



Informe
anual

| **2024**



Informe anual | 2024





Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

COMITÉ NACIONAL

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Ricardo Bonilla González

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Martha Viviana Carvajalino Villegas

Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Luis Carlos Reyes Hernández

Director del Departamento Nacional de Planeación
Alexander López

Representante del Gobierno en Asuntos Cafeteros
Rogelio Andrés Rodríguez Castillo

Representantes Gremiales

Período 1º enero/2023 - 31 diciembre/2026

Jorge Alberto Posada Saldarriaga (Antioquia)

José Alirio Barreto Buitrago (Boyacá)

Eugenio Vélez Uribe (Caldas)

Danilo Reinaldo Vivas Ramos (Cauca)

Juan Camilo Villazón Tafur (Cesar-Guajira)

Javier Bohórquez Bohórquez (Cundinamarca)

Ruber Bustos Ramírez (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)

Carlos Sánchez Serrano (Tolima)

Camilo Restrepo Osorio (Valle)

Gerente General

Germán Alberto Bahamón Jaramillo

Gerente de Operaciones

Carlos Arturo Azuero Perdomo

Gerente Financiero y Recursos Organizacionales

Reynaldo Díaz Medina

Gerente Comercial

Esteban Ordoñez Simmonds

Gerente Técnico

Gerardo Montenegro Paz

Director Investigación Científica y Tecnológica

Álvaro León Gaitán Bustamante

ISSN - 2145-521X

ISSN - 2744-9211 (En línea)

DOI 10.38141/10783/2024

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

© FNC - Cenicafé
2024

Comité Editorial Cenicafé

Marco Aurelio Cristancho A.

Ph.D. Microbiólogo. Fitopatología, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.

Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

Aída Esther Peñuela M.

Ph.D. Ing. Alimentos. Poscosecha, Cenicafé

Diana María Molina Vinasco

Ph.D. Bacterióloga. Mejoramiento Genético, Cenicafé

Luis Fernando Salazar G.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé

Secretaría Técnica Comité Editorial, revisión de textos y corrección de estilo

Sandra Milena Marín L.

Ing. Agrónoma, Esp. M.Sc.

Diseño y diagramación

Óscar Jaime Loaiza E.

Figuras

Alejandra Velásquez M.

Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías

Página 41, David Bonilla

Página 45, Luis Miguel Constantino B.

Página 99, Álvaro Guerrero A.

Página 117, www.freepik.es - @tirachardz

Archivo Cenicafé

Impreso por

Cómo Citar:

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2024). Informe Anual Cenicafé 2024. <https://doi.org/10.38141/10783/2024>

Contenido



Resumen ejecutivo

5

Disciplinas de investigación

15

Agroclimatología	17
Biometría	23
Calidad	30
Economía Agrícola	41
Entomología	45
Experimentación	56
Fisiología Vegetal	58
Fitopatología	65
Fitotecnia	71
Mejoramiento Genético	81
Poscosecha	99
Suelos	105

Disciplinas de apoyo a la investigación

113

Divulgación y Transferencia	115
Tecnología de Información y Comunicaciones	117

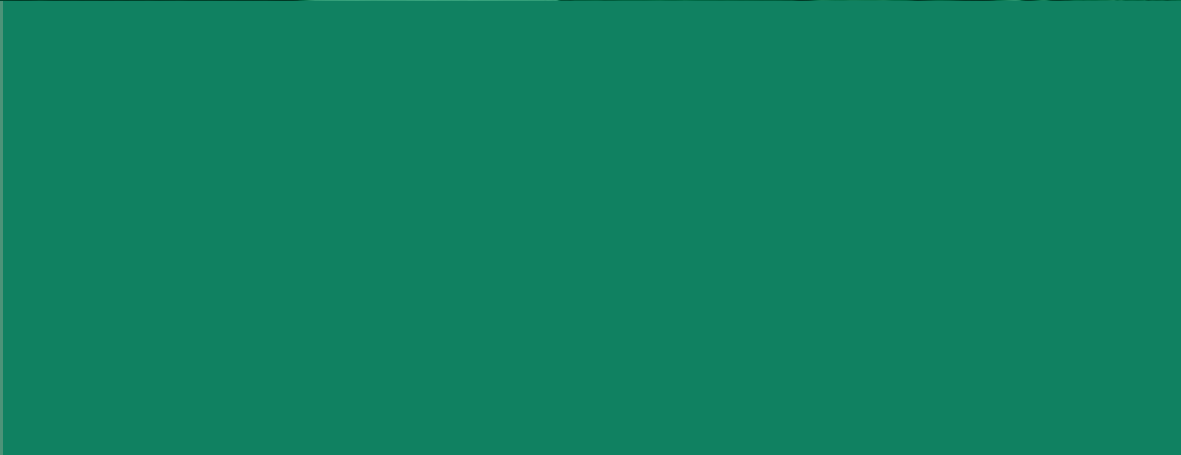
Recursos humanos y financieros

119

Unidad Administrativa y Financiera	121
Colaboradores Cenicafé	125



Resumen ejecutivo





Centro Nacional de Investigaciones de Café

Innovación científica para una caficultura sostenible y amigable con la naturaleza

Con las orientaciones del Congreso Cafetero, que en sus recomendaciones busca hacer cada día más sólida la producción de café de calidad en los volúmenes que demanda el mundo, con miras a mejorar la rentabilidad y la competitividad de la caficultura de Colombia, Cenicafé desarrolló el Plan Operativo 2024 en concordancia con la estrategia de la Gerencia Técnica, fundamentada en los pilares de Calidad, Asociatividad, Industrialización y Mercados, definidos por el Gerente General para toda la Federación Nacional de Cafeteros, donde se ha resaltado el impacto positivo del café en el cuidado de la naturaleza y su resiliencia ante las variaciones del clima.

Con más de 90 proyectos de investigación que impactan los ejes económico, ambiental y social, aplicando una visión integral y multidisciplinaria a la problemática de la producción de café, enfocada en facilitar el Cambio Técnico y transformar la caficultura ante las nuevas demandas de la agricultura regenerativa, la descarbonización, la acción climática y la bioeconomía circular, Cenicafé llevó a cabo el proceso Desarrollar Investigación Científica, bajo un Sistema de Gestión Integral certificado priorizando la calidad de los resultados con un soporte estadístico sólido que permite hacer inferencias, con cultura de seguridad y la salud en el trabajo, y con respeto por el medioambiente. De esta manera, los

colaboradores del Centro siguen avanzando de la mano del Servicio de Extensión y bajo la dirección de la Gerencia Técnica, con el firme propósito de fomentar las prácticas de “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad”, enfocados en el aumento del ingreso de los cultivadores con una visión sostenible que haga cada vez más sólida y confiable la producción nacional de café.

A continuación, se presenta el resumen de los avances más significativos de este año.

Construcción de resiliencia al cambio climático

Durante 2024, con presencia de ENOS El Niño hasta abril, los datos recolectados por la red de estaciones meteorológicas presentaron desvíos de la temperatura media del aire entre +0,5°C y +1,0°C, y los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros 99 al 109 reportaron la previsión y las acciones de adaptación ante las condiciones extremas de El Niño, anunciando el posible desarrollo de ENOS La Niña para finales de 2024. Así mismo, se inició la

evaluación retrospectiva de las predicciones climáticas estacionales de precipitación, a partir del análisis de la información histórica de 104 estaciones y un período de análisis de diez años y horizontes predictivos de 0,3 y 5,0 meses, definiendo las zonas y períodos de interés. Como resultado del monitoreo de los componentes del balance hídrico en tres localidades para diferentes arreglos de cultivo, se encontró que la lluvia efectiva diaria varía desde el 30%, para lluvias inferiores a 1,0 mm, hasta el 97% para lluvias superiores a 20,0 mm, lo cual es de gran importancia en la modelación del balance hídrico ya que, bajo la metodología actual, se desprecia la lluvia efectiva cuando la precipitación diaria es inferior a 6,0 mm. Se observó que el Índice de Disponibilidad Hídrica puede indicar condiciones deficitarias con una decada de anticipación respecto a la condición real de humedad del suelo.

Finalizando el monitoreo de gases de efecto invernadero en un ciclo de zoca a libre exposición con intercalamiento de maíz en la etapa vegetativa, la tasa de captura anual de carbono para el muestreo destructivo fue de 3,9 t ha⁻¹ de C y para la técnica Eddy Covariance correspondió 5,0 t ha⁻¹ de C, ambos indicando el potencial sumidero del sistema. Así mismo, en el marco del proyecto de Colombia Agroalimentaria Sostenible, comenzaron las investigaciones relacionadas con el contenido y las fracciones del carbono orgánico del suelo (COS) en la zona cafetera colombiana, la lixiviación de nutrientes y la pérdida de nitrógeno como óxido nitroso, un poderoso gas de efecto invernadero.

Mejoramiento de variedades con resistencia a enfermedades y a la variabilidad climática

El Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé entregó para su liberación la variedad Castillo 2.0, que involucra progenies con resistencia a la roya de fuentes genéticas antes no empleadas en el desarrollo de variedades comerciales en Colombia. Castillo 2.0 ofrece producciones comparables a las variedades vigentes, resistencia incompleta a la roya y por primera vez, incluye la resistencia a un aislamiento altamente agresivo de CBD. Esta variedad presenta calidad física del grano, con atributos sensoriales destacados que clasifican su bebida como especial. En la distribución de variedades mejoradas, se entregaron 78.458 kg de semilla para un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio del 83%, donde se destacan las demandas de los Comités de Tolima con 9.948 kg, seguido de Cauca con 9.914 kg y Santander con 9.317 kg. Los resultados de las pruebas de Control de Calidad de la semilla en el laboratorio indicaron que todos los lotes distribuidos tuvieron un porcentaje promedio de germinación del

83,1% y las pruebas de germinación en arena, arrojaron en promedio el 83,5%. Se gestionó la solicitud de derechos de obtentor de dos progenies pertenecientes a los nuevos componentes de Castillo 2.0. con la correspondiente instalación en el campo de las pruebas de Distinguidad, Homogeneidad y Estabilidad (DHE), acompañados por el ICA.

Adicionalmente, se continúa con las actividades de conservación de germoplasma, desarrollo, evaluación y selección de poblaciones mejoradas por características de importancia agronómica para la caficultura colombiana. Para las variedades del futuro, se encuentran en proceso de selección y avance 308 poblaciones con genes de resistencia a la roya provenientes de fuentes diferentes al Híbrido de Timor 1343 CV2, 17 poblaciones que combinan la resistencia a la enfermedad de las cerezas del café (CBD) de diversas fuentes, 92 poblaciones en evaluación por antibiosis a broca y 84 poblaciones desarrolladas para incrementar el techo de producción. En fase de pruebas regionales, se están evaluando 123 poblaciones obtenidas de fondos genéticos de resistencia a la roya diferentes a los usados en las variedades comerciales actuales. Las fuentes de resistencia empleadas en las poblaciones indicadas anteriormente corresponden a especies diploides (*C. liberica* y *C. canephora*) y genotipos silvestres de *C. arabica*.

En el seguimiento del comportamiento de 40 progenies frente a la roya, con información correspondiente a la evaluación de incidencia y severidad en seis Estaciones Experimentales de Cenicafé, desde el segundo semestre de 2019 hasta el segundo semestre de 2024, el porcentaje de incidencia promedio no superó el 13% y la severidad se mantuvo por debajo del 1,5% en todos los semestres evaluados, observándose que el comportamiento de las progenies puede variar según la localidad. Estudios de líneas mejoradas de *C. arabica* según el tiempo de madurez, haciendo seguimiento a 54 líneas, arrojaron como resultado la identificación de cuatro clústeres de madurez: temprana, temprana-intermedia, intermedia-tardía y tardía, evidenciando diferencias estadísticamente significativas en el tiempo cronológico, tiempo térmico y características de maduración. Las líneas de madurez tardía mostraron menor tasa de respiración y mayor masa seca del grano, a pesar de no afectar el peso en fresco.

Haciendo uso de la biotecnología para el desarrollo de variedades, se obtuvieron plantas editadas vía CRISPR/Cas9 para silenciar la expresión del volátil Alpha 1, mostrando menor atracción a la broca y menor daño en los frutos. Por otra parte, se identificó que la selección asistida por marcadores moleculares

para identificar genotipos con resistencia a roya proveniente del gen SH3, es más eficiente cuando se seleccionan plantas homocigotas para el gen, siendo alta la correlación (Pearson 0,93) entre el genotipo (marcador molecular) y el fenotipo (resistencia a la roya en el campo). De manera simultánea, se avanza en la búsqueda del desarrollo de un prototipo 3D para el estudio de la diversidad morfológica de las raíces del café, caracterizando chapolas de las variedades Cenicafé 1 y Castillo® General, mediante técnicas de escaneo y análisis fractal.

Tecnificación de los sistemas de producción con buenas prácticas agroecológicas y fertilización de cafetales

Las condiciones imperantes de temperatura durante el año aceleraron la tasa de crecimiento de los cafetos. Las floraciones concentradas estuvieron asociadas a los períodos con déficit hídrico previo, seguido de condiciones de humedad del suelo favorables, determinantes de una mejor expectativa de cosecha que tuvieron su máxima expresión en cafetales tecnificados. Se evaluó el efecto de la carga de frutos en el crecimiento y producción de plantas de café en la zona central cafetera, con árboles de la variedad Cenicafé 1 sometidos a diferentes intensidades de carga de frutos a nivel de árbol completo, determinando que hay una relación lineal inversa, en la cual, a medida que se incrementa la carga de frutos disminuye el área foliar por fruto y la concentración de potasio en las hojas, asociada con el secamiento de las ramas después de la cosecha principal. Por el contrario, se presentó una relación lineal entre el aumento de la carga de frutos y la producción acumulada de café en dos años de evaluación.

En las Estaciones Experimentales se desarrollaron 124 réplicas de investigaciones y tres en fincas de caficultores del área de influencia. Entre estas estuvo la definición de la densidad de siembra de la variedad Cenicafé 1, que evalúa el efecto de 5.000, 7.500 y 10.000 plantas por hectárea sobre la producción de café. La mayor producción promedio acumulada en la localidad de El Tambo (Cauca) durante el ciclo fue de 820,5 @ ha⁻¹ de cps, correspondiente a la densidad de 10.000 plantas/ha. En la localidad Blonay (Norte de Santander), el café bajo sistema agroforestal con carbonero a una densidad de 70 árboles/ha, registró la mayor producción acumulada con 770,03 @ ha⁻¹ de cps correspondiente a la densidad de 7.500 plantas/ha. De otro lado, los métodos alternativos y de carácter transitorio para la renovación de cafetales correspondientes a las podas calavera y pulmón, se evalúan a través de intervenciones

recurrentes. La producción acumulada de café cereza por parcela en tres localidades, entre los años 2020 y 2024, presentó diferencias estadísticas ($p < 0,0001$) entre los tratamientos con los métodos de renovación recurrentes. En general, se destacan incrementos en la producción acumulada con la poda calavera recurrente a dos cosechas y la zoca común, respecto a la poda calavera recurrente a una cosecha.

En la nutrición de cafetales, la incorporación de pulpa descompuesta antes de la siembra en relación 3:1 aumentó la producción de café en la Estación Experimental Naranjal. La aplicación de yeso, como complemento del encalado para la corrección de la acidez del suelo, no ha incrementado la producción de café durante las primeras dos cosechas; en contraste, la aplicación de fósforo en el establecimiento de café aumentó la disponibilidad de este nutriente en el suelo y la producción de café, respuesta que puede cambiar entre sitios y a través del tiempo. El suministro de nitrógeno durante el establecimiento de café aumentó la producción, mientras que la sombra generada por guandul o tefrosia, intercalados como abono verde, disminuyeron la producción en el primer año, efecto que se revirtió al aumentar la luminosidad. En la primera fase del proyecto de modelación del balance de nutrientes en los sistemas de producción de café ante la variabilidad climática, se encontró mayor acumulación de la biomasa del café en Caldas y Antioquia con respecto a Cauca, resultado que se relaciona con las diferencias entre las temperaturas de las localidades. Para condiciones de Naranjal (Caldas) se determinó la materia seca de plantas de maíz y frijol, intercalados con café. Finalmente, para determinar propiedades químicas de suelos en la zona cafetera colombiana se está evaluando la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), una tecnología que reduciría costos y contaminación.

Preservación y aprovechamiento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos

Para el manejo del picudo quebrador de ramas del café en Nariño se realizó una campaña con el fin de evitar que se convierta en plaga del cultivo y se documentó la morfología para identificaciones futuras. En lo referente a las cochinillas de las raíces del café, se determinó que, además de causar muerte de árboles, disminuye en 38,5% la producción de aquellas plantas infestadas que sobreviven, siendo *Puto barberi* la especie más común y distribuida en Colombia, que reduce en más de 60% la producción al compararse con plantas sanas. En cuanto a enemigos naturales, se realizaron las tablas de vida de las avispas parasitoides

africanas de Uganda y Togo para optimizar su cría en el laboratorio, encontrando temperaturas óptimas entre 22°C y 25°C, e identificando la alta endogamia de las dos especies de avispas, lo cual indica la necesidad de importar nuevo material desde África. Liberaciones de estas avispas africanas y aspersiones del hongo *Beauveria bassiana* han permitido el control exitoso de la broca sin el uso de insecticidas químicos.

Con el mismo propósito de manejo integrado de la broca, los estudios indicaron que las moléculas ethiprole, a una concentración de 6,0 cm³ L⁻¹, e isocycloseram, a 0,5 cm³ L⁻¹, son alternativas de nueva generación para el componente de control químico, y para el control biológico se mantienen más de 300 cepas de hongos entomopatógenos y antagonistas para el uso en la caficultura colombiana, algunas de las cuales demostraron su eficacia en el manejo de la hormiga arriera en la zona cafetera.

Respecto a la roya del cafeto, se ha continuado la evaluación de la variabilidad patogénica y genética de los aislamientos recolectados en variedades de café, ratificando un aumento tanto en la diversidad de razas como en la virulencia de la roya desde 2010, especialmente en progenies derivadas del Híbrido de Timor 1343. Para el manejo integrado de la enfermedad se cuenta con la alternativa de la mezcla de cyproconazole + trifloxystrobin, con otros productos candidatos en fase de pruebas de validación en el campo. Con respecto a la enfermedad de las Cerezas del Café (CBD), cuarentenaria para Colombia, los ensayos en condiciones *in vitro* con fungicidas comerciales de síntesis química y biológicos, han permitido seleccionar 13 productos que inhibieron la germinación de conidias y el crecimiento de la colonia de un grupo de 26 aislamientos de *Colletotrichum* spp en tres dosis diferentes.

Resultados preliminares comprueban la gravedad de la presencia de la arvense *Conyza* spp., conocida como venadillo incluso a bajas densidades, donde el índice de dominio determina una reducción del 19,6% en la producción del café por cada individuo de esta arvense por metro cuadrado. Se validaron opciones de herbicidas seguros y con menores restricciones en el ámbito mundial, las cuales permiten sustituir o disminuir la dosis de glifosato hasta en 50%, al mismo tiempo que mejoran la eficacia del control de arvenses sin afectar la producción del cultivo del café.

Para la Reserva Forestal Planalto se inició el cálculo del valor económico en el mercado de los servicios ambientales utilizando datos de la densidad de la madera de los árboles y estimando tanto la biomasa aérea como su capacidad de captura de carbono.

Producción de café de alta calidad con un beneficio ecológico

La calidad del café producido en los ecotopos cafeteros colombianos fue caracterizada mediante el análisis de 1.110 muestras. El 97,8% de estas correspondieron a las variedades mejoradas Castillo®, Colombia, Cenicafé 1 y Tabi. El promedio de almendra sana fue de 78,1% y los ecotopos 102A, 308A y 309A obtuvieron puntajes SCA mayores a 85 puntos. En el estudio sobre la inhibición del etileno en frutos y su efecto en la maduración, se cuantificó la tasa de emisión en cuatro estados de desarrollo (frutos verdes, pintones, maduros y sobremaduros), y se observó un aumento en la emisión de etileno desde el estado verde hasta el maduro, con un descenso en el estado sobremaduro. La aplicación de ácido salicílico como inhibidor de maduración mostró una reducción modesta en la producción de etileno, sugiriendo una limitada efectividad del compuesto. En la caracterización del café procedente del Cesar y mediante la correlación de Pearson, se observó una relación lineal directa entre el puntaje de acidez sensorial y los compuestos 3,5-di-CQA y 5-CQA e inversa con 3-CQA, 4-CQA, 4,5-CQA, presentes en el grano de café. Con la técnica NIRS se están caracterizando espectralmente los granos verdes de las especies *C. arabica* y *C. canephora*, producidos tanto en el país como proveniente de otros países, con el objetivo de desarrollar modelos de predicción que permitan identificar mezclas.

