María Lasso P., Pasante
Paula Andrea Figueroa V., Pasante
Rosa Nathalie Grueso G., Pasante

Fisiología Vegetal

José Ricardo Acuña Z., Biólogo, Ph.D.
Aristóteles Ortiz, Químico., M.Sc.
Carlos Andrés Unigarro M., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Natalia Catalina Flechas B., Bióloga
Marta Bibiana Escobar P., Tecnóloga Química
Claudia Patricia Valencia V., Técnico en Producción de Café
Claudia Marcela Mora A.
Mario Franco A.

Fitopatología

Carlos Ariel Ángel C., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Rosa Lilia Ferrucho., Ing. Agrónoma, Ph.D.
Nancy del Carmen Arciniegas B., Ing. Agrónoma, M.Sc.
Gustavo Adolfo Marín R., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Carlos Alberto Zuluaga E., Técnico en Mantenimiento de Computadores y Redes de datos.
Carlos Alfonso Doncel B., Tecnólogo Recursos Naturales
José Didier Bermúdez G., Tecnólogo en Producción Agropecuaria
Santiago Sánchez M., Tecnólogo en Aseguramiento de la Calidad en Empresas Agroindustriales
Sergio Alejandro Valencia A., Tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias
Jorge Dicksson Ocampo M.
José Gilmar Carmona V.
Elíana Marcela Gómez V., Aprendiz
Laura Tatiana Correa M., Pasante

Fitotecnia

José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Santiago Jaramillo C., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Andrés Felipe León B., Ing. Agrónomo
Alexander Jaramillo J.

Mejoramiento Genético

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Diana María Molina V., Bacterióloga, Ph.D.
Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Juan Carlos Arias S., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Julio Quiroga C., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Luisa Fernanda López M., Ing. Agrónomo
Carlos Augusto Ramírez C., Administrador de Empresas Agropecuarias
Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero
Jairo Jaramillo O., Ing. Mecatrónica
Gilbert Rodríguez Q., Técnico Profesional en Desarrollo de Producción Pecuaria
Jhon Esteban Quintero A., Técnico en Producción de Café
Juan Pablo Montoya T., Tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias
Steven Giraldo R., Tecnólogo en Gestión Administrativa
Omar Villarreal
Gina Gabriela Campos M., Pasante
Romario Palacio C., Pasante

Poscosecha

Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico, M.Sc., Ph.D.
Nelson Rodríguez V., Ing. Químico, Ph.D.
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos, M.Sc., Ph.D.
César Augusto Ramírez G., Arquitecto, M.Sc.
Álvaro Guerrero A., Ing. Electrónico/Electricista, M.Sc.
Laura Vanessa Quintero Y., Ing. Química, M.Sc.
Carlos Alfonso Tibaduiza V., Ing. Agrícola, M.Sc.
Sandra Paola Moreno R., Ing. Biológica, M.Sc.*
Ingrid Paola Hower G., Ing. Alimentos, Esp*
Jhoan Felipe García D., Ing. Alimentos*
Anyela Vanessa Velásquez E., Microbiólogo*
Juan Manuel Rendón R., Tecnólogo en Química*
Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
Jorge Alexander Londoño C., Técnico en Soldadura
Juan Camilo Montes C., Tecnólogo en diseño de elementos mecánicos
Javier Velásquez H.
Samuel Castañeda

Juan Carlos Ortiz F.
Carol Vanessa Osorio G., Pasante
Yenifer Paola Urrea A., Aprendiz
Eduardo Duque D., Pasante

Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.
Hernán González O., Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.
Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga, M.Sc.
Vanessa Catalina Díaz P., Química, M.Sc.
Elíana Gómez A., Tecnóloga Química
Arturo Gómez V.
Jaroliver Cardona G.
Jhon Anderson Bartolo B., Aprendiz Universitario

EXPERIMENTACIÓN

Carlos Gonzalo Mejía M., Administrador de Empresas Agropecuarias, M.Sc.
José Farid López D., Tecnólogo en Administración Agropecuaria
Alejandra Marcela Garcés G., Tecnóloga en Administración Agropecuaria
Luisa Fernanda García C., Tecnóloga en Gestión Administrativa

Estación Experimental Naranjal

Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo
Melsar Danilo Santamaría B., Ing. de Alimentos
Tito Alberto Ramírez S.
Angie Manuela Serna B., Aprendiz

Estación Experimental El Tambo

Hernán Darío Menza F., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Estación Experimental El Rosario

Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal, M.Sc.