El estudio de la extensión del tiempo de reserva del fruto cosechado por 24 a 48 horas antes del despulpado, indicó que este genera un incremento en los descriptores de sabor asociados a frutales y frutos rojos de 33,33% a 66,66% y de 34,04% a 65,95%, respectivamente. Esto implica interacciones entre las partes constituyentes del fruto, provocando cambios en la composición química y mejora en la complejidad cualitativa de la calidad sensorial. En la evaluación de la calidad al mezclar tandas de café despulpado, el 45,8% de las muestras no generó defectos sensoriales, salvo la mezcla con cinco días de diferencia, que presentó el defecto fermento en todas las repeticiones realizadas. En pruebas para determinar el efecto de fermentaciones en diferentes condiciones de anaerobiosis sobre la calidad del café, con mediciones hasta completar 192 horas, se apreció una pérdida de la calidad física con reducción de la materia seca entre 1,6% y 3,6%, disminución de almendra sana y aumento del factor de rendimiento, aunque en calidad sensorial el 83,1% de las muestras tuvo una calificación entre 83 y 85 puntos SCA.

Dentro del proyecto de desarrollo experimental para la competitividad del departamento de Cesar,

cofinanciado por el Sistema General de Regalías, la variedad Cenicafé 1[®] fue la que mayor porcentaje de tazas obtuvo con más de 83 puntos SCA (68,4%) independiente de la temperatura de fermentación, mientras que las fermentaciones a 30°C produjeron mayor proporción de tazas con calificación superior a 83 puntos SCA (61,5%). Por otro lado, fermentaciones prolongadas, de cuatro, ocho y 12 horas adicionales al Fermaestro[®], hasta el momento no han arrojado diferencias en calidad de taza. Finalmente, pruebas de almacenamiento en el páramo de Letras permiten concluir que la calidad se conservó durante 365 días con el 50% de una serie de empaques evaluados, mientras que en Santa Marta, y cuarto frío en Planalto y Chinchiná, la calidad se afectó a través del tiempo, independiente del empaque.

Desarrollo económico con mecanización y conservación ambiental

Para apoyar la toma de decisiones de los caficultores en la administración y control de la cosecha, se caracterizaron las funciones del patrón de corte en la cosecha de café, aplicando una encuesta por parte del Servicio de Extensión a 1.002 trabajadores que desempeñan ese rol. Trabajos realizados en los efectos económicos de las siete prácticas clave (7P[®]), indicaron que al realizar la clasificación en los tres puntos del beneficio se presenta un mejor factor de rendimiento en trilla, y que la falta de mantenimiento y calibración adecuada de los equipos puede resultar en pérdidas de hasta un 65,16% de la producción. Adicionalmente, con el tratamiento de recuperación de pasillas, es posible incrementar los ingresos hasta en un 8%.

Avanzó la etapa de industrialización del pechero modificado para separación de frutos verdes, que incluyó el desarrollo de los planos para los modelos de 600, 1.200, 1.800 y 2.400 kg h⁻¹ de frutos de café, con los que dos empresas con licencia iniciaron la comercialización de las despulpadoras y de sus partes. De igual manera, entró en funcionamiento el modelo de Beneficiadero Sostenible, que utiliza energía renovable y también cumple con las siete prácticas clave para producción de café de alta calidad (7P[®]), usa muy poca agua para el proceso, tiene control total de la contaminación, genera cero vertimientos, cosecha aguas lluvias para el proceso y el aseo de equipos, y aplica la economía circular al hacer uso del cisco o de astillas de madera de café como combustible. En el secado del café, el desarrollo de un prototipo del Gravimet SM (Secador Mecánico) que pueda ser producido de manera industrial, los resultados parciales indican alta precisión del método, con valores finales de humedad del café pergamino entre 10,6% y 11,3% b.h. Se evaluó igualmente el rendimiento de dos tipos

de secadores solares con cubierta de policarbonato: alveolar y macizo, ambos modulares con un área de secado de 20 m². Los ensayos han demostrado que los nuevos secadores reducen significativamente el tiempo de secado en comparación con los modelos tradicionales. Además, se ha desarrollado un sistema de control para la remoción de aire húmedo, que opera con un panel solar y almacena energía en una batería para su funcionamiento nocturno.

Con respecto al tratamiento de los frutos verdes separados durante la cosecha y el beneficio, su almacenamiento previo, con diferentes condiciones de fermentación y con secado controlado permiten evidenciar el potencial que tienen para la obtención de bebidas con alto contenido de antioxidantes y como materia prima para la extracción de compuestos para elaboración de farmacéuticos, cosméticos o fitoquímicos. En el manejo de la pulpa de café, la evaluación de acelerantes para disminuir el tiempo y área necesaria para su transformación en abono orgánico y obtener un producto estable y maduro que no genere problemas de fitotoxicidad durante su uso, ha permitido identificar productos que contienen la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y hongos del género *Trichoderma* spp. con una transformación de la materia seca 18,66% superior al testigo. Así mismo, se estudió en procesadores tipo invernadero el proceso de deshidratación y transformación de la pulpa sola y mezclada con arvenses sobre las cuales se adicionaron mieles de la tecnología Ecomill[®] y enjuagues provenientes del lavado en tanques de fermentación, encontrándose que es una estrategia que permite cero descargas líquidas.

Tecnología y comunicaciones para lograr la transferencia

Cenicafé realizó la migración de la plataforma agroclimática (agroclima.cenicafe.org) a una nueva versión del gestor de contenido Liferay, con el fin de tener una infraestructura web con mayor seguridad informática y más actualizada. Además, finalizó la puesta a punto del nuevo Sistema de Información y Gestión Administrativa de proyectos (SIGA). Con respecto a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), continuó con el procesamiento de datos geográficos, la administración de ArcGIS Server y el desarrollo de cartografía para las investigaciones y la Gerencia Técnica. En cuanto a la Infraestructura, la gestión de múltiples máquinas virtuales (VM) garantiza la escalabilidad y el uso eficiente de los servidores físicos, al mismo tiempo que el mantenimiento y mejora de la red LAN permiten una conectividad confiable y segura en todas las instalaciones de Cenicafé. Además, se implementó

una arquitectura de red con Alta Disponibilidad (HA) con un switch de CORE redundante garantizando fiabilidad, eficiencia y seguridad de la red en la organización. Para una mayor flexibilidad en el despliegue de servicios se adoptó un Docker como solución en la implementación y gestión de aplicaciones. En la seguridad informática, pilar fundamental en la gestión de la infraestructura tecnológica, se desarrollaron e implementaron nuevas políticas para enfrentar las crecientes amenazas cibernéticas.

Debe destacarse este año el cambio de imagen de Cenicafé, para lo cual fue necesario realizar un estudio riguroso que abarcó los 86 años del Centro, así como el desarrollo del manual de uso de marca y una estrategia de comunicación. Durante la vigencia de este informe se entregaron las publicaciones de los Avances Técnicos 555 al 564, la Revista Cenicafé Volumen 74 No.2 y 75 No.1, los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros 98 al 109, los Boletines Fitosanitarios 5 al 8, y los Boletines técnicos 48 y 49. Cenicafé participó en la 5ª Feria de Maquinaria Agrícola en Bucaramanga, la Feria de Cafés Especiales del Cauca en Popayán, la Feria Expoeje 2024 realizada en Montenegro, Quindío, y la Feria Cafés de Colombia EXPO 2024 en Bogotá.

Durante la vigencia se recibieron 4.796 visitantes en 137 actividades presenciales, destacándose las giras de Institucionalidad Cafetera, con más de 2.000 caficultores y líderes cafeteros de los departamentos de Antioquia, Huila, Tolima, Cundinamarca, Cauca, Santander, Caldas, Risaralda, Quindío y Valle. En el apoyo al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé, se recibieron en las Estaciones Experimentales 11.000 visitantes, entre caficultores, extensionistas y estudiantes, un 13% más que en el período anterior. El 53% de ellos correspondieron a caficultores, el 13% a técnicos externos y el 11% a extensionistas de la Federación.

En los medios digitales, la página www.cenicafe.org tuvo 2.900.000 eventos en sus páginas web, con un 64,4% de consultas desde Colombia, seguidas de Estados Unidos, México, Nicaragua y Perú. Por su parte, la página agroclima.cenicafe.org tuvo 168.000 eventos, con un 90% de las consultas originadas en Colombia, seguidas de Estados Unidos, Alemania e Indonesia. Por YouTube se realizaron 35 Seminarios Científicos virtuales y conferencias técnicas, con publicación de 20 videos de Un Minuto de Avance Cenicafé, Cafetips y Cenicafé Conciencia, y cinco transmisiones nacionales de la Gerencia Técnica para el Servicio de Extensión de la FNC, con 7.630 seguidores y 1.300.000 impresiones, de las cuales el 45% son de las transmisiones en vivo, 34,7% de los videos y 20,2% de los Tips. Como estrategia

virtual para la divulgación de las publicaciones, tecnologías y eventos, se utilizaron las cuentas de Twitter de Cenicafé (@Cenicafe) con 7.463 seguidores y 93.356 visualizaciones de las publicaciones, e Instagram (Cenicafe) con 12.000 seguidores y 121.597 visualizaciones de las publicaciones. La cuenta de Facebook (Cenicafe FNC) tiene 17.000 seguidores y 2.389.942 visualizaciones de las publicaciones durante la vigencia del informe. Durante este período Cenicafé abrió sus cuentas en TikTok con 982 seguidores y 26.012 visualizaciones de los contenidos, así como la cuenta en LinkedIn con 2.000 seguidores y 47.895 impresiones. En el 2024 se enviaron aproximadamente 287.000 correos electrónicos motivando el ingreso a las diferentes secciones de las páginas web, mediante el Tome Nota a los suscriptores del portal; también se remitieron correos a los extensionistas invitándolos a participar en los seminarios científicos. Durante el período octubre 2023 y septiembre 2024, Cenicafé tuvo más de 7.348.738 visualizaciones de sus publicaciones a través de las páginas web, redes sociales, correos electrónicos y entrega física de sus productos de investigación.

En cuanto a la distribución física de publicaciones, se entregaron 14.936 ejemplares, incluidos la Cartilla Plan 2000, Avances Técnicos y libros de Filtros Verdes, Informe Anual, Insectos visitantes florales, Colección Colombiana de Café y Bioeconomía circular. El Centro de Documentación y Biblioteca Alberto Machado Sierra ha seguido avanzando en su proyecto de modernización tecnológica, y este año un aporte fundamental ha sido la actualización y los nuevos desarrollos de la plataforma de publicaciones, no solo para Cenicafé, sino también para la institucionalidad cafetera, con el objetivo de dar visibilidad a todo el contenido generado por la Federación.

Soporte a la investigación con talento, eficiencia y seguridad

Cenicafé cuenta con 192 colaboradores, 37% mujeres y 63% hombres para adelantar los proyectos de investigación. El 55% de los colaboradores cuenta con formación superior, de los cuales 19 son profesionales con PhD, 32 con maestría y 22 con especialización. Con el trabajo de todo el recurso humano se mantuvieron las certificaciones en las normas ISO 9001:2015, 14001:2015 y 45001:2018, siguiendo un proceso de mejora continua en la operación como bien público de la caficultura.

Siendo el principal ingreso de Cenicafé la transferencia que le realiza la Federación Nacional de Cafeteros para el desarrollo de los proyectos de Investigación y Experimentación Científica, el presupuesto en 2024 ascendió a \$38.915 millones, que corresponden a

\$27.003 millones de recursos transferidos, \$1.812 millones por aprovechamientos, \$5.300 millones relacionados con la entrega de semilla de variedades mejoradas de café a los Comités Departamentales de Cafeteros, y \$4.800 millones por concepto de convenios de cofinanciación con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales. Se contabilizaron 4.937 activos tangibles, adquiridos con recursos propios y de convenios, y se realizó el mantenimiento oportuno de los equipos, parque automotor, red climática e infraestructura, lo que permite la labor ininterrumpida del equipo de investigación en las sedes de Planalto y en las ocho Estaciones Experimentales a largo del país.

En este período se tramitaron 1.992 órdenes de compra, por valor de \$17 mil millones, correspondientes a negociaciones con 415 proveedores. En materia de gestión de contratos se radicaron 59 procesos contractuales, donde entre otros, se han fortalecido los lazos de colaboración con colegas de Brasil, Costa Rica, Etiopía y Kenia, así como con el World Coffee Research, el Centro de Investigaciones de la Roca del Café (CIRC) en Portugal, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y numerosas instituciones públicas y privadas de Colombia. Estas colaboraciones son fundamentales para continuar desarrollando tecnologías que benefician a la caficultura nacional y mundial.

En 2024 celebramos con especial emoción los 65 años del Servicio de Extensión Rural de la Federación Nacional de Cafeteros, los principales clientes de Cenicafé, nuestros aliados en todos los distritos del país, y sobretodo, nuestros compañeros en el día a día de transformar la caficultura y procurar el bienestar de los caficultores. Son un motivo de orgullo para este

país y para la agricultura mundial, y nos entusiasma poder caminar a su lado, y ser parte del equipo de la Gerencia Técnica. Que sean muchos años más llenos de grandes logros.

Este año se expresó la resiliencia de la caficultura de Colombia. Tras tres años consecutivos del fenómeno de La Niña, con sus limitaciones en horas de luz, disminución en la temperatura y mayor presencia de agua en el suelo, los sistemas de producción sólidos, densos, jóvenes, con variedades mejoradas, y con la aplicación de un correcto manejo agronómico, respondieron de inmediato al cambio de la condición climática, y entregaron una producción abundante y de buena calidad. Ese es el resultado de una articulación única en el mundo entre la investigación científica, el Servicio de Extensión, la institucionalidad cafetera y el caficultor. En un esfuerzo conjunto, Colombia realizó la metamorfosis de su caficultura, y con una base científica y técnica ha demostrado su capacidad de adaptación. No es el único reto. La oferta de mano de obra, los costos de producción, las regulaciones nacionales e internacionales y las demandas de los consumidores presentan brechas que requieren soluciones a la medida de nuestra caficultura, y ahí es donde el desarrollo de investigación científica y tecnológica debe ser relevante y efectivo, que aporte al fortalecimiento de un gremio que le trae bienestar al país y protege los recursos del planeta. Cenicafé sigue siendo fundamental en el propósito de ser Más Federación.

Álvaro Gaitán B.

Director

Noviembre de 2024



Disciplinas de **investigación**





Agroclimatología

Monitoreo meteorológico y servicio agroclimático. ACL101007

La fase de El Niño del ENOS que inició en abril de 2023 continuó entre octubre de 2023 hasta abril de 2024, a partir de entonces se encuentra activa la fase Neutral. Las variables meteorológicas generaron variación en su respuesta a las condiciones del ENOS.

De un análisis de la serie de períodos con déficit hídrico desde 2016 (Figura 1), para la Región Central Cafetera se observó que, la condición de enero y febrero de 2024, con presencia de déficits decadiarios prolongados no ocurrían desde 2020 y, en la mayoría de estaciones en las regiones Sur y Norte, esta se ajustó a la climatología; la concentración de las floraciones respondió principalmente a esta condición de déficit hídrico. Desde mayo de 2023, la temperatura media ha mostrado de manera continuada, desvíos positivos superiores a 0,5°C (Tabla 1) y, los meses enero y febrero de 2024 con las mayores anomalías, superiores a 1,5°C; es decir, por mes serían 30 unidades de grados-día de tiempo térmico por 1,0°C adicional de temperatura media, los procesos fisiológicos se aceleran, con mayor tasa de crecimiento de los cafetos y, en zonas con períodos de déficit hídrico entre agosto y septiembre de 2024, puede afectar calidad de los frutos, sobre todo en la Región Central cafetera, que desde 2019 no experimentaba déficit hídrico marcado en estos dos meses.

Para este año se emitieron los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros 98 al 109, en el último número se anunció el posible desarrollo de la fase La Niña del ENOS a partir de octubre de 2024. La red meteorológica cafetera finalizó su operación con 176 estaciones convencionales y 70 automáticas, con presencia en 19 departamentos cafeteros (Tabla 2). En total se realizaron 389 visitas de inspección meteorológica por parte de Cenicafé y se fortaleció con 603 visitas de acompañamiento por parte del Servicio de Extensión.

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

En la Estación Paraguacito de Cenicafé (Bellavista, Quindío), mediante la técnica Eddy Covariance (EC), se cuantificaron los balances de energía, agua y gases en una zoca a libre exposición en su cuarto

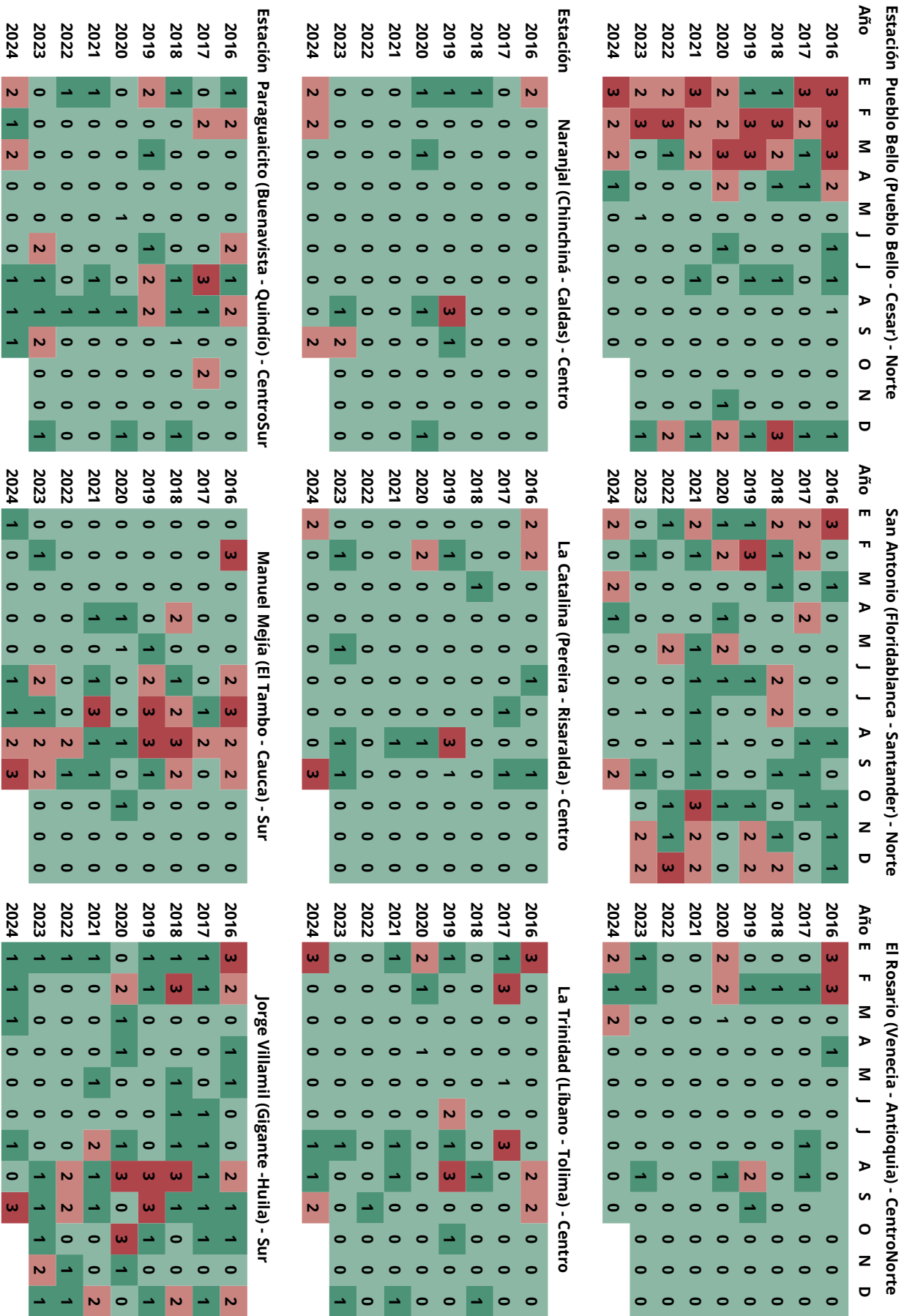


Figura 1. Número de decadas por mes con índice de disponibilidad hídrica-IDH <0.3 – Estaciones meteorológicas principales.

Tabla 1. Comportamiento de la temperatura media semestral (°C), respecto de la normal climatológica.

Promedio de Temperatura Media-°C	Período	Cesar	Santander	Antioquia	Caldas	Tolima	Risaralda	Quindío	Cauca
		Pueblo Bello	Floridablanca	Venecia	Chinchiná	Líbano	Pereira	Buenavista	El Tambo
		Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	Naranjal	La Trinidad	La Catalina	Paraguaicito	Manuel Mejía
Oct/23-Mar/24	Normal promedio	20,7	19,5	20,3	21,1	20,2	21,5	21,8	18,6
	Anomalía °C	1,2	1,4	1,5	1,1	1,1	1,2	1,6	0,9
Abr-Sep/24	Normal promedio	21,5	19,8	20,6	21,3	20,5	21,8	22,2	19,1
	Anomalía °C	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	0,6	0,4	1,0

Tabla 2. Distribución nacional de la red meteorológica cafetera entre 2023 - 2024.

Departamento	Estación Convencional	Estación Automática
Antioquia	11	4
Boyacá	1	3
Caldas	52	10
Caquetá	-	1
Casanare	-	1
Cauca	7	2
Cesar	1	1
Cundinamarca	13	1
Huila	5	13
Magdalena	2	1
Meta	-	1
Nariño	1	4
Norte de Santander	3	5
Putumayo	-	1
Quindío	20	2
Risaralda	12	4
Santander	22	5
Tolima	15	2
Valle del Cauca	11	9
Total	176	70

año de producción. La energía se disipó en mayor proporción como calor latente, entre el 53% y 67% de la radiación neta ($257 \pm 8,6 \text{ W m}^{-2}$) (Tabla 3). En intercambio gaseoso, el coeficiente de cultivo se cuantificó en $0,73 \pm 0,1$, el menor valor en la etapa reproductiva de los cafetos; se resalta que, durante la fase de producción, entre el segundo y cuarto año del cultivo después del zoqueo, el valor osciló entre $1,0 \pm 0,03$ y $1,04 \pm 0,03$, y en la fase vegetativa sin maíz fue de $0,88 \pm 0,05$.

En captura de carbono se contabilizaron en este último año 452 g m^{-2} de C (Tabla 4), lo que en 61 meses de edad del cultivo corresponde a una captura de $24,8 \text{ t ha}^{-1}$ de C. Comparativamente, los métodos directo a partir de muestreos e indirecto EC, se observa una tasa de captura anual para el primero de $3,9 \text{ t ha}^{-1}$ de C y para el segundo de $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ de C (Tabla 5). La ecuación que mejor describe la evolución de captura de carbono, a partir del muestreo directo, es una regresión no lineal, en la que el predictor son los grados - día de tiempo térmico (TT) (Figura 2).

Tabla 3. Disipación de la radiación neta en un sistema de cultivo de zoca de café a libre exposición.

Mes-año	Mes después de zoqueo	Radiación Neta W m ⁻²	H (Calor sensible)	LE (Calor latente)	G (Calor del suelo)
jul-23	50	232	35,1	64,6	0,3
ago-23	51	261	45,6	54,2	0,2
sep-23	52	273	47,1	52,7	0,2
oct-23	53	231	45,6	54,2	0,2
nov-23	54	244	41,0	58,8	0,2
dic-23	55	239	43,2	56,6	0,2
ene-24	56	313	43,4	56,4	0,2
feb-24	57	292	41,7	58,1	0,1
mar-24	58	287	45,5	54,3	0,2
abr-24	59	263	38,4	61,4	0,2
may-24	60	248	33,2	66,7	0,1
jun-24	61	209	37,2	62,6	0,2

Tabla 4. Emisión y captura de carbono mensual, en un sistema de zoca de café a libre exposición.

Mes - año	C (g m ⁻²)			
	INCE	PPB	RECO	INCE Acumulado
jul-23	-41,52	-629,08	587,56	-2.072,40
ago-23	-2,69	-589,72	587,03	-2.075,08
sep-23	-44,68	-422,79	378,11	-2.119,77
oct-23	-20,90	-483,23	462,33	-2.140,67
nov-23	-17,38	-492,87	475,49	-2.158,05
dic-23	-23,34	-505,20	481,87	-2.181,38
ene-24	-49,37	-534,22	484,86	-2.230,75
feb-24	-36,20	-449,70	413,51	-2.266,94
mar-24	-78,82	-417,89	339,07	-2.345,76
abr-24	-63,40	-445,68	382,28	-2.409,16
may-24	-65,52	-508,04	442,52	-2.474,68
jun-24	-7,73	-462,28	454,55	-2.482,41
Total jul 2023 - jun 2024	-451,53	-5.940,70	5.489,17	

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

Como resultado del monitoreo de los componentes del balance hídrico en tres localidades para diferentes densidades de siembra y edades de cultivo, se encontró que, bajo todos los rangos de lluvia externa, etapas de cultivo y densidades, la lluvia efectiva diaria varía desde el 30%, para lluvias inferiores a 1 mm, hasta el 97% para lluvias superiores a 20 mm, lo cual es de gran importancia en la modelación del balance hídrico, ya que, bajo la metodología usada actualmente, se desprecia la lluvia efectiva cuando la precipitación diaria es inferior a 6,0 mm. La evapotranspiración de referencia calculada durante el período de estudio para la estación Manuel Mejía (El Tambo, Cauca) varió entre 0,10 y 5,74 mm día⁻¹, en Naranjal (Chinchiná, Caldas) entre 0,06 y 6,779 mm día⁻¹ y en Paraguaicito (Bellavista, Quindío) entre 0,1 y 5,63 mm día⁻¹. En cuanto al déficit de presión de vapor, en la estación Manuel Mejía el valor promedio fue 8 hPa, con valores promedio diarios máximos de 18,8 hPa y mínimo de 1,5 hPa, en Naranjal el valor promedio fue de 13,6 hPa con un valor máximo de 25,0 hPa y mínimo de 2,9 hPa y en Paraguaicito fue 12,7 hPa, con un valor máximo de 22,4 hPa y mínimo de 2,5 hPa, siendo esta última estación la que presenta una mayor frecuencia de horas durante el día con valores por encima de 20 hPa. Los períodos con menores precipitaciones son aquellos en que el déficit de presión de vapor se incrementa. Al comparar el Índice de Disponibilidad Hídrica-IDH con las mediciones de la humedad del suelo (Figura 3), se observó que el IDH puede indicar condiciones deficitarias con una decada de anticipación respecto a

Tabla 5. Balance anual del carbono capturado en una zoca de café a libre exposición solar

Año	C (t ha ⁻¹)		
	Café muestreo	Maíz muestreo	Café - Maíz (Eddy Covariance)
1	3,06	4,79	3,49
2	3,55		4,79
3	3,04		5,90
4	1,79		6,13
5	3,15		4,52
Tasa anual	2,92	0,96	4,97

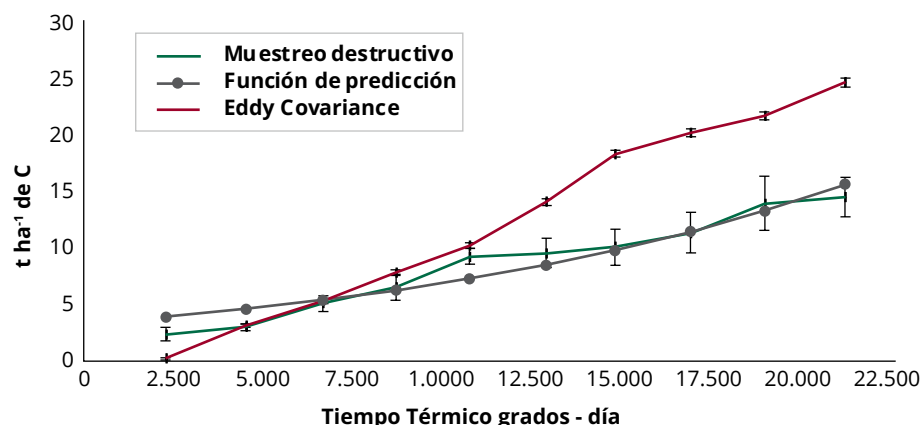


Figura 2. Evolución de la captura de carbono en un ciclo de zoca a libre exposición en la Estación Experimental Paraguaicito.

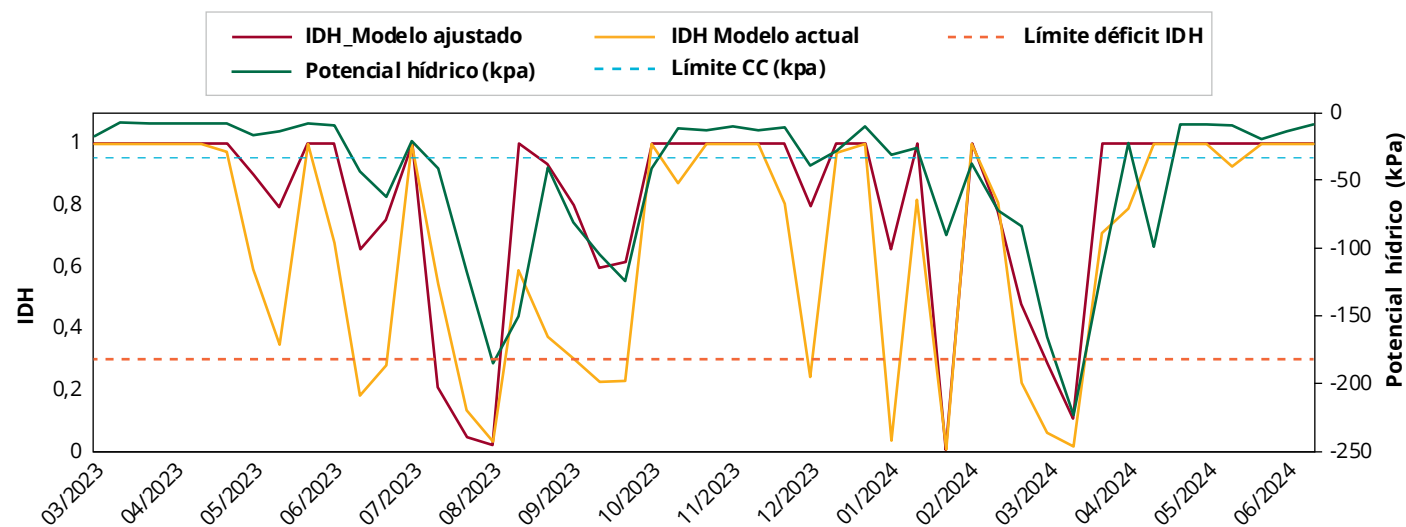


Figura 3. Comparación del Índice de disponibilidad hídrica bajo el modelo actual y el modelo ajustado, en relación al potencial hídrico observado en el suelo. Estación Paraguaicito.

la condición real y bajo los ajustes realizados al parámetro de lluvia efectiva se observó una mejor representación de la humedad respecto a los valores reales.

Ajuste y validación de modelos de predicción climática en entornos cafeteros colombianos. ACL103009

Como parte del proceso de integración de bases de datos climáticas y desarrollo de la metodología de control de calidad, se realizó la verificación y depuración del catálogo de estaciones de la red FNC, la estimación del número de registros faltantes que presentan las series y se documentó el proceso de captura, custodia y control de calidad de los datos meteorológicos que realiza Cenicafé. Dentro de la fase inicial de la evaluación retrospectiva de las predicciones climáticas estacionales de precipitación, se definieron las zonas y períodos de interés a partir del análisis de la información histórica de la FNC de 104 estaciones, teniendo en cuenta los trimestres de floración y cosecha. Se seleccionó un período de análisis de diez años comprendidos entre

2014 y 2023 y horizontes predictivos de 0-3 y 5 meses (Tabla 6). Para las diferentes regiones cafeteras, se identificaron los trimestres EFM, FMA, ASO, SON, como

períodos de interés para la floración y los trimestres MAM, AMJ, SON y OND como períodos de interés para cosecha (Figura 4).

Tabla 6. Trimestres de interés y *lead time* seleccionados para el análisis retrospectivo de predicciones estacionales.

Región cafetera	Etapa	Trimestre a pronosticar	Predictor por lead time		
			LT-0	LT-3	LT-5
Cosecha principal segundo semestre	Floración	FMA	(FMA)_Ene	(FMA)_Oct	(FMA)_Ago
	Cosecha	OND	(OND)_Sep	(OND)_Jun	(OND)_Abr
Dos cosechas -principal segundo semestre, mitaca primer semestre	Floración	FMA	(FMA)_Ene	(FMA)_Oct	(FMA)_Ago
		ASO	(ASO)_Jul	(ASO)_Abr	(ASO)_Feb
	Cosecha	OND	(OND)_Sep	(OND)_Jun	(OND)_Abr
		MAM	(MAM)_Feb	(MAM)_Nov	(MAM)_Sep
Dos cosechas -principal primer semestre, mitaca segundo semestre	Floración	EFM	(EFM)_Dic	(EFM)_Sep	(EFM)_Jul
		ASO	(ASO)_Jul	(ASO)_Abr	(ASO)_Feb
	Cosecha	SON	(SON)_Ago	(SON)_May	(SON)_Mar
		MAM	(MAM)_Feb	(MAM)_Nov	(MAM)_Sep
Cosecha principal primer semestre	Floración	ASO	(ASO)_Jul	(ASO)_Abr	(ASO)_Feb
	Cosecha	AMJ	(AMJ)_Mar	(AMJ)_Dic	(AMJ)_Oct

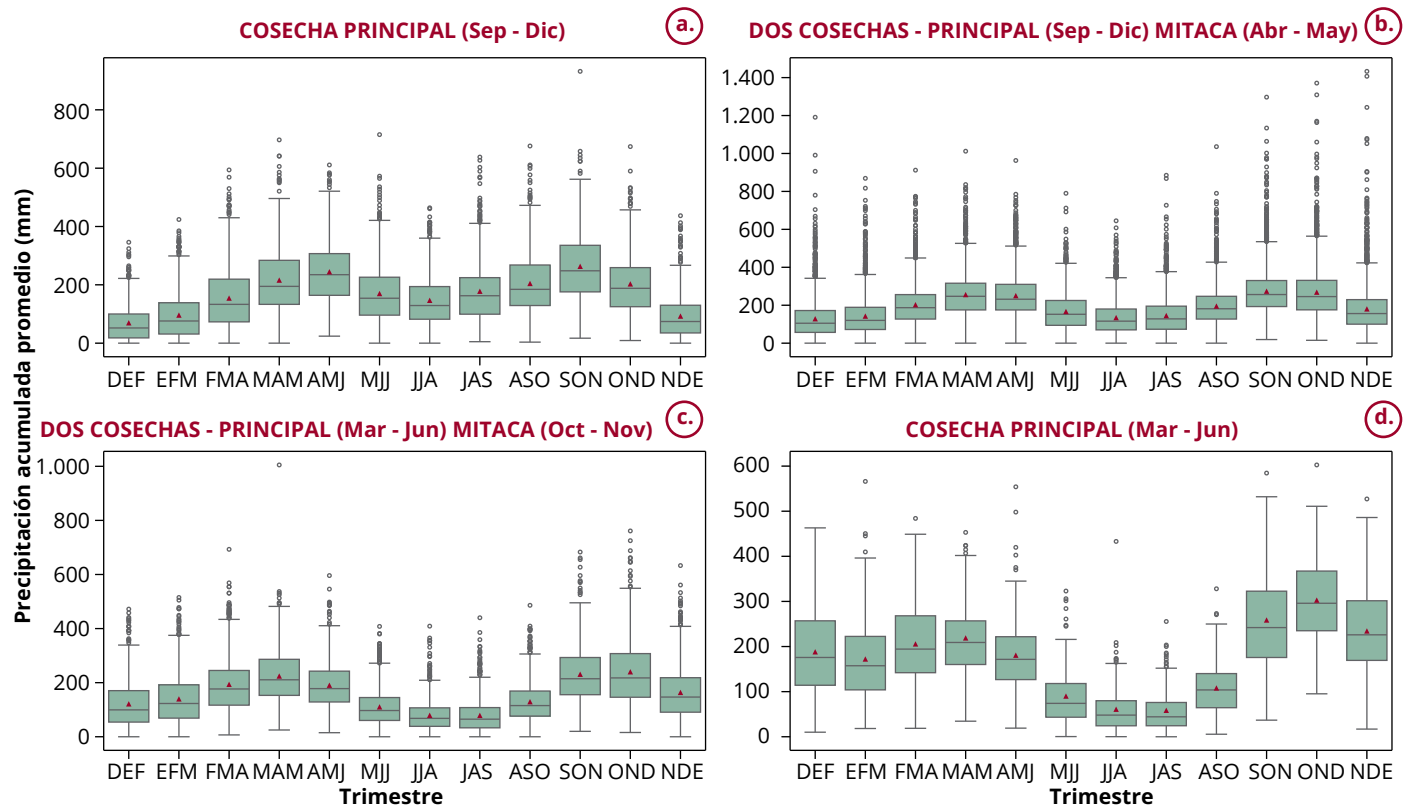


Figura 4. Precipitación acumulada promedio trimestral para las regiones cafeteras clasificadas por patrón de cosecha. Regiones cafeteras según época de cosecha. **a.** Cosecha principal en segundo semestre; **b.** Cosecha principal en segundo semestre y mitaca en primer semestre; **c.** Cosecha principal en primer semestre y mitaca en segundo semestre; **d.** Cosecha principal en primer semestre.



Biometría

La Disciplina de Biometría continúa su apoyo a los investigadores del Centro en la planeación de sus propuestas de investigación soportados en el método científico, aplicando herramientas estadísticas para el análisis de datos tales como diseños experimentales, análisis multivariado, funciones de probabilidad, entre otros. Con la aplicación de estos análisis se busca dar cumplimiento a los objetivos de cada uno de los experimentos. Durante este período se discutieron al menos 48 propuestas de investigación, dando trámite en el sistema de información y gestión de proyectos de investigación –SIGA- a 39 investigaciones que fueron formalizadas ante el Comité de Investigación.

Determinación de propiedades químicas de suelos de la zona cafetera colombiana por espectroscopia de infrarrojo cercano – NIRS. BIO103007

Esta propuesta de investigación, se fundamenta en la ventaja que ofrece esta tecnología para la determinación de compuestos químicos a bajo costo y menos contaminación. Con el objetivo de estudiar y comprender acerca de los **Métodos de Pretratamiento Espectral**, los cuales son técnicas avanzadas de procesamiento espectral que reducen el ruido y eliminan efectos indeseados de los espectros y se aplican de manera previa para maximizar la precisión y robustez de los modelos predictivos ajustados, se analizaron 900 espectros NIRS de muestras de café verde almendra utilizando el equipo NIRS XDS RCA (2012) de FOSS. Las lecturas se realizaron por duplicado

en una celda rectangular, abarcando el rango de 400 a 2.500 nm, con lecturas equiespaciadas de 10 nm. En la Figura 5a-h, se presentan los cambios en los espectros resultantes de cada pretratamiento. Un resultado notable, es el efecto del pretratamiento de primera derivada, el cual elimina las tendencias presentes en el espectro original (Figura 5a) y revela la aparición de dos picos marcados en la absorbancia, particularmente en el rango de longitudes de onda entre 1.400 y 2.000 nm (Figura 5f). Estas fluctuaciones reflejan variaciones en la cantidad de luz absorbida dentro de este intervalo específico, destacándose detalles espectrales sutiles. Dichas características serían difíciles de identificar en el espectro original, ya que tienden a estar enmascaradas por variaciones globales más amplias. Cabe anotar que, si bien los pretratamientos ayudan a mejorar la calidad del modelo, no necesariamente estos aseguran errores de predicción mínimos en compuestos químicos, dado que hay compuestos que no se pueden identificar por medio de esta metodología de espectroscopia NIRS.

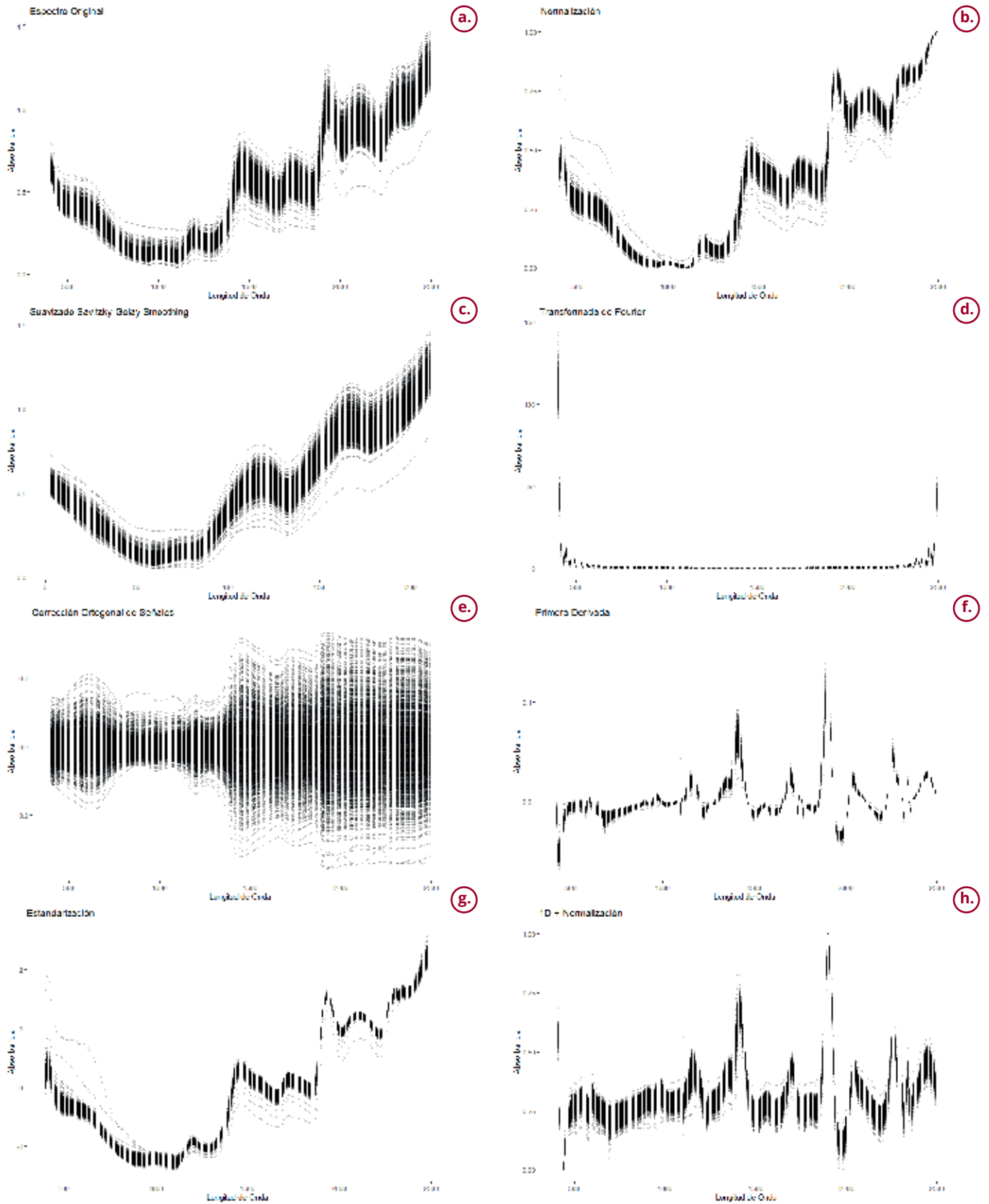


Figura 5. Comportamiento de los espectros NIRS de muestras de café verde almendra después de aplicar seis pretratamientos espectrales: Normalización, Suavizado Savitzky-Golay, transformada de Fourier, corrección ortogonal de señales, primera derivada, estandarización y una conjunta de primera derivada y normalización. Cada gráfico muestra cómo cada pretratamiento afecta en términos de absorbancia la forma y características de los espectros en el rango de longitud de onda de 400 a 2.500 nm.