Estación Experimental La Catalina

Héctor Flabio Álvarez A., Ing. Agrónomo

Estación Experimental La Trinidad

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Estación Experimental Paraguaicito

Daniel Antonio Franco C., Agrónomo

Estación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental San Antonio

Carlos Roberto Ariza O., Ing. Agrónomo, Esp.

Divulgación y Transferencia

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónoma, Esp., M.Sc.
Jair Montoya T., Administrador de Empresas, M.Sc.
Carmenza Bacca R., Diseñador Visual
Óscar Jaime Loaiza E., Diseñador Visual
Luz Adriana Álvarez M., Diseñador Visual
Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero
Santiago Aranzazu O., Aprendiz Universitario
Jackeline Tabares Gutiérrez., Aprendiz

Tecnología de la Información y Comunicaciones

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico
Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.
Miguel Alfonso Castiblanco C., Bibliotecólogo/Ing. de Sistemas, Esp.
Elkin Marcelo Valencia L., Ing. de Sistemas, Esp.

Leonardo Adolfo Velásquez N., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, Esp.
Kevin Adolfo Hincapié V., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, Esp.
Andrés Felipe Ramírez M., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, Esp.
Juan Camilo Espinosa O., Ing. Topográfico, Esp.
Miguel Ángel Salamanca Q., Ingeniero de sistemas
Jacob Granada G., Aprendiz

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas, Contador Público, Esp.
Luz Adriana Jiménez Q., Técnico profesional en Contabilidad y Finanzas
Rufina Perdomo G.
Nancy Elena Pérez M., Contador

Gestión Contable

Martha Elena Vélez H., Contadora, Esp.
Daniela López O., Contadora, Esp.
Jorge Eduardo Dávila M., Contador Público, Esp.
Manuela Duque R., Pasante

Gestión de Bienes y Servicios - Compras y Contratación

Ángela Jaramillo G., Prof. en Comercio Internacional, Esp.
Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial
Carolina Correa M., Profesional en Negocios Internacionales
Lina María Giraldo, Administrador Financiero
Lina María Buitrago A., Administrador de Empresas
Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de Negocios
Jesús Alberto Vergara T., Técnico en Sistemas
Brahian Steven Narváez G., Tecnólogo en Contabilidad y Finanzas
Gabriel Antonio Melo P.
Juliana Vallejo H., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios - Mantenimiento

Paulo Alejandro Arias C., Ing. Electricista, Esp.
María Alejandra López R., Ing. Mecatrónica

Robinson Guzmán G., Técnico Electricista
Jorge Hernán Marulanda E., Tecnólogo en Electrónica
Gabriel Hernando Ortiz C., Tecnólogo en Gestión Bancaria y Financiera
José Gildardo Aguirre O., Tecnólogo en Mantenimiento eléctrico industrial
Oscar Alejandro Buitrago C., Tecnólogo en Electricidad Industrial
Jorge Antonio Arias A., Técnico en Producción de Café
Jonatan Gómez S., Ing. Electrónico
Santiago Rojas G., Tecnólogo en diseño, implement. y mant. de sistemas de telecomunicaciones
José Mauricio Morales L., Tecnólogo en Electrónica Industrial
Luis Fernando Cardona, Técnico Profesional en Mantenimiento Electrónico
Uriel López P.
Fredy Hernán Osorio C.
Jhon Fredy Rojo G.
Jorge Eduardo Sepúlveda V.
Carlos Andrés Hernández G.
Mario López L.
Mónica Yulieth Vargas M., Aprendiz
Andrea Hernández G., Aprendiz

Gestión de Tesorería

Jesús Danilo González O., Contador, Esp.

Gestión del Talento Humano

Érica Mayerly Galvis R., Trabajadora Social, M.Sc.
Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional, M.Sc.
Germán Uriel Granada, Administrador de Empresas, Esp.
Luz Yaneth Guarín C., Tecnóloga en Administración de Negocios

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L., Ing. Industrial, M.Sc., PMP®
Valentina Sepúlveda C., Ingeniera Industrial, Esp., PMP®
Lina Marcela Patiño G., Administradora de Empresas
Leydi Tatiana Rincón R., Administración de Empresas

* Personal adscrito a la nómina variable de los Comités de Quindío y Cesar, quienes desarrollan actividades de investigación en los Proyectos de Regalías bajo el direccionamiento de Cenicafé.



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org

MÁS AGRONOMÍA
más productividad
MÁS CALIDAD