Por otro lado, una de las actividades que realiza la Disciplina de Mejoramiento Genético con apoyo de la Disciplina de Experimentación y Biometría, consiste en hacer **seguimiento en el campo del comportamiento de las progenies que conforman las variedades comerciales de café, frente a la roya**. Este seguimiento se realiza desde el segundo semestre de 2019 en seis Estaciones Experimentales de Cenicafé, y desde entonces se realiza una evaluación cada semestre. La evaluación consiste en seleccionar 20 plantas de cada lote y progenie a partir de un muestreo sistemático de 1 en k, de cada árbol seleccionado se toma una rama del tercio productivo del árbol con al menos diez hojas. Se evalúa la incidencia y severidad por roya. Para la primera variable se obtienen dos medidas, una cuantitativa y otra cualitativa, la cuantitativa, se obtiene a partir del cociente entre el número de hojas afectadas por roya y el total de hojas y la medida cualitativa, a partir de la escala de Eskes y Toma Braghini (0 a 9). La severidad, corresponde al área afectada por roya, de acuerdo al diagrama de área estándar (DAE). De forma general, el porcentaje de incidencia promedio por lote en todas las estaciones no superó el 13% en el período comprendido entre el segundo semestre de 2019 hasta el segundo semestre de 2024 (Tabla 7). Al revisar la incidencia en cada una de las estaciones durante cada uno de los semestres evaluados, se observa que en la mayoría de los semestres el porcentaje de incidencia por lote se mantiene por debajo del 15%, aunque se destaca el período 2020-2 donde las estaciones El Rosario, Naranjal y El Tambo presentaron los máximos valores de incidencia alcanzando un valor cercano al 35%, específicamente en la estación El Tambo (Figura 6). Con respecto al porcentaje de severidad promedio por lote, durante los 11 semestres evaluados los valores se mantienen por debajo del 1,5%, nuevamente se destaca el período 2020-2 con los valores de severidad más altos promedio por lote, en las estaciones El Rosario, Naranjal y El Tambo. (Figura 7). Al revisar la incidencia y severidad de las ocho progenies que conforman la variedad Cenicafé 1, se observa que el comportamiento puede diferir entre progenies, tal es el caso de la progenie CU2021 donde el 50% de los lotes evaluados, presentaron porcentajes de incidencia superiores al 15% en las estaciones del La Trinidad y Naranjal; mientras que la progenie CU1953, registró en el 50% de lotes, incidencias promedio inferiores al 5% en todas las estaciones (Figura 8). La severidad de las progenies de la variedad Cenicafé 1, en todas las localidades no supera el 0,5% en promedio por lote. Aunque se presentan algunos valores atípicos en todas las estaciones, estos en su mayoría no alcanzan el 1% de severidad (Figura 9). Otro de los aspectos que se tuvo en cuenta en estas progenies de Cenicafé 1, fue

la evaluación de seguimiento del número de hojas dado que, tanto la incidencia como la severidad, se miden en este órgano de la planta. Teniendo en cuenta la evaluación en cada semestre y de acuerdo con la metodología de toma de información (20 árboles por progenie, en cada lote), pueden encontrarse un total entre 300 y 700 hojas en promedio (Figura 10), indicando un promedio entre 20 y 35 hojas por rama. Dentro del análisis exploratorio de este conjunto de datos, se tienen en cuenta los estudios de las relaciones entre incidencia y severidad de forma general, para cada localidad, período de evaluación por progenies, variedad y edad del cultivo. La importancia de esta actividad, radica en tener información que permita conocer la resistencia a la roya de las progenies, además de identificar patrones estacionales o condiciones específicas de la enfermedad, como cambios en el clima, que puedan favorecer el desarrollo de la enfermedad.

Implementación de un modelo de simulación para el cultivo del café. BIO101010

Esta investigación hace parte del proyecto “Colombia Agroalimentaria Sostenible, adaptación al cambio Climático” tiene como finalidad disponer de un aplicativo web, como herramienta para evaluar el impacto de la variabilidad y cambio climático en la producción de café. El proceso metodológico para la realización de esta investigación, inicia con la revisión de estructuras de modelos para la producción potencial del café y seleccionar la que cumpla con criterios de evaluación, validación y que tenga como mínimo una variable de clima como variable exógena. Posteriormente, sobre la estructura seleccionada, se desarrollarán las siguientes

Tabla 7. Incidencia y severidad de la roya en las estaciones, período 2019-2 a 2024-2.

Localidad	% Incidencia			% Severidad		
	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo
El Rosario	8,0	0,0	72,6	0,1	0,0	2,9
La Catalina	6,9	0,0	43,2	0,1	0,0	2,4
La Trinidad	9,2	0,0	52,8	0,1	0,0	1,1
Naranjal	12,3	0,0	61,5	0,1	0,0	1,9
Paraguaicito	9,4	0,0	39,3	0,2	0,0	1,2
EL Tambo	9,2	0,0	44,8	0,2	0,0	3,1

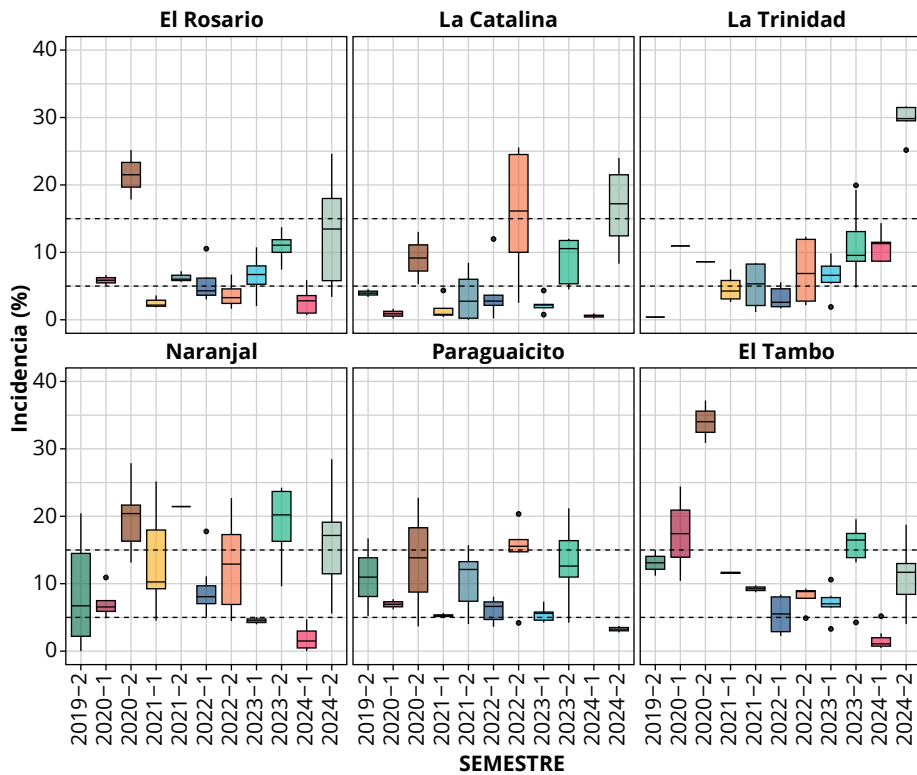


Figura 6. Distribución del porcentaje de incidencia promedio en los lotes de las estaciones. Período 2019-2 a 2024-2.

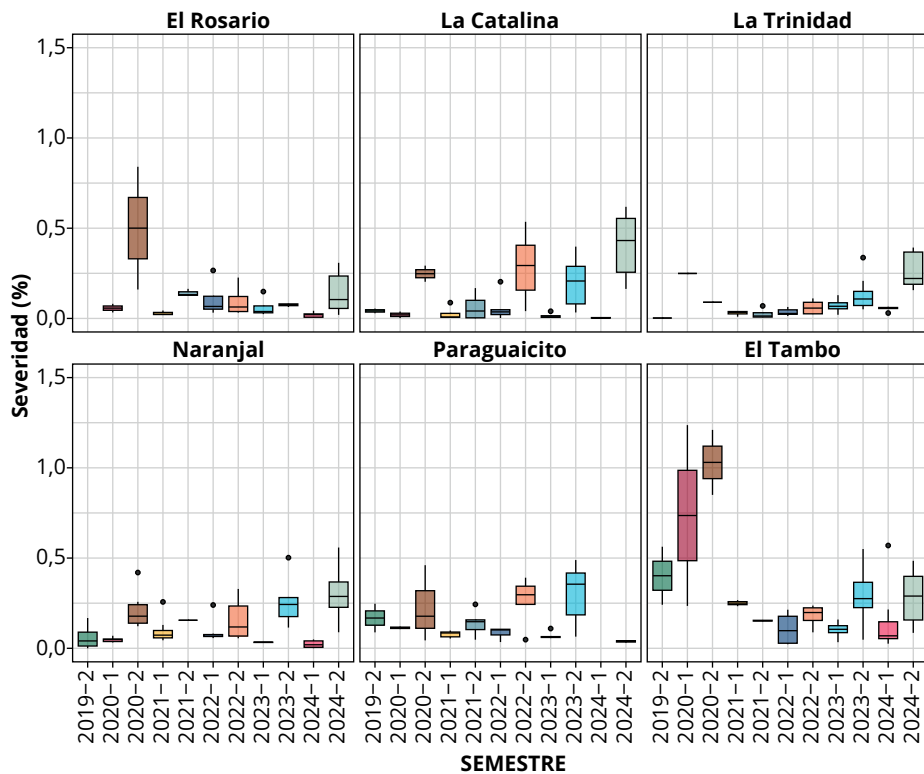


Figura 7. Distribución del porcentaje de severidad promedio en los lotes de las estaciones. Período 2019-2 a 2024-2.

etapas en la construcción de los submodelos que limitan la producción, tales como agua, sombrero, nutrientes, plagas y enfermedades. A cada uno de estos submodelos, se les define: a) el objetivo y el alcance; b) análisis del sistema; c) formulación del submodelo; d) evaluación del submodelo; y e) validación. A partir de la revisión de las estructuras de modelos para la producción potencial del café, en la cual se identificó el objetivo, alcance, variables de entrada, procesos, variables de estado y variables de salida o endógenas de los modelos (Tabla 8), se identificaron cuatro modelos de simulación para café basado en procesos (Montoya et al. 2009; van Oijen et al. 2010; Rodríguez et al. 2011; Vezy et al. (2020). Estos modelos usan datos diarios de clima y simulan los procesos a escala diaria. Todos simulan el rendimiento de café a escala de lote, excepto el modelo de Rodríguez et al. (2011) que lo simula a nivel de planta. Para la selección de la estructura base a trabajar, se definieron cinco criterios para facilitar la selección de modelos para el nivel I (producción potencial): i) robustez, ii) transparencia, iii) validación, iv) seguimiento o trazabilidad y v) complejidad. Teniendo en cuenta lo anterior, el modelo de Montoya et al. (2009) además de cumplir con los criterios, integra 30 años de conocimientos de Cenicafé que lo hace relevante para cumplir el objetivo de esta investigación. Este modelo, simula la producción en función de la densidad de siembra y está parametrizado para la variedad Colombia y variedad Caturra. A parte de tener una formalización sólida en todos los procesos, se destaca la representación de interceptación de luz, fotosíntesis, respiración y

crecimiento foliar. Este modelo se considera la mejor opción, como base para desarrollar otros niveles limitantes de la producción. De acuerdo con lo anteriormente expuesto y como una primera aplicación del nivel de producción potencial del cultivo del café (nivel I), se tomó la información registrada de producción acumulada (sacos de 60 kg de café verde) en 64 lotes de multiplicación de semilla, de variedades mejoradas, distribuidos en cinco Estaciones Experimentales, así: Naranjal (28 lotes), El Rosario (tres lotes), La Trinidad (17 lotes), La Catalina (seis lotes) y Paraguaicito (diez lotes). Para obtener la producción potencial acumulada, se tuvieron como variables de entrada al modelo: latitud, fecha de siembra de cada lote, densidad, registros diarios de temperatura media diaria y registros diarios del número de horas de brillo solar, entre el período fecha de siembra y diciembre 31 del 2023. En todas las estaciones y lotes, la densidad es de 7.142 plantas/ha. En este informe preliminar, se presentan los resultados de la simulación de la producción potencial acumulada frente a la producción observada acumulada, para la Estación Experimental Naranjal (Tabla 8), los cuales indicaron que en todos los casos (lotes) la producción potencial es mayor que la producción observada. La diferencia entre la producción potencial y la observada, fluctuó entre 11,1 sacos (mínima) y 157,5 sacos (máxima), con un promedio de 80,6 sacos (Figura 11). Esta información, constituye un referente para identificar aspectos limitantes en la producción tanto de las variables de clima como de manejo, y con las cuales se tendrían criterios para aproximarse a la producción potencial del cultivo.

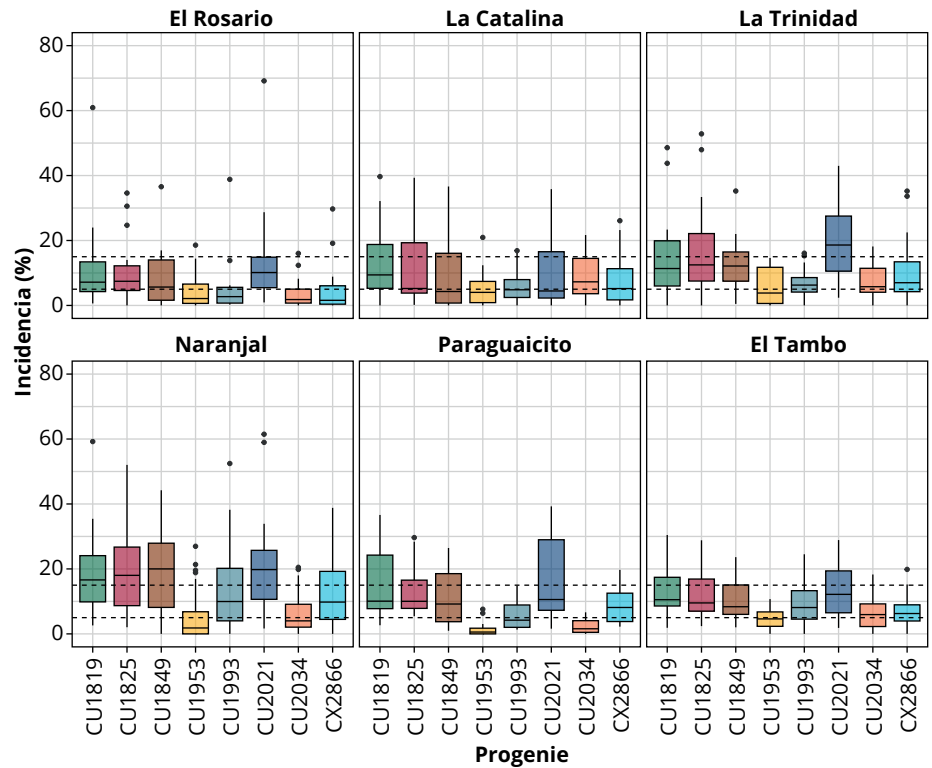


Figura 8. Distribución del porcentaje de incidencia promedio por lote de las progenies de la variedad Cenicafé 1.

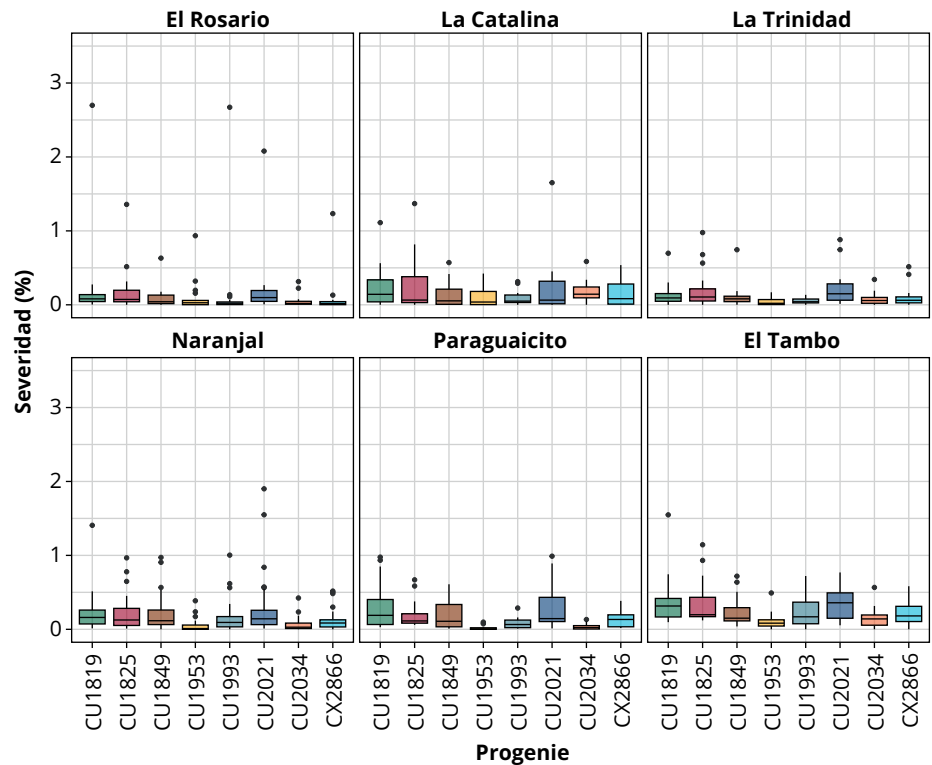


Figura 9. Distribución del porcentaje de severidad promedio por lote de las progenies de la variedad Cenicafé 1.

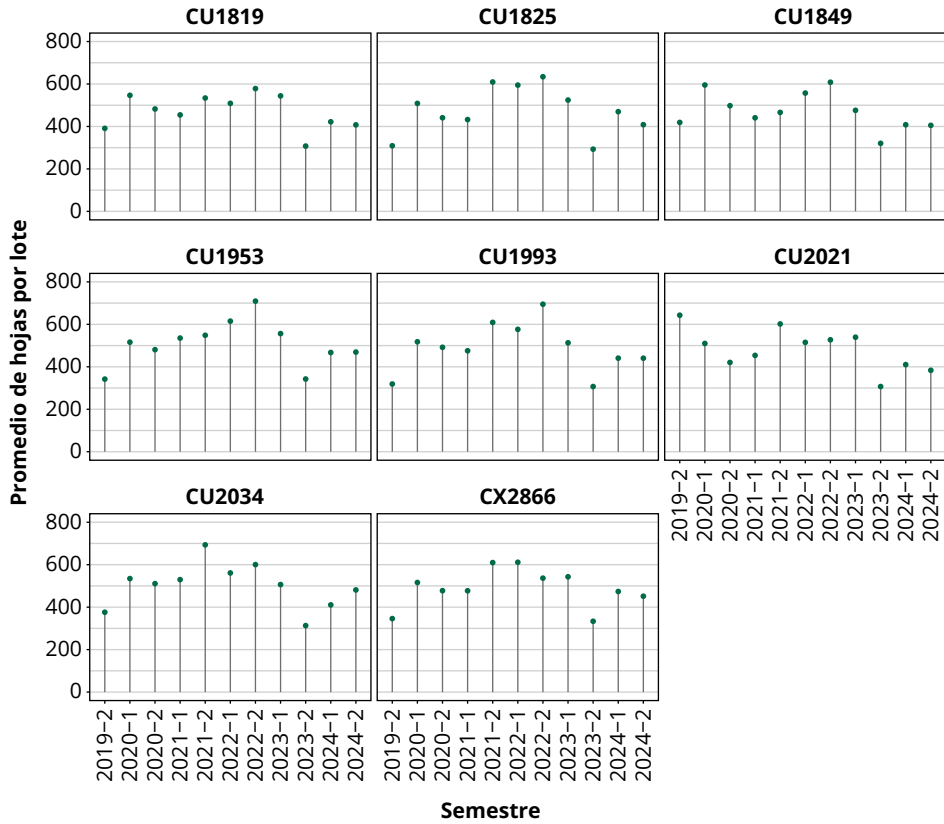


Figura 10. Número promedio de hojas por lote de las progenies de la variedad Cenicafé 1 por semestre evaluado.

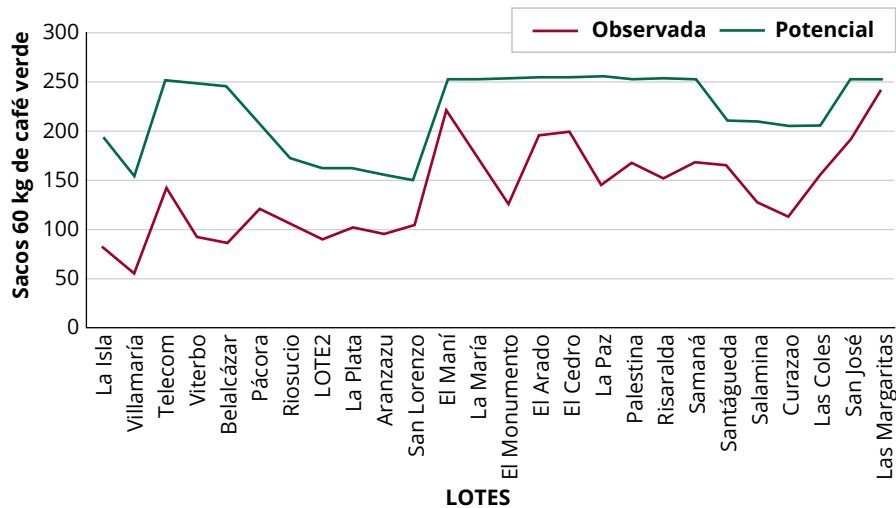


Figura 11. Producción en sacos de 60 kg de café verde, observada y simulada - Estación Experimental Naranjal.

Tabla 8. Revisión de modelos para cultivo de café.

Lenguaje de programación		Módulo IML de SAS, versión 5.0	Fortran, R	No hay información	R Statistics
Validado		Si	Si	No	Si
Evaluado		Si	Si	Si	Si
Diagrama de Forrester		Si	Si	Si	No
Variables	Salida	Producción kg cc/ árbol Materia seca por órgano	Producción kg/ha Materia seca por órgano Materia seca de árboles asociados Carbono del suelo Emisiones de óxido nítrico Lixiviación de nitrógeno Humedad del suelo Erosión de suelo	Materia seca por órgano Índice de área foliar Nitrógeno en la planta Número de botones florales y frutos	Rendimiento de café
	Estado	Energía absorbida Asimilados Asimilados netos Estado desarrollo cultivo Índice área foliar	Carbono en hojas, raíces, frutos Nitrógeno en hojas Índice de área foliar Estado fenológico Carbono y nitrógeno en hojarasca Carbono orgánico del suelo (estable e inestable) Nitrógeno mineral Contenido de agua	Acumulación metabólica Masa de frutos Masa de tallo Masa de hojas Masa de raíces	
	Entrada	Latitud Brillo solar Fecha siembra Temperatura media diaria No. Plantas/ha	Latitud CO ² Temperatura diaria (máx./min) Precipitación diaria Humedad del aire Velocidad del viento Punto de marchitez permanente Capacidad de retención de agua	Temperatura diaria (máx./min) Humedad relativa Precipitación Radiación solar Punto de marchitez permanente Capacidad de retención de agua	Latitud Temperatura mensual (min/ máx.) Precipitación mensual
Tipo de Modelo		Mecanístico	Modelo de cultivo basado en procesos a nivel de parcela (1_dimensión)	Modelo de cultivo basado en procesos a nivel de planta	Modelo agrometeorológico
Alcance		Determinar la reducción en porcentaje, de la producción del cultivo del café por efecto de la variabilidad climática	Fenología, eficiencia de uso de luz, distribución de materia seca, área foliar, humedad de suelo, árboles asociados, microclima	Intercepción de luz y fotosíntesis Dinámicas de agua y nitrógeno Distribución de materia seca Dinámicas y fenología de fructificación	Predicción de rendimiento
Objetivos		Mejorar la investigación y proceso de toma de decisiones en todos los niveles del sector agropecuario	Explorar la respuesta del sistema a decisiones de manejo, diferentes condiciones ambientales y cambio climático.	Modelo de cultivo para integrar en un sistema tritrófico (planta, broca, parasitoide).	Estimar el rendimiento basado en la cosecha anterior, condiciones climáticas, irrigación y concentración de CO ² en la atmósfera
Descripción		Modelo de cultivo adaptado a las condiciones de Colombia	Modelo 'simple' de sistemas agroforestales de café adaptado a Centro América que representa los flujos más importantes para productividad y servicios ecosistémicos.	Modelo con enfoque en las dinámicas fenológicas parametrizado para Colombia y Brasil. El modelo es una caja negra, ya que falta información en el documento y los autores no hacen el modelo accesible a otros investigadores	Modelo de rendimiento de café agrometeorológico. No es basado en procesos
Autor		Montoya et al. (2009)	van Oijen et al. (2010); Rahn et al. 2018; Ovalle et al. (2020); van Oijen et al. (2022)	Rodríguez et al. (2011)	Camargo et al. (2005) Santos et al. (2006) Verhage et al. (2017)



La Disciplina de Calidad contribuye a través de la investigación al conocimiento de factores, prácticas y controles de las diferentes etapas productivas que tienen un impacto en la calidad física, sensorial y en la composición química del café. Lo anterior, con el fin de apoyar el mejoramiento de la competitividad de los caficultores mediante la conservación y la diferenciación de la calidad del café producido en la finca.

En el período 2023-2024 están en ejecución diez proyectos de investigación y la actividad panel de análisis sensorial del café. De las investigaciones, tres están asociadas a la caracterización de la calidad, así como de los ecotopos cafeteros y de los departamentos de Cesar y Quindío a través de proyectos financiados por el Sistema General de Regalías. En esta misma línea, están en desarrollo dos nuevas investigaciones en NIRS para determinar mezclas de café colombiano con *Coffea arabica* y *C. canephora* de otros orígenes. Dentro de las investigaciones asociadas al almacenamiento, se finalizó la evaluación

de diferentes empaques y condiciones de almacenamiento de café excelso y está en proceso la evaluación en la matriz de café tostado. En los procesos para potenciar la calidad del café se finalizó la evaluación del grado de madurez del fruto y su comportamiento en diferentes procesos de poscosecha como la reserva del fruto. En la conservación de la calidad está en proceso la investigación: evaluación de la calidad del café obtenido por mezclas de café despulpado en diferentes días de procesamiento y la evaluación del efecto de frutos pintones en la calidad del café.

Se realizó la caracterización de la calidad física, sensorial y composición química del café producido en 20 ecotopos cafeteros mediante el análisis de 1.110 muestras tomadas aleatoriamente, durante tres años. El 97,8% de las muestras obtenidas provienen de variedades mejoradas como Castillo®, Colombia, Cenicafé 1 y Tabi. En general, el promedio de almendra sana fue de 78,1% y los ecotopos 102A, 308A y 309A, obtuvieron puntajes totales SCA mayores a 85 puntos, que clasifica el café como excelente. En la caracterización del café procedente del departamento de Cesar y mediante la correlación de Pearson, se observó una relación lineal directa entre el puntaje de acidez sensorial y los compuestos 3,5-di-CQA y 5-CQA e inversa con 3-CQA, 4-CQA, 4,5-CQA, presentes en la almendra de café. En cuatro localidades, se evaluó el efecto de ocho empaques en la calidad del café excelso. En El Alto de Letras, la calidad se conservó durante 365 días con el 50% de los empaques evaluados, mientras que, en Santa Marta, cuarto frío y Chinchiná, la calidad se afectó a través del tiempo, independientemente del empaque. Al

extender el tiempo de reserva del fruto de 24 a 48 horas se observó un incremento en los grupos de descriptores del sabor asociados a frutales y frutos rojos de 33,33% a 66,66% y de 34,04% a 65,95%, respectivamente; lo anterior implica que las partes constituyentes del fruto, como el exocarpio y el mesocarpio, interactúan con el grano, provocando cambios en la composición química y mejora en la complejidad cualitativa de la calidad sensorial. En la evaluación de la calidad por mezclas de café despulpado, el 45,8% de las muestras no han presentado defectos sensoriales, sin embargo, el tratamiento correspondiente a la mezcla de cinco días, ha presentado el defecto fermento en todas las repeticiones realizadas.

Las catadoras del panel aprobaron los exámenes de calibración para la renovación del certificado como Q-grader. Adicionalmente la disciplina certificó una nueva Q-grader, lo que permite fortalecer la capacidad de análisis del panel de catación. Durante este período se han recibido 1.090 muestras de café, cuya trazabilidad se ha realizado mediante el software desarrollado por TIC para gestionar la calidad del café.

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

Este año finalizó la recepción de muestras de café provenientes de los 12 departamentos adscritos al proyecto. Con el acompañamiento del Servicio de Extensión se tomaron en total 1.110 muestras de café, correspondientes a los muestreos de los años 2021 (362 muestras), 2022 (374) y 2023 (367). Las fincas seleccionadas están ubicadas en los departamentos de Caldas, Antioquia, Casanare, Chocó, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Risaralda, Meta, Tolima y Valle del Cauca. El 97,8% de las muestras obtenidas, provienen de variedades mejoradas, como Castillo®, Colombia, Cenicafé 1 y Tabi. En general, el promedio de almendra sana fue de 78,1%. Se resaltan los ecotopos 105B, 204A, 302A, 305A y 305B, que obtuvieron valores promedio mayores a 79%. El 64% de las muestras no presentaron defecto sensorial, los defectos que se presentaron en mayor proporción fueron el fermento (14%) y terroso (13%), los cuales son indicadores de prácticas indeseadas en el proceso de fermentación y secado del café. No hubo diferencia entre los ecotopos para la variable puntaje total. En la Figura 12 se presentan los puntajes totales obtenidos para todas las fincas en cuatro rangos altitudinales. Se resaltan los ecotopos 102A, 308A y 309A, que obtuvieron puntajes totales mayores a 85 puntos, que clasifica el café como excelente. Adicionalmente, se seleccionaron

50 fincas que hubieran obtenido calificaciones iguales o mayores a 84 puntos durante los análisis y se realizó una visita técnica para conocer las condiciones de procesamiento en cada finca. Hasta la fecha se han realizado 38 visitas, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Santander, Norte de Santander, Valle del Cauca, Risaralda y Tolima.

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

Esta investigación se desarrolló dentro del Proyecto: "Desarrollo experimental para el mejoramiento de la competitividad del sector cafetero del departamento de Cesar" financiado por el Sistema General de Regalías Cesar, cuyo objetivo principal fue diagnosticar la calidad física, sensorial y composición química del café procedente del departamento. La caracterización de la composición química del grano de café se realizó mediante el análisis de muestras recolectadas de 160 caficultores, en diferentes municipios del departamento de Cesar. Este informe se centró en los resultados obtenidos de la identificación y cuantificación de los diferentes isómeros de ácidos clorogénicos en la almendra del grano de café, compuestos que influyen significativamente en los atributos sensoriales y la calidad final de la bebida, particularmente en la acidez. Para llevar a cabo este análisis, se estableció una metodología para la separación, identificación y cuantificación de estos compuestos. La técnica empleada fue la cromatografía líquida de ultra alta resolución (UPLC), utilizando un equipo Acquity MQ acoplado a un detector de arreglo de diodos (PDA 2998), que permitió la identificación de los diferentes isómeros en un rango de longitud de onda entre 210 y 400 nm (Figura 13). La cuantificación de los isómeros se realizó tomando como referencia el ácido 5-cafeoilquinico (5-CQA), determinando las concentraciones relativas con base en coeficientes de absorptividad molar y pesos moleculares reportados en la literatura. Mediante la correlación de Pearson, se observó una relación lineal directa entre el puntaje de acidez registrado por el panel de catación y los compuestos 3,5-di-CQA y 5-CQA e inversa con 3-CQA, 4-CQA, 4,5-CQA, presentes en la almendra de café.

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

Se analizaron 672 muestras de café pergamino seco (cps) procedentes de tres cosechas de 224 fincas de caficultores del Quindío seleccionados de forma

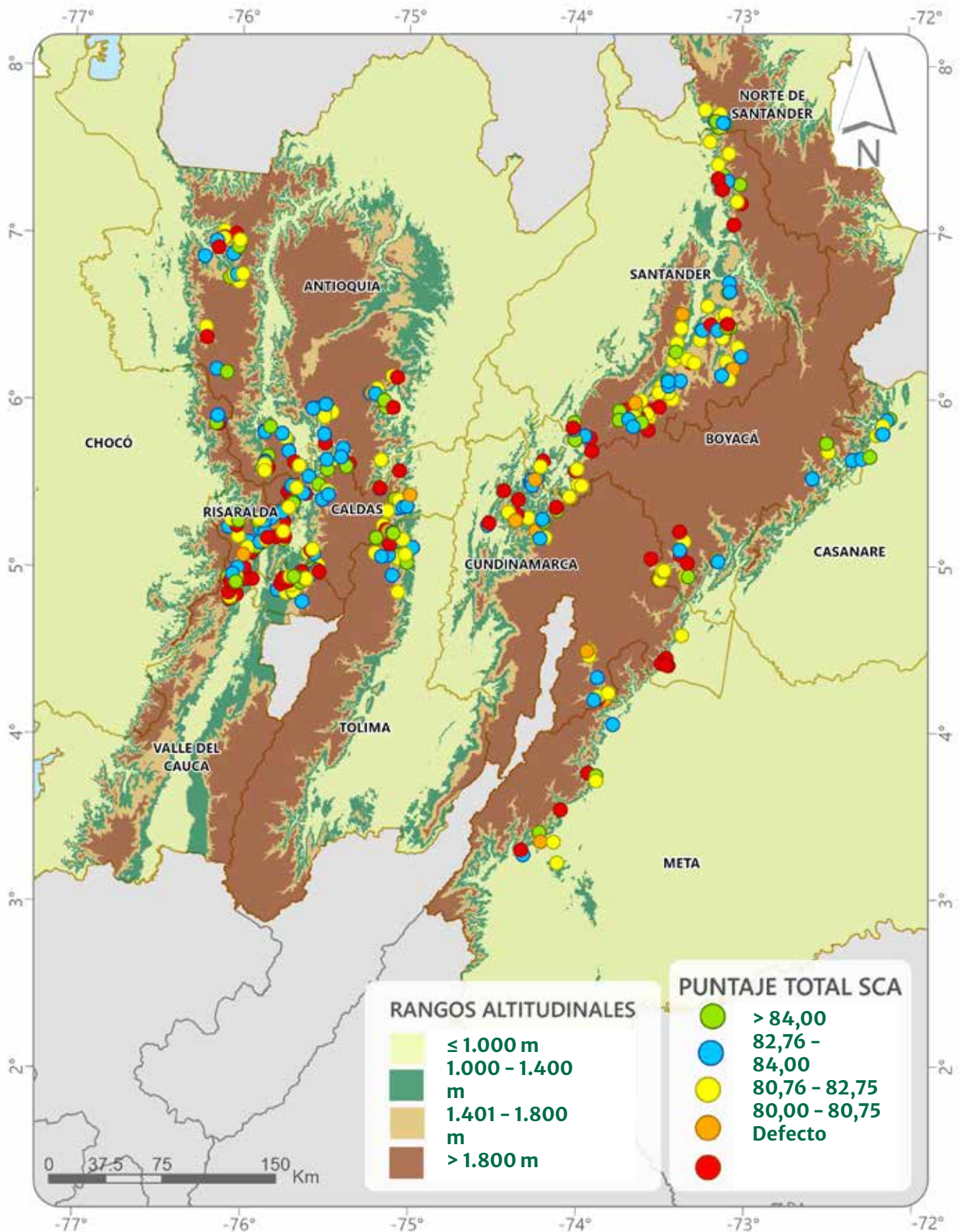


Figura 12. Puntaje total SCA de las muestras recibidas por rango altitudinal.

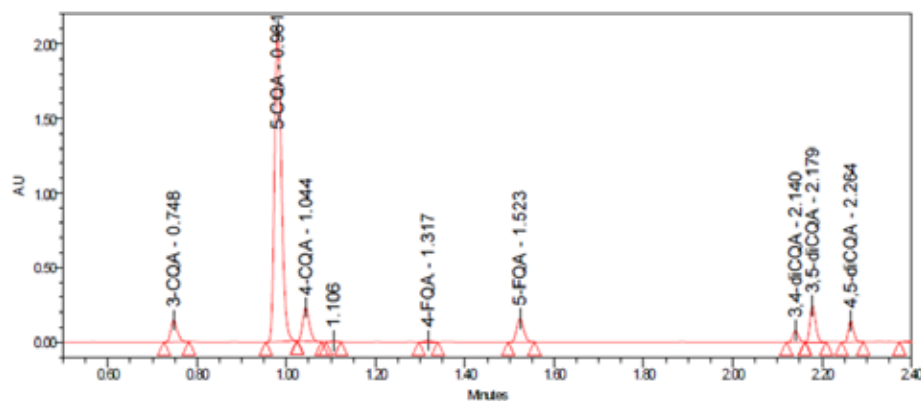


Figura 13. Cromatograma UPLC-DAD de los ácidos clorogénicos en granos de café verde de *C. arabica*: 3 -CQA: 0,75 min; 5-CQA: 0,98 min; 4-CQA: 1,04 min; 4-FQA: 1,32 min; 5-FQA: 1,52 min; 3,4-di-CQA: 2,14 min; 3,5-di-CQA: 2,18 min; 4,5-di-CQA: 2,24 min.

proporcional y aleatoria, en los 12 municipios cafeteros del departamento. La última cosecha de evaluación del proyecto presentó un incremento en el porcentaje de muestras que obtuvieron puntajes por encima de 83 puntos SCA, pasando de 8,5% en la primera cosecha a 25% en la tercera cosecha. Durante la tercera cosecha de evaluación, se registraron muestras con puntajes superiores a 85 puntos SCA. En el análisis de la relación lineal entre los compuestos químicos y el puntaje total SCA, se aplicó el método de correlación de Pearson. Se evidenció una correlación superior al 10% entre el puntaje total SCA y los compuestos ácido araquídico, cafeína, proteínas y el grupo de los ácidos dicafeoilquinicos (3,4-diCQA; 3,5-diCQA y 4,5-diCQA) (Figura 14).

Los resultados obtenidos de la determinación de la composición química producto de las investigaciones CAL101006 y CAL101008 por métodos de referencia, permitieron generar un nuevo modelo de predicción química para café almendra mediante la técnica NIRS (espectroscopia de infrarrojo cercano) que será utilizado en la caracterización de la composición química de diferentes investigaciones (Tabla 9).

Evaluación de la técnica NIRS para la identificación de mezclas de café arábico producido en el país con café arábico de otros orígenes. CAL101009

Esta investigación está relacionada con la caracterización espectral de *Coffea arabica* producida en el país y *C. arabica* proveniente de otros países como Brasil, con el objetivo de establecer el alcance de la técnica NIRS para desarrollar modelos de predicción que permitan identificar las mezclas de café respecto al origen. Se avanzó con la caracterización espectral de muestras de *C. arabica* provenientes de Brasil y Perú (120 muestras de cada origen); se realizaron los

análisis NIRS al café almendra, café tostado entero y tostado molido, en las proporciones establecidas para un total del 1.440 análisis. El análisis de componentes principales, ACP confirma que el comportamiento espectral es diferente para cada grupo de muestras evaluadas (Figura 15). Se desarrollaron modelos de calibración preliminar para los tres tipos de café evaluados y el acierto global por cada uno fue de 97,0% para café almendra verde, tostado entero de 95,3% y tostado molido de 98,0%.

Evaluación de la técnica NIRS para la identificación de mezclas de café colombiano con la especie *C. canephora* proveniente de diferentes países. CAL101010

Esta investigación está relacionada con la caracterización espectral de café de la especie *Coffea canephora* proveniente de otros países, con el objetivo de establecer el alcance de la técnica NIRS para desarrollar modelos de predicción que permitan identificar las mezclas de café con respecto a la especie. Se avanzó con la caracterización espectral de 1.346 muestras de *C. canephora* provenientes de Brasil, Vietnam y Perú. Se realizaron los análisis NIRS al café almendra verde, café tostado entero y tostado molido, en las proporciones establecidas para un total de 3.089 análisis. El análisis de componentes principales, (ACP) confirma que el comportamiento espectral es diferente para cada grupo de muestras evaluadas (Figura 16).

Evaluación del efecto del grado de madurez en la composición química y calidad sensorial del café. CAL102002

Los cambios en las distintas etapas del procesamiento se están convirtiendo en un factor diferenciador de la calidad del café. Actualmente, la práctica de generar demoras en el procesamiento, es decir, reservar el fruto, es un hecho que puede modificar el perfil sensorial de la bebida. Esta investigación evaluó la reserva del fruto en tres estados de madurez, dos temperaturas (15 y 20°C) y en dos tiempos (24 y 48 h), estableciendo su composición química y características sensoriales mediante técnicas analíticas como cromatografía líquida y de gases. El estado de madurez (EM) 1 mostró un efecto sobre los ácidos málico y quínico (Figura 17) debido a la interacción de la temperatura y el tiempo

Correlación de Pearson

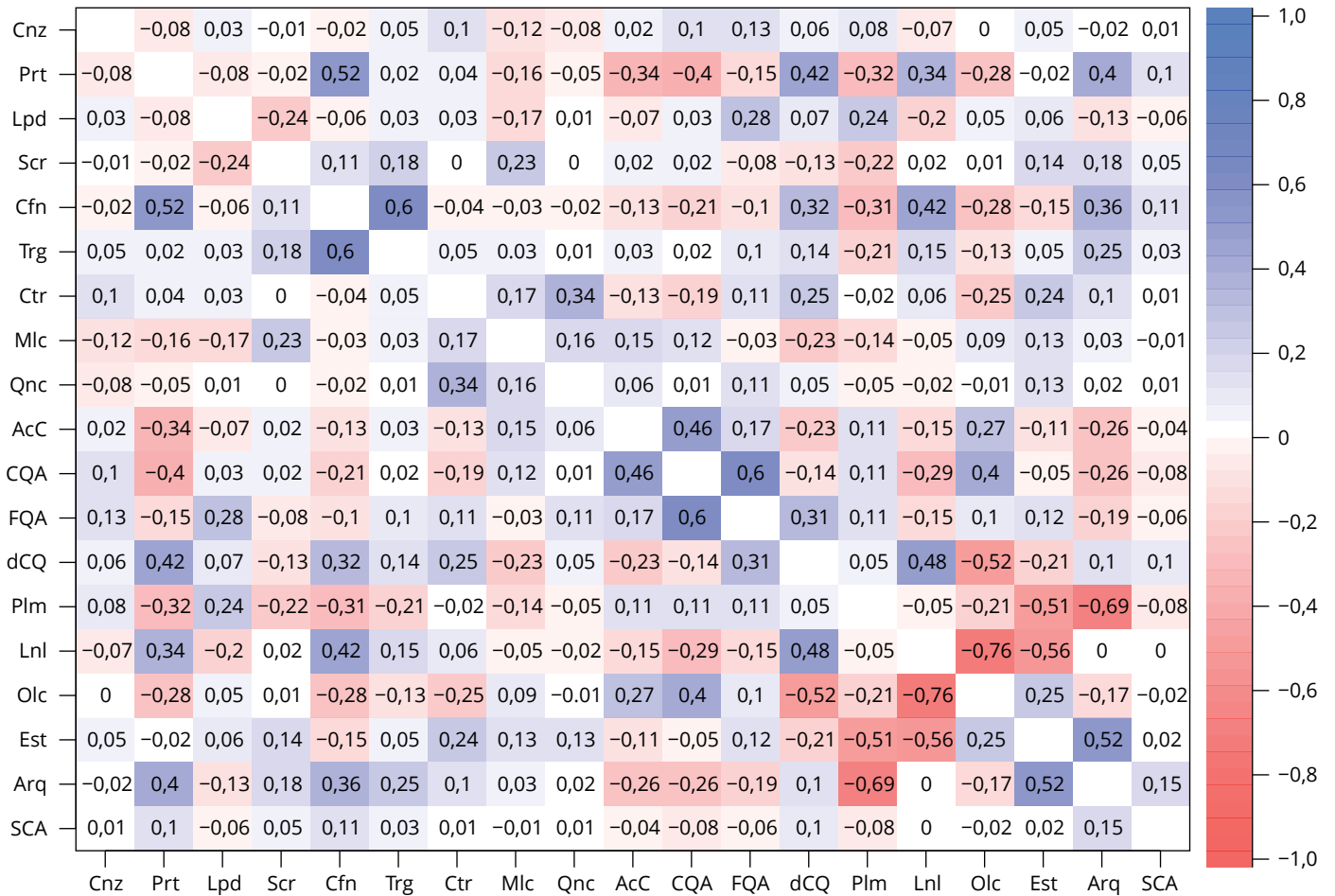


Figura 14. Matriz de correlación de Pearson entre el puntaje total SCA y la composición química del departamento del Quindío. **Cnz**: cenizas; **Prt**: proteína; **Lpd**: Lípidos totales; **Scr**: sacarosa; **Cfn**: cafeína; **Trg**: trigonelina; **Ctr**: cítrico; **Mlc**: málico; **Qnc**: quínico; **AcC**: ácidos clorogénicos; **CQA**: cafeoilquínicos; **FQA**: feruloilquínicos; **dCQ**: dicafeoilquínicos; **Plm**: palmítico; **Lnl**: linoleico; **Olc**: Oleico **Est**: esteárico **Arq**: araquídico **AcC**:acidez; **SCA**: Puntaje total.

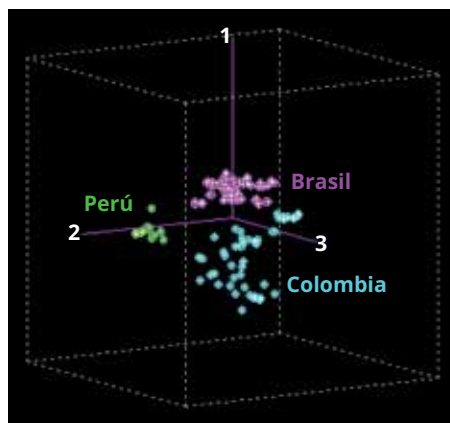


Figura 15. Análisis de componentes principales de *C. arabica* de origen de Colombia, Brasil y Perú.

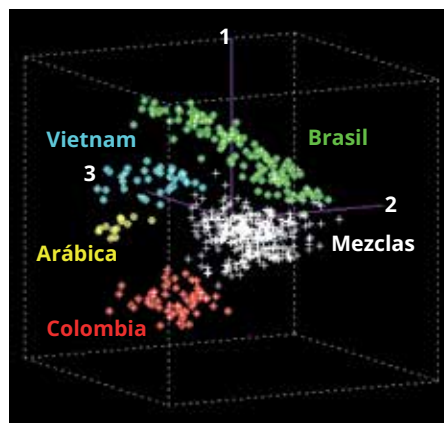


Figura 16. Análisis de componentes principales en café almendra *C. canephora*.

de reserva, mientras que el estado de madurez 3 mostró un efecto sobre la glucosa y la fructosa. El estado de madurez 2 mostró un efecto del tiempo de reserva sobre los mismos compuestos de los estados 1 y 3, además del

contenido de granos defectuosos y sacarosa. La calidad sensorial expresada como el puntaje total SCA (Specialty Coffee Association) y los atributos, no han sido afectados por los tratamientos, pero la reserva del fruto bajo las condiciones evaluadas presenta un efecto sobre los descriptores del sabor. Al extender el tiempo de reserva del fruto de 24 a 48 horas se observó un incremento en los grupos de descriptores del sabor asociados a frutales y frutos rojos de 33,33% a 66,66% y de 34,04% a 65,95%, respectivamente. Lo anterior implica que las partes constituyentes del fruto, como el exocarpio y el mesocarpio, interactúan con el grano, provocando cambios en la composición química y mejora en

Tabla 9. Validación estadística del nuevo modelo de predicción de compuestos químicos.

Compuesto	Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	Valor-p	Error relativo de predicción
Lípidos	Lab	9,20	13,39	11,04	0,83	0,26	0,0100
	NIRS	9,14	12,96	10,93	0,70		
CQAT	Lab	4,52	5,86	5,32	0,28	0,51	0,0040
	NIRS	4,77	5,81	5,30	0,22		
Sacarosa	Lab	5,99	9,66	7,85	0,77	0,85	0,0020
	NIRS	6,48	8,96	7,87	0,45		
Cafeína	Lab	0,66	1,55	1,15	0,14	0,46	0,0105
	NIRS	0,91	1,44	1,16	0,11		
Trigonelina	Lab	0,32	1,14	0,86	0,13	0,10	0,0251
	NIRS	0,74	1,05	0,88	0,07		
Palmítico	Lab	34,19	40,62	37,66	1,12	0,54	0,0021
	NIRS	35,59	40,28	37,74	0,91		
Linoleico	Lab	37,67	43,93	40,60	1,32	0,86	0,0006
	NIRS	38,28	42,96	40,62	0,96		
Oleico	Lab	9,01	14,87	11,85	1,18	0,77	0,0032
	NIRS	10,01	13,58	11,89	0,85		
Esteárico	Lab	6,59	9,83	7,81	0,67	0,59	0,0055
	NIRS	6,46	9,11	7,77	0,57		
Araquídico	Lab	1,01	3,22	2,09	0,51	0,82	0,0072
	NIRS	0,90	2,97	2,07	0,50		

la complejidad cualitativa de la calidad sensorial. Esto es consecuencia del aumento de la frecuencia de los descriptores del sabor frutales y de la categoría de frutos rojos (Figura 18).

Evaluación del efecto de frutos pintones en la calidad del café. CAL102004

Partiendo de la recomendación actual de la configuración de la maduración, esta investigación está evaluando el efecto de los frutos pintones en la calidad sensorial, al cambiar sus porcentajes en el café procesado del 0% al 12,5%. La calidad sensorial de las muestras se está determinando con el protocolo SCA (Specialty Coffee Association) como variable de respuesta bajo el diseño experimental completamente aleatorio. Se están determinando los contenidos de azúcares e isómeros de ácidos clorogénicos totales, como compuestos químicos que se afectan por el proceso de maduración del fruto. Para las primeras tres repeticiones los mayores valores para la variable porcentaje de pasilla se encontraron en los tratamientos 8, 9 y 10 asociados a una mayor

proporción de frutos pintones; en estos mismos se observan los menores valores de almendra sana (Tabla 10). De las muestras analizadas los tratamientos 100% maduro y con porcentaje de pintones del 5% y del 10%, obtuvieron muestras con calidad sensorial sin defecto, mientras los tratamientos con mayores porcentajes de frutos pintones presentaron defecto sensorial inmaduro lo que corresponde al 90% de las muestras analizadas.

La sacarosa presentó su mayor valor promedio en el testigo (100% maduro) y su menor valor en el tratamiento compuesto por frutos 100% pintones. Los valores mínimos y máximos de las variables de composición ácidos clorogénicos totales y lípidos variaron entre 5,30%-5,91% y 9,57%-10,67%, respectivamente. Con respecto a los isómeros de ácidos clorogénicos, el tratamiento conformado con frutos 100% pintones, presentó el menor porcentaje con respecto a los demás tratamientos de la siguiente manera: 3-CQA (0,288), 4-CQA (0,440), 5-CQA (3,338), 5-FQA (0,279), 3,4-diCQA (0,095) y 3-CQA (0,288). En la Tabla 11 se presenta la composición de los isómeros por tratamiento.

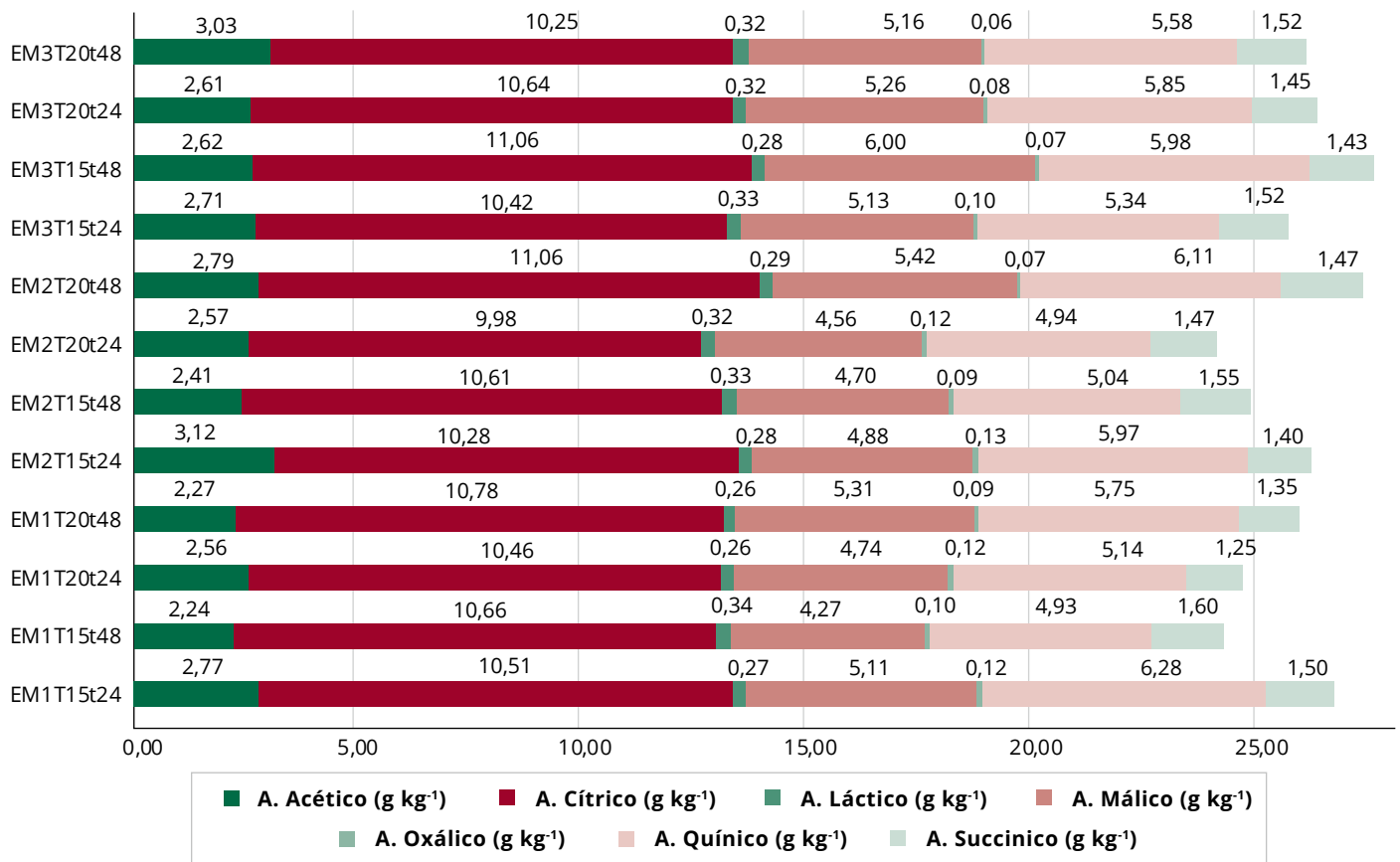


Figura 17. Contenido promedio ácidos orgánicos (A) de granos de café con reserva del fruto en diferentes estados de madurez. En el eje y, EM: Estados de madurez (1, 2 y 3), T: Temperatura 15 y 20°C, t: Tiempo de reserva (24 y 48 h).

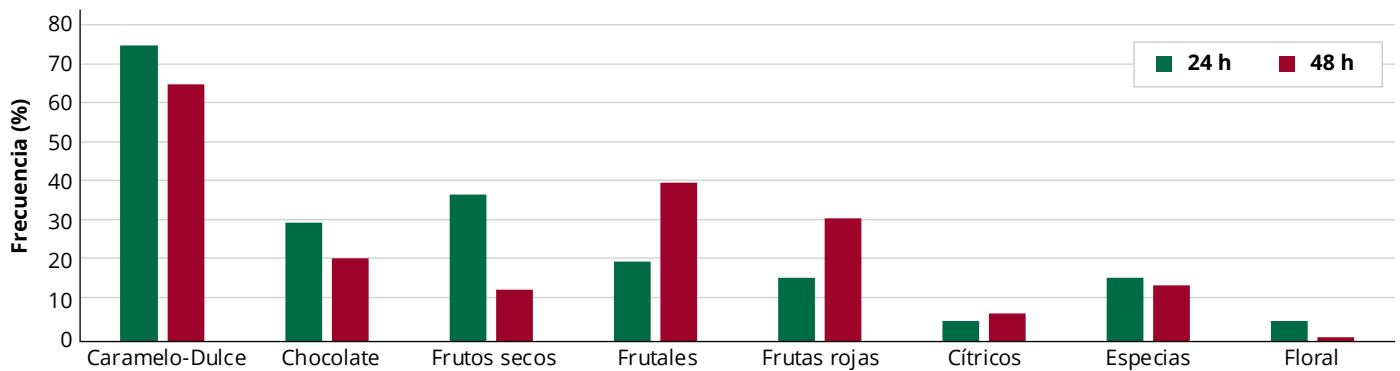


Figura 18. Frecuencia de los descriptores sensoriales del sabor por tiempo de reserva del fruto.

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

La preservación de las propiedades sensoriales del café depende de la calidad del grano, las condiciones de almacenamiento y las características del empaque. En esta investigación se determinó el efecto de diferentes empaques y condiciones de almacenamiento en la calidad física y sensorial

del café verde almacenado durante 365 días. Se evaluaron ocho empaques: fibra natural de fique (FN), papel (P-Mc), polietileno (PE) y polipropileno (PP): PE-Max, PE-doble capa, PE-Multicapa, PP-PVC, PE-EVOH, PE-PAV, en cuatro localidades que fueron: Manizales (Alto de Letras), Santa Marta, Chinchiná y cuarto frío en Cenicafé. La temperatura y la humedad relativa presentaron un comportamiento constante en el Alto de Letras durante el período de evaluación y en esta localidad la calidad sensorial expresada como puntaje total SCA (Specialty Coffee

Tabla 10. Promedio de variables de calidad física de muestras con diferentes porcentajes de frutos pintones.

Tratamiento	Humedad (%)	Merma (%)	Pasilla (%)	Almendra sana (%)
1 (Testigo)	11,76	18,65	3,14	74,50
2	11,42	18,72	4,06	74,11
3	11,64	18,62	4,03	74,60
4	11,26	18,40	3,30	75,32
5	10,96	18,53	3,65	75,00
6	10,92	18,42	3,96	74,43
7	11,84	18,50	4,72	74,43
8	11,70	18,72	5,17	73,11
9	11,74	18,53	5,36	72,86
10	10,90	18,96	7,00	72,54

Tabla 11. Promedio del porcentaje de diferentes isómeros de ácidos clorogénicos (b.s) de muestras con diferentes porcentajes de frutos pintones.

Tratamiento	3-CQA	4-CQA	5-CQA	4-FQA	5-FQA	3,4-diCQA	3,5-diCQA	4,5-diCQA
1 (Testigo)	0,362	0,532	3,816	0,030	0,314	0,120	0,284	0,133
2	0,347	0,512	3,662	0,028	0,301	0,113	0,271	0,126
3	0,384	0,564	3,988	0,031	0,329	0,120	0,288	0,136
4	0,372	0,544	3,858	0,034	0,311	0,122	0,286	0,136
5	0,353	0,516	3,678	0,033	0,304	0,118	0,286	0,130
6	0,352	0,518	3,697	0,030	0,306	0,114	0,282	0,128
7	0,354	0,517	3,712	0,029	0,308	0,117	0,285	0,132
8	0,347	0,511	3,687	0,029	0,308	0,115	0,287	0,128
9	0,354	0,526	3,822	0,031	0,317	0,117	0,302	0,129
10	0,288	0,440	3,338	0,027	0,279	0,095	0,276	0,102

Association), se conservó durante 365 días en los empaques PE-EVOH, PE-PAV, PE-doble y PP-PVC. Para las demás localidades, el puntaje SCA se afectó significativamente en los diferentes períodos de tiempo evaluados, independientemente del tipo de empaque. En Santa Marta, caracterizada por presentar mayor temperatura y humedad relativa, las muestras presentaron afectación en el puntaje SCA a partir de los 60 días, en cuarto frío, dicho efecto se reflejó a los 240 días. En condiciones de Chinchiná, el puntaje SCA se redujo a través del tiempo de almacenamiento. Desde el punto de vista químico, la concentración de lípidos se incrementó hasta 10,9%, excepto para PE- PAV en Chinchiná. La concentración del ácido linoleico aumentó su contenido al final del período experimental, desde

37,3% hasta 42,6%. El ácido esteárico se incrementó a los 60 días de almacenamiento hasta valores de 9,2%, posteriormente, disminuyeron a niveles promedio de 8,2%. El ácido palmítico disminuyó desde 39,7% hasta 35,4% principalmente durante los primeros 60 días. Finalmente, los ácidos grasos araquídico y oleico no presentaron variaciones en su contenido en todo el tiempo de almacenamiento, con valores promedio entre 2,29% y 3,35% para el araquídico y para el oleico es de 11,03% y 12,31%. En el tiempo de almacenamiento se presentó incremento en la concentración de trigonelina y ácidos clorogénicos totales (particularmente en el café empacado en FN y P-Mc), pero al mismo tiempo causó disminuciones en la concentración de sacarosa en todos y cada uno de los tratamientos evaluados e

independientemente de la localidad. La ocratoxina A presentó promedios entre 1,6 a 19,0 $\mu\text{g kg}^{-1}$. El efecto del tipo de empaque para preservar la calidad del café durante 365 días, estuvo condicionado por las condiciones ambientales de almacenamiento.

Evaluación de la calidad sensorial y composición química del café obtenido por mezclas de café despulpado en diferentes días de procesamiento. CAL105004

Para evaluar el efecto de mezclar café despulpado de diferentes días, se están aplicando cuatro tratamientos con mezclas de café despulpado de la misma proporción, de hasta cinco días de procesamiento. Cada día se cuenta con un testigo para identificar la calidad del café integrado y adicionalmente se tiene un testigo relativo de mezclas de café despulpado de cinco días, almacenado bajo agua. Posterior a la aplicación de los tratamientos se está determinando al mucílago, los grados Brix, pH, temperatura, acidez titulable y contenido de ácidos orgánicos. Al café pergamino seco de cada tratamiento se le están realizando análisis de calidad física, sensorial y de composición química. Se han realizado cuatro de las seis repeticiones programadas. El 45,8% de los tratamientos no han presentado defectos sensoriales. El tratamiento correspondiente a la mezcla de cinco días de café despulpado ha presentado el defecto fermento en todas las repeticiones (Tabla 12).

A las muestras de café almendra se les determinaron las concentraciones de ácidos orgánicos y el contenido de sacarosa, como variables complementarias. Los ácidos mayoritarios fueron el ácido cítrico con valores

Tabla 12. Proporción de muestras sin defecto y defectos sensoriales presentes por cada tratamiento.

Tratamientos	Sin defecto	Fermento	Terroso
Testigo control	100,0%	0,00%	0,00%
Testigo relativo agua	100,0%	0,00%	0,00%
Mezcla 2 días	50,0%	50,0%	0,00%
Mezcla 3 días	25,0%	50,0%	25,0%
Mezcla 4 días	0,00%	100,0%	0,00%
Mezcla 5 días	0,00%	100,0%	0,00%

promedio de 9,77 g kg^{-1} , seguido del ácido málico con promedios de 5,61 g kg^{-1} y el ácido quínico con 5,27 g kg^{-1} . En menores proporciones se encontraron los ácidos láctico, tartárico y succínico, con valores de 0,29 g kg^{-1} , 0,84 g kg^{-1} y 1,25 g kg^{-1} , respectivamente (Figura 19).

Panel de catación de Cenicafé. CAL106004

El panel de catación de Cenicafé está conformado por cinco investigadoras de la Disciplina de Calidad, certificadas como Q-Grader por el CQI (Coffee Quality Institute). Desde la implementación del panel en el 2017 se han analizado sensorialmente 10.574 muestras de café provenientes de proyectos de investigación donde se tiene dentro de las variables de respuesta la calidad sensorial. Cada resultado corresponde al promedio de la evaluación de mínimo tres catadores. Para esta vigencia las cinco catadoras presentaron y aprobaron los exámenes de calibración para la renovación del certificado por tres años más. Adicionalmente una integrante de la Disciplina, se certificó como Q-grader, lo que permite fortalecer la capacidad de análisis del panel de catación.

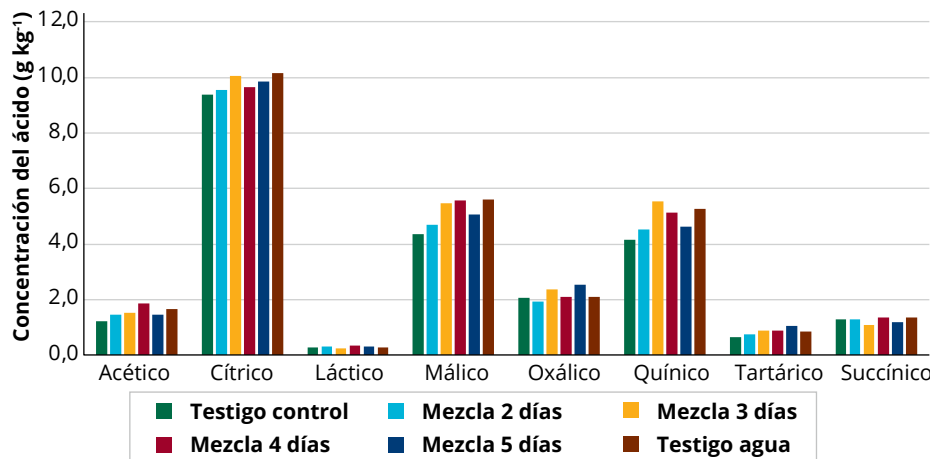


Figura 19. Valores promedio de los ácidos orgánicos presentes en el café almendra por cada uno de los tratamientos.

Durante este período se han recibido 1.090 muestras de café, provenientes de proyectos de diferentes Disciplinas: Calidad, Fitopatología, Mejoramiento Genético y Poscosecha (Tabla 13). La proporción de muestras sin defecto fue de 55,7%, los defectos que se han presentado con mayor proporción fueron el terroso (11,7%), fermento (6,8%) y reposo con el 3,4%. De las muestras que no presentaron defectos sensoriales el 67,6% presentaron un puntaje total que estuvo entre 80,0 a 81,5 puntos, el 17,6% obtuvo un puntaje entre 81,75 a 83,25 puntos, el 7,6%

Tabla 13. Cantidad de muestras de café recibidas en el laboratorio para análisis sensorial.

Disciplina	2016 - 2017	2017 - 2018	2018 - 2019	2019 - 2020	2020 - 2021	2021 - 2022	2022 - 2023	2023 - 2024	Total
Calidad	366	142	662	562	318	1.720	881	722	5.373
Entomología		10	85	136	199	16	7		453
Experimentación	10	12	18	18					58
Fisiología	3	2		186	30				221
Fitopatología			48					90	138
Fitotecnia		48	20			9	45		122
Mejoramiento Genético	181	564	250	631	557	169	146	200	2.698
Poscosecha	9	45	178	293	148	178	148	78	1.077
Suelos	108	115	121	61	18	11			434
Total	677	938	1.382	1.887	1.270	2.103	1.227	1.090	10.574

entre 83,5 a 84 puntos y el 7,2% mayor a 84 puntos (Figura 20).

Desde el 8 de septiembre de 2023, se dio inicio al uso del software desarrollado por TIC con el apoyo de la Disciplina de Calidad de Cenicafé y que se encuentra vinculado al SIGA. Este software permite la conexión entre las investigaciones y las solicitudes de análisis de calidad de café. Posterior a la aprobación por parte del Comité de Investigación de Cenicafé de los análisis como variable de respuesta en las metodologías, a través del software el investigador realiza las solicitudes, seguimiento y acceso a la información mediante su usuario.

Determinación del tiempo de conservación de la calidad del café tostado almacenado en diferentes condiciones y tipos de empaques. CAL106005

Está en proceso de evaluación el efecto de diferentes empaques comerciales en la calidad física, química y sensorial del café tostado bajo diferentes condiciones de almacenamiento. Los tratamientos, consisten en almacenar café tostado en grano y café tostado molido, durante 365 días en condiciones de Chinchiná (Localidad 1), laboratorios de Cenicafé (Localidad 2) y laboratorio del Ritual del Café (Manizales-Localidad 3), utilizando cinco empaques (Figura 21): **a.** papel Kraft (PK), **b.** polietileno trilaminado reciclable (PETHD), **c.** polietileno con aluminio (ALP), **d.** vidrio transparente

(VT) y **e.** polietileno baja densidad (PELD). Transcurridos 90 días de almacenamiento, para las tres localidades, el café tostado molido dispuesto en todos los empaques, tendió a incrementar la humedad desde 1,7% hasta el 2,4%. Mientras que, en todas las localidades, el café tostado en grano incrementó su concentración de lípidos, particularmente en los empaques PK, PELD y vidrio (Figura 21), la concentración de ácidos linoleico (39,05%-39,24%), palmítico (35,89%-39,95%), oleico (13,29%-13,55%), araquídico (2,18%-2,22%), esteárico (9,25%-9,34%), clorogénico (2,67%-2,68%), al igual que el índice de peróxido (3,96-4,48 meq O₂/kg) se mantuvieron constantes para los dos tipos de café evaluados. En el aspecto de la calidad sensorial de la bebida, se avanza en la evaluación de los posibles cambios en el puntaje SCA, derivados por efecto de los tratamientos y las condiciones ambientales de los sitios de almacenamiento.

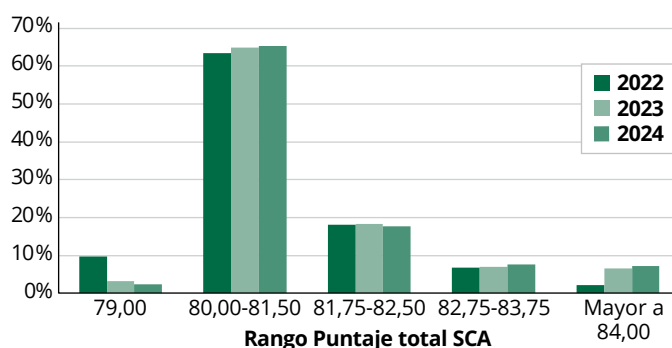


Figura 20. Proporción de muestras según el rango de puntaje total de muestras evaluadas por el panel de catación de Cenicafé.

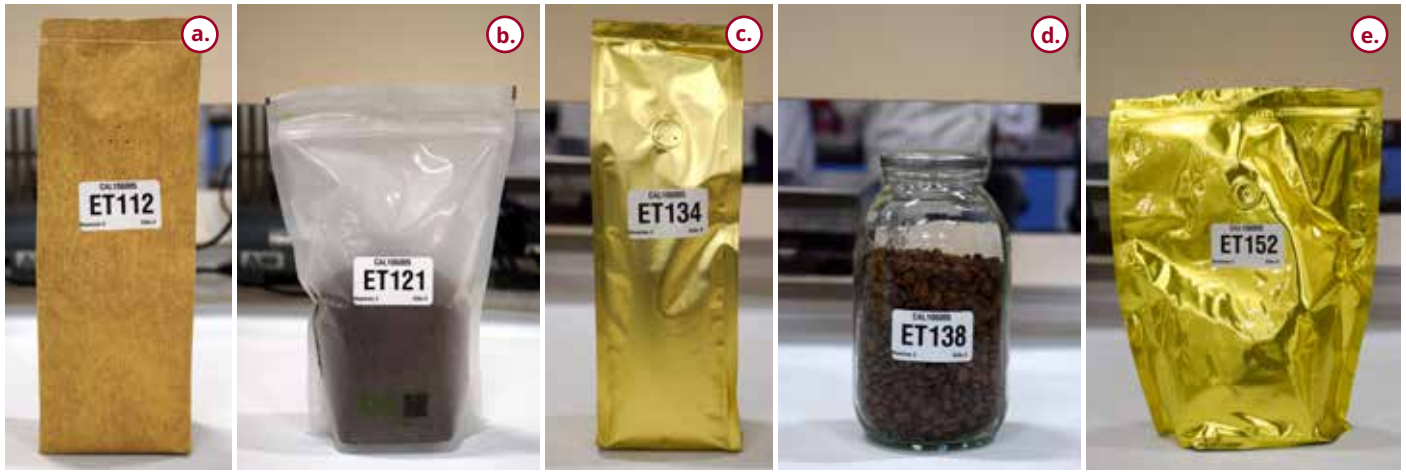


Figura 21. Representación esquemática de los empaques: **a.** papel Kraft (PK), **b.** polietileno trilaminado de alta densidad EVOH reciclable (PETHD), **c.** polietileno con aluminio (ALP), **d.** vidrio transparente (VT) y **e.** polietileno baja densidad (PELD).

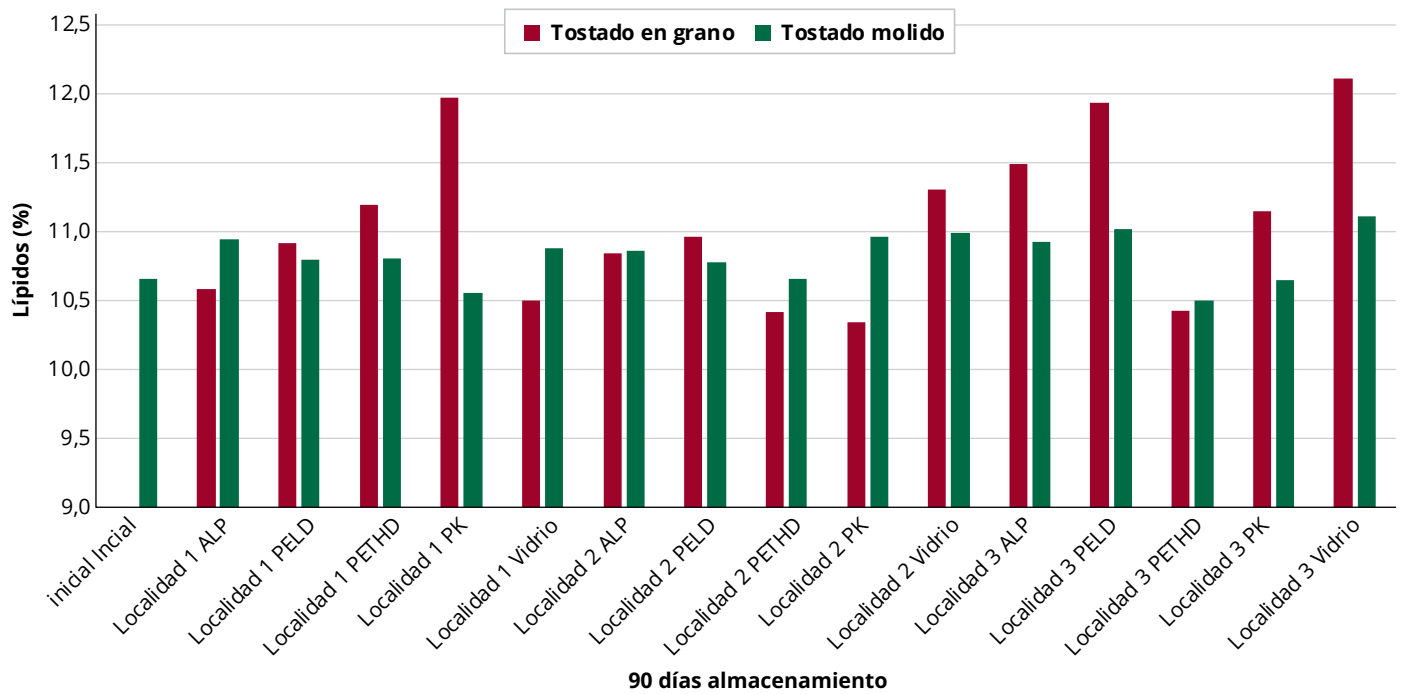


Figura 22. Contenido de lípidos en café tostado almacenado 90 días en diferentes empaques.



Economía Agrícola

Estimación de pérdidas económicas en el proceso de beneficio de café. ECO102008

Actividad 1. Clasificación y combinaciones (por densidad y tamaño). Con el propósito de determinar las pérdidas económicas, se llevaron a cabo los siguientes tratamientos, cuyos resultados se resumen así:

- Tratamiento 1 Clasificación en los tres puntos del beneficio (3. Cla.).
- Tratamiento 2 Ningún tipo de clasificación (Ning. Cla.).
- Tratamiento 3 Clasificación por densidad antes de despulpar (Cla. CC).
- Tratamiento 4 Clasificación por tamaño con zaranda (Cla. Zaranda)
- Tratamiento 5 Clasificación por densidad al momento del lavado (Cla. Lavado).

Evaluación de la calidad de recolección. En las diez unidades de muestreo evaluadas, la unidad nueve se destacó por obtener la mejor calidad, con un factor de rendimiento en la trilla superior al promedio. Esta unidad presentó un 81,26% de frutos clasificados en los estados 4, 5 y 6, mientras que solo un 1,78% correspondía a

los estados 1 y 2, de acuerdo con la escala Cromacafé.

El análisis físico mostró que el tratamiento 1, que implica realizar las tres clasificaciones, presentó el mejor factor de rendimiento en trilla, es decir, que se requirió menos café pergamino seco para obtener un saco de café excelso. En contraste, el tratamiento 2, donde no se realizó ningún tipo de clasificación, requirió la mayor cantidad de café pergamino seco para obtener la misma cantidad de café excelso. En la Figura 23 se observan los factores de rendimiento (FR) para cada tratamiento.

Los granos de las variedades mejoradas liberadas por Cenicafe son de mayor tamaño, lo que puede llevar a una mayor retención de granos de buena calidad en la clasificación por tamaño en la zaranda, esa condición plantea una alerta económica para los caficultores, ya que la selección inadecuada del ancho de las perforaciones en la zaranda puede resultar en pérdidas considerables de café. En los

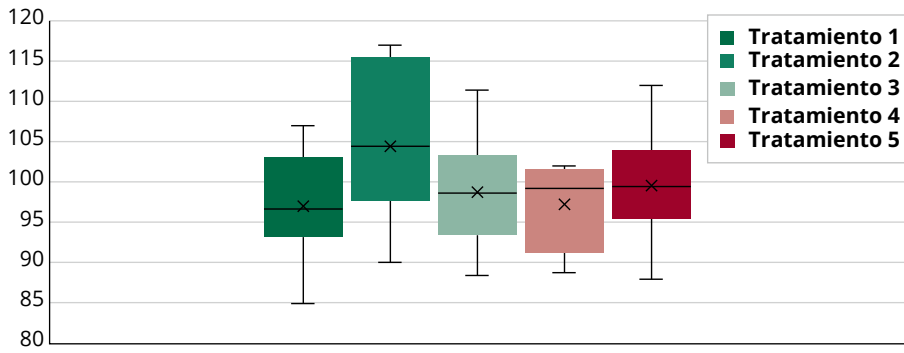


Figura 23. Factores de rendimiento en trilla por tratamiento según análisis físico.

tratamientos 1 y 4, se encontraron los niveles más altos de café clasificado como pasilla. Adicionalmente, estos tratamientos presentaron los mayores porcentajes de café pergamino sin defectos físicos dentro de la pasilla, 49,54% y 56,29%, respectivamente.

Considerando estos resultados, se justifica procesar la pasilla resultante por separado, y adicionalmente, implementar un proceso de recuperación de las pasillas, para aumentar su valor en un 8% aproximadamente mejorando los ingresos del caficultor.

La reducción en el precio de venta por arroba de café pergamino seco (@ cps) varió en los diferentes tratamientos en comparación con el tratamiento 5. En el tratamiento 1, se observó una reducción del 10,07%, mientras que en el tratamiento 2, la disminución fue del 6,44%; en el tratamiento 3, el precio por arroba de cps se redujo en un 8,03%, y en el tratamiento 4, la disminución fue del 4,69%.

Actividad 2. Calibración y mantenimiento de la despulpadora. En esta actividad, se evaluó el estado de la máquina despulpadora y su impacto en el proceso de beneficio. Se consideraron dos tratamientos:

- Tratamiento 1. Máquina despulpadora en buen estado con clasificación en los tres puntos del beneficio (MDBE).
- Tratamiento 2. Máquina despulpadora descalibrada y/o en mal estado con clasificación en los tres puntos del beneficio (MDME).

La ausencia de mantenimiento, limpieza y calibración en la máquina despulpadora (tratamiento 2), resultó en una disminución promedio de los ingresos del 36,48%, alcanzando hasta un 65,16% en comparación con el tratamiento 1 en el que se utilizó una despulpadora con los debidos mantenimiento, limpieza y calibración. Un caficultor con una productividad de 200 @ ha⁻¹ con un precio promedio

de venta de \$144.350,70/@ de café pergamino seco (cps), podría dejar de percibir entre \$10.531.942,29 y \$18.812.538,17 por hectárea al año debido a pérdidas de cps que se presentaron entre el 36,48% y el 65,16%.

Valoración económica de servicios ambientales de la Reserva Forestal Protectora Planalto. ECO104008

Esta investigación se centra en calcular el valor económico de los servicios ambientales, estimando la capacidad de captura de carbono aplicando diversos métodos de valoración económica. Durante el mes de septiembre de 2024, se inició el análisis de la información del estudio sobre la caracterización de la flora, en el cual se registraron un total de 222 especies distribuidas en 157 géneros pertenecientes a 69 familias. Cada especie ha sido documentada con su altura total y diámetro a la altura del pecho. Con esta información, se determinó la densidad de la madera de cada una de las especies arbóreas presentes en la reserva, se tuvieron en cuenta los árboles con DAP ≥ 1,0 cm, así como las palmas presentes en el sotobosque. A estos datos se les aplicó un modelo específico para los bosques húmedos premontanos en Colombia, el cual se expresa matemáticamente en la Ecuación <1>:

$$\ln(BA) = a + b \ln(D) + c(\ln(D))^2 + d(\ln(D))^3 + B1 \ln(p) \quad <1>$$

Donde:

BA: Biomasa aérea de los árboles en kilogramos; **D:** Diámetro normal medido a 1,30 m de altura desde el suelo en centímetros; **p:** Densidad de la madera (g cm³.a,b,c,d); **B1:** Constantes del modelo; **R2:** Ajuste del modelo.

Con el empleo de un modelo específico para los bosques húmedos premontanos en Colombia, se estimó que la biomasa aérea en la reserva alcanza las 245,76 t ha⁻¹.

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

Al término de dos cosechas, evaluando la incidencia del venadillo sobre la producción de café, los resultados

preliminares comprueban la alta interferencia de la arvense incluso a bajas densidades, por ejemplo, el índice de dominio determina una reducción del 19,6% en la producción del café por un individuo de venadillo por m²; mientras que el efecto de pérdida de 84,8% de rendimiento se da partir de 54 venadillos por m², en otras palabras, una caída al 54,1% versus la producción en ausencia de venadillo. La sola presencia de la arvense en el cultivo ya incide en el nivel económico y se estimará concretamente con los resultados de cosecha final del experimento el nivel de daño económico, se concibe además que el umbral de acción económica y técnicamente viable está por debajo del nivel de daño económico.

Función parcial de pérdida de café por presencia de venadillo. Se concibieron las ecuaciones con mayor probabilidad de reflejar la situación que ocurre con arvenses de alta interferencia, la lineal para densidades muy bajas (venadillo hasta tres unidades) y como parabólica y potencial la que interpreta el comportamiento global en la que las densidades más altas reflejan una saturación donde hay una asíntota que indica el límite de pérdida del cultivo por presencia de una invasión natural de la arvense. La función presenta una pérdida marginal inicial del 23,9% de café con un individuo de venadillo por m², 53,4% con tres por m² y la asíntota de pérdida se alcanza con un pronóstico de pérdida de 105,5% para 54 venadillos, en otras palabras, una caída del 48,5% de rendimiento del cultivo con 54 venadillos m² frente al cultivo sin venadillo.

Factor de rendimiento. Con el fin de constatar si el venadillo aparte de la reducción de café verde, afectaba la calidad física del mismo, se observó que con bajas densidades de venadillo la reducción de café excelso es del 1,3%, entre tres y seis venadillos de 2,2% y con densidades superiores a 18 venadillos la caída de excelso es del orden de 5,2%, lo cual representa niveles de merma que el caficultor absorbe en el momento de liquidación del café y representan una disminución del ingreso considerable.

Estudio de las funciones del patrón de corte en la cosecha de café. ECO103002

En Colombia, la cosecha de café se realiza manualmente y de manera selectiva, es decir, cosechando fundamentalmente frutos maduros, de ahí la calidad reconocida del grano colombiano y el empleo intensivo de mano de obra cuya escasez se ha tornado en un problema estructural que impacta los costos de producción con una participación en los mismos cercana al 50%. En ese sentido, las decisiones que se tomen para afrontar la cosecha, tienen efectos

importantes en el desempeño y viabilidad desde el punto de vista económico de la caficultura.

El presente trabajo pretende aportar información para conocer sus funciones y apoyar la toma de decisiones de los caficultores en la administración y control de la cosecha, caracterizando las funciones del patrón de corte en ese proceso en el campo. Se aplicó una encuesta por parte del Servicio de Extensión a 1.002 trabajadores que desempeñan ese rol en 234 municipios de 15 departamentos cafeteros con fincas de área mayor a cinco hectáreas en café. El instrumento para recopilar la información consideró aspectos socioeconómicos de los trabajadores y elementos propios de las funciones que desempeñan durante la cosecha de café. A continuación, se presentan resultados en las variables socioeconómicas de los supervisores entrevistados.

Edad. Los trabajadores presentaron un amplio rango de edades, por esta razón se definieron cuatro categorías, de acuerdo con los cuartiles observados en la distribución de la variable. La Tabla 14 describe la estructura de edades de los recolectores entrevistados. El mayor porcentaje de supervisores o patrones de corte estuvo en la categoría mayores de 30 y hasta 50 años de edad. Puede considerarse que el perfil que buscan los caficultores para asignar esta responsabilidad está en función de una mayor experiencia en café, pues el 86,2% de los colaboradores entrevistados fue mayor de 30 años, siendo el promedio de edad para la muestra estudiada de 45,6 años, con un rango de 24 años para el colaborador de menor edad mientras el de mayor edad 70 años.

Tabla 14. Edades de los patrones de corte

Categoría	Porcentaje (%)
Menor o igual a 30 años	13,8
Mayor de 30 y hasta 50 años	48,3
Mayor de 50 y hasta 60 años	26,4
Mayor de 60 años	11,5

Género. En Colombia, el empleo de mano de obra masculina en las zonas cafeteras ha sido predominante, los datos recopilados en este trabajo muestran una tendencia en el mismo sentido, el 94% de los supervisores son hombres. Es conveniente aclarar que la participación de las mujeres en esta actividad de supervisión es mayor en fincas de Huila y Cauca.

Educación. Con relación al nivel educativo de los patrones de corte, el 37% de los supervisores ha cursado estudios de primaria completa, 20% se ubica en la categoría de algún grado de educación

primaria, mientras que 11% tiene algún grado de secundaria, 18% cuenta con estudios de secundaria y el 15% restante, ha realizado estudios a nivel técnico, tecnológico y universitario. Esta circunstancia permite determinar que en general el nivel de educación de esta población de trabajadores tiende a ser más alto que la generalidad de trabajadores en labores agrícolas y que probablemente programas o acciones tendientes a elevar este nivel de educación redundarían en una mejor productividad de la mano de obra en la labor de cosechar café. La Figura 24 muestra el nivel de estudios separando a los patrones de corte por género.

El 59% de las mujeres presenta estudios mayores a la primaria, mientras que para los hombres es del 52%, en ambos casos la escolaridad es superior a la reportada para recolectores de café en estudios anteriores.

Experiencia en la caficultura. La experiencia hace referencia al número de años que lleva el trabajador

dedicado a las labores del cultivo y concretamente en la recolección de café. El rango observado fue muy amplio pues varió desde tres hasta 50 años para el trabajador de más experiencia. En la Figura 25 se describen las labores del cultivo desempeñadas por los trabajadores entrevistados.

La Figura 25 resalta que la mayoría de los recolectores encuestados evidenciaron experiencia en las labores del cultivo especialmente en la recolección, sin embargo, en labores de supervisión y administración apenas el 4,6% refirió experiencia.

Rol como caficultores. En promedio el 32% de los supervisores encuestados está registrado en el Sistema de Información Cafetera - SICA como productor de café, con 1,6 ha de café en promedio; la labor de patrón de corte es para ellos una estrategia de obtener ingresos adicionales a su actividad como caficultores.

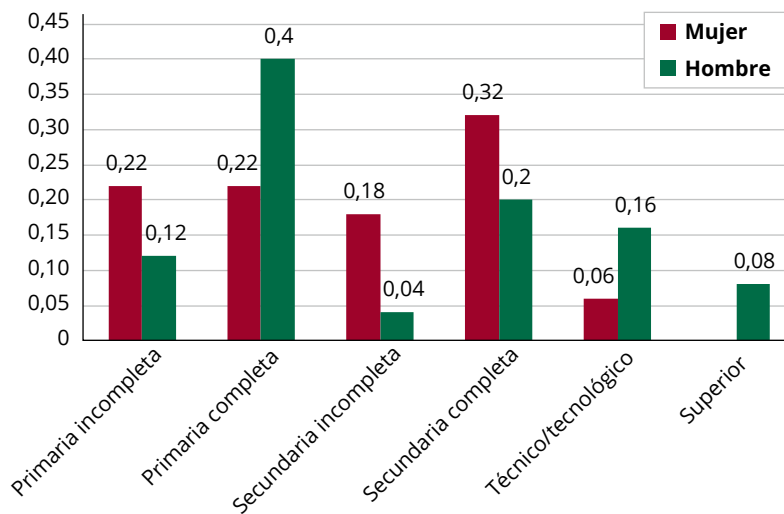


Figura 24. Nivel educativo de los patrones de corte por género.

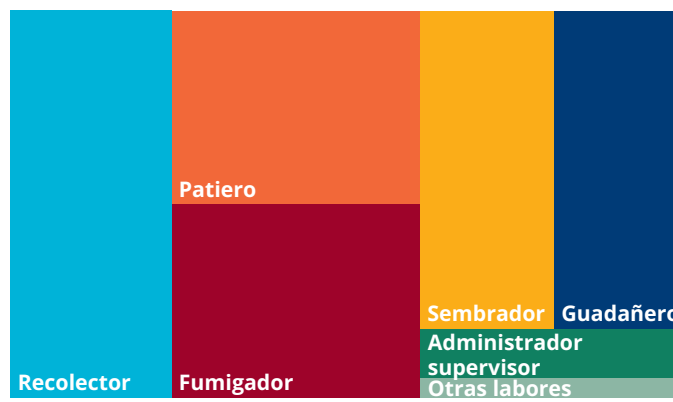


Figura 25. Experiencia de los patrones de corte en la caficultura.



Entomología

Actividad de colección e identificación de artrópodos plaga y benéficos de la zona cafetera. ENT 101012

Se realizó una campaña para el manejo del picudo quebrador de ramas del café *Ecnomorhinus quasimodus* (Coleoptera:Curculionidae) con el Servicio de Extensión del departamento de Nariño. Esta especie de insecto apareció por primera vez en agosto de 2018 afectando cultivos de café en los municipios de Tablón de Gómez, Arboleda, Colón, San Pablo, La Cruz, San Lorenzo y Cartago, en el Norte de Nariño, en fincas ubicadas entre 1.700 y 2.200 m de altitud. El daño lo realiza el adulto cuando oviposita en las ramas de café, una vez eclosionan las larvas, estas barrenan las ramas y por el peso de los frutos las últimas se quiebran. Debido al comportamiento del picudo, los insecticidas son ineficaces. Dada la diversidad de enemigos naturales encontrados en este estudio, compuesta por cinco especies de avispas parasitoides, se adoptó como estrategia de manejo la poda sanitaria de las ramas afectadas y de las ramas improductivas al finalizar la época de cosechas. Las ramas cortadas fueron introducidas en jaulas de exclusión elaboradas con tela tul, las cuales permiten la salida de las avispas parasitoides mientras atrapan al picudo. Esta práctica redujo los niveles de infestación a menos del 1,0% e incrementó el porcentaje de parasitismo natural. Adicionalmente, se realizó la descripción morfológica de los estados biológicos del picudo: huevo, larva, pupa y adulto. Para lograr este objetivo, se recolectaron muestras de ramas de café infestadas con *E. quasimodus* en los sistemas

productivos del Norte de Nariño, donde se ha reportado el daño. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para realizar un estudio morfológico utilizando un estereoscopio fotográfico y un microscopio electrónico de barrido. Las hembras ovipositaron en grupos de 15-30 huevos insertados en la corteza. Las larvas barrenan las ramas, son ápodas, semicurvas y de 2,5 mm de longitud. La pupa tiene una longitud de 3,8 mm y los adultos presentan dimorfismo sexual, siendo los machos más pequeños de 4,3-6,2 mm y las hembras de 6,5-7,8 mm, con el rostrum con una longitud 1,3 veces mayor que la longitud del cuerpo. Los machos presentan un órgano estridulatorio para atraer a la hembra. Los ojos compuestos son pequeños, con un promedio de 82 omatidios en los machos y 106 en las hembras, muy posiblemente debido a su comportamiento críptico dentro de las ramas de café. Este estudio permitió describir por primera vez sus estados inmaduros y complementar la descripción del adulto (Figura 26).

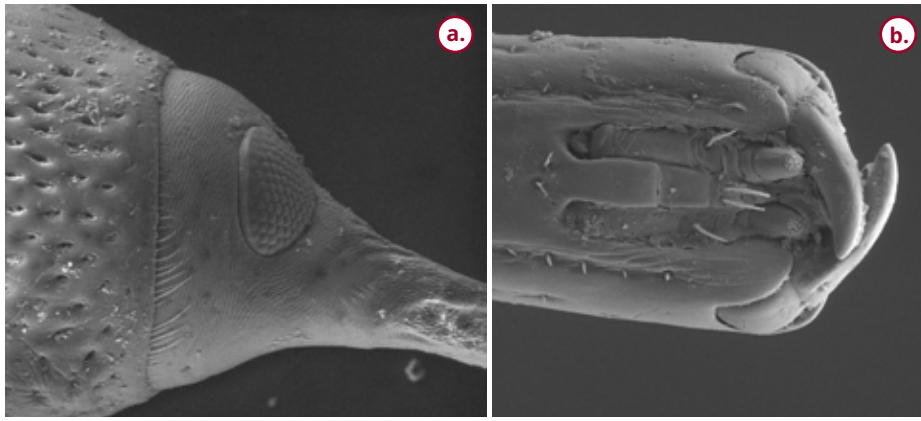


Figura 26. Descripción morfológica del picudo quebrador de ramas del café *Ecnomorhinus quasimodus* mediante microscopia electrónica de barrido. Se detallan los caracteres morfológicos de la cabeza y mandíbulas del adulto.

de $1.950,7 \pm 71,5$ g mientras que para los enfermos fue de $1.200 \pm 71,7$ g; el peso de la biomasa seca de las raíces sanas fue de $567,9 \pm 19,5$ g y de las enfermas $401,4 \pm 20,4$ g, en ambos casos se presentaron diferencias estadísticas. Se registraron cinco especies de cochinillas, siendo *Neochavesia caldasiae* la que más redujo la producción (66%), seguida de la asociación *P. barberi* y *Dysmicoccus* spp. (61%) y *Puto barberi* (60%) (Tabla 15). Se concluye que la presencia de cochinillas en las raíces del café reduce la producción en más del 38,5% y una pérdida de la biomasa seca de las raíces del 29%.

Efecto de las cochinillas de las raíces en la producción del cultivo del café en Colombia. ENT101015

En Colombia se ha observado que las cochinillas de las raíces del café (Hemiptera: Cocomorpha), afectan el desarrollo de las plantas y pueden causar la muerte, pese a esto, se desconoce el efecto que causan en la producción. El objetivo de este trabajo fue identificar el efecto de las cochinillas de las raíces en la producción del café en Colombia. Se seleccionaron nueve fincas con lotes afectados por cochinillas; por cada finca se seleccionó un lote y se contabilizaron sitios perdidos, resiembras y árboles muertos. Posteriormente, en cada lote se seleccionaron 20 árboles productivos y sin presencia de cochinillas (sanos) y 20 árboles productivos con presencia de cochinillas (enfermos), y durante los meses de enero y julio del 2023, en cada árbol se recolectó y registró la masa de la producción total; luego, se desenterró cada árbol y se determinó la especie de cochinilla y la masa de la biomasa seca de la raíz. Para las variables producción acumulada y peso de la biomasa seca de la raíz se estimó el promedio y el error estándar y se compararon entre plantas sanas y enfermas con una prueba Duncan al 5%. Se encontró que entre el 7,1% y el 25,1% de los árboles de los lotes correspondieron a sitios perdidos, resiembras y muertos. La producción acumulada de los árboles sanos fue

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

Se obtuvieron las tablas de vida de fertilidad de *Phymastichus coffea* y *Prorops nasuta* en diferentes temperaturas. El mayor crecimiento poblacional para *P. coffea* y *P. nasuta* se obtuvo en la franja de 22 a 28°C, con una variación de aumento de 7,4 a 14,5 veces a cada generación para la primera y de 4,6 a 16,6 para la segunda (Tabla 16). El tiempo generacional ocurrió como una relación inversa entre la duración y el incremento térmico. La razón finita de aumento (λ) en las dos especies de parasitoides fueron

Tabla 15. Promedio y error estándar de la producción acumulada por árbol y peso biomasa seca de la raíz (g) para cada una de las especies de cochinillas.

Especie	No. de árboles	Producción (g)		Masa biomasa seca raíz (g)		Reducción producción (%)
		Promedio	E.E	Promedio	E.E	
Sin cochinillas (testigo)	293	1.950,7	72 A	567,9	19 A	
Enquistadas (<i>Pseudococcus</i> y <i>Dysmicoccus</i>)	130	1.727,8	99 A	464	24 A	11,4
<i>Neochavesia caldasiae</i>	95	665,2	90 B	374,2	39 B	66
<i>Puto barberi</i>	29	782,4	208 B	267,5	51 B	60
<i>Puto barberi</i> y <i>Dysmicoccus</i> spp.	13	763,1	208 B	322,2	54 B	61

*Letras no comunes implica diferencia entre plantas sin cochinillas y plantas con cochinillas, según prueba Duncan al 5%.

superiores a uno, lo que indica que la población aumenta generación tras generación. Los valores del parámetro razón infinitesimal de aumento (r_m) mostraron diferencias entre tratamientos, con las temperaturas de 19 y 30°C presentando los menores valores para *P. coffea* y en la especie *P. nasuta* en las temperaturas de 20 y 30°C.

Adicionalmente, se estimó la tasa de desarrollo y las exigencias térmicas para *P. nasuta* y *P. coffea* donde el modelo lineal mostró un buen ajuste entre el tiempo de desarrollo de *P. nasuta* y *P. coffea* para el ciclo de huevo-adulto y la temperatura ($R^2 > 0,95$) (Tabla 17). En las temperaturas superiores a 30°C no se obtuvo desarrollo completo del ciclo para las dos especies, el rango térmico empleado para los análisis del desarrollo huevo-adulto fue de 16 a 30°C para *P. nasuta* y de 19-28°C para *P. coffea* (Figura 27). La temperatura mínima de desarrollo (T_t) de huevo-adulto y la constante térmica es diferente para las dos especies, lo cual es importante para la cría de estos parasitoides en condiciones de laboratorio y para la selección de las áreas de liberación, con el fin de optimizar su potencial dentro de las estrategias de manejo integrado de la broca del café.

Actividad de mantenimiento y caracterización del cepario. ENT103001

El cepario cuenta con 319 cepas de microorganismos donde los géneros más representativos corresponden a *Beauveria bassiana* con 139 aislamientos y *Metarhizium anisopliae* con 41 (Tabla 18). 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 dos o tres años diferentes. Se cuenta con aislamientos que están preservados desde el año 2018. Todos los géneros de hongos almacenados tienen aislamientos con un período de preservación entre uno a seis años. Este

año se evaluaron y preservaron las cepas almacenadas en 2017 y 2018. Se evaluaron 125 cepas en total, de los cuales los grupos más representativos fueron: 73 de *Beauveria bassiana*, 23 de *Metarhizium*, ocho de *Colletotrichum* sp, siete de *Trichoderma*, y cinco cepas de *Verticillium* y *Paecilomyces*, respectivamente. Se observó que *B. bassiana* mostró viabilidad del 63% en promedio, en los tres métodos de almacenamiento. El método de preservación que presentó un mayor porcentaje de germinación (73%) fue el nitrógeno líquido. Las cepas de *Metarhizium* almacenadas en el 2018, tienen una viabilidad promedio de 80% en los tres métodos de almacenamiento. Las cepas de *Colletotrichum* sp., que se encuentran almacenadas en agua y nitrógeno líquido, presentaron una germinación promedio del 83% y 85%, respectivamente. Los géneros de *Trichoderma*, *Verticillium* y *Paecilomyces* almacenados en los tres métodos, presentaron germinaciones alrededor de un 94%. A la cepa *Beauveria bassiana* 9205 se le realizaron pruebas

Tabla 16. Media (IC 95%) de los parámetros de crecimiento poblacional de *Phymastichus coffea* y *Prorops nasuta* en diferentes temperaturas constantes sobre dieta artificial MP modificada. Fotoperíodo 0:24h y humedad relativa 65±10%.

Parámetro	Temperatura °C											
	16		20		22		25		28		30	
	<i>P. nasuta</i>	<i>P. coffea</i>	<i>P. nasuta</i>	<i>P. coffea</i>	<i>P. nasuta</i>	<i>P. coffea</i>	<i>P. nasuta</i>	<i>P. coffea</i>	<i>P. nasuta</i>	<i>P. coffea</i>	<i>P. nasuta</i>	
R_0	2,9 a (3,3-2,5)	2,6 (7,6-0)	4,6 b (5,3-3,9)	9 (10,5-7,5)	11,2 c (12,6-9,8)	14,5 (20,1-8,9)	16,6 (18,3-14,9)	7,4 (11,9-2,7)	6,4 b (7,1-5,7)	5,8 (8,9-2,7)	0,8 (1,0-0,6)	
T	90,4 (98,5-82,3)	89,6 (93,6-85,6)	72,3 (78,8-65,8)	46,1 (51,7-41,1)	59,2 (64,5-53,9)	33,2 (34,9-31,5)	41,1 (44,8-37,4)	27,1 (28,7-25,5)	36,7 (40,0-33,4)	38,1 (41,9-34,3)	32,2 (35,4-29,3)	
λ	1,01 (1,018-1,006)	1 (1,02-0,98)	1,02 (1,03-1,01)	1,06 (1,03-1,09)	1,03 (1,05-1,01)	1,08 (1,13-1,03)	1,05 (1,06-1,04)	1,06 b (1,08-1,06)	1,03 (1,05-1,01)	1,05 (1,05-1,04)	0,98 (1,01-0,95)	
r_m	0,012 (0,018-0,006)	0,003 (0,02-0)	0,018 (0,026-0,01)	0,06 (0,1-0,02)	0,034 (0,043-0,025)	0,09 (0,12-0,06)	0,045 (0,052-0,04)	0,07 (0,1-0,04)	0,03 (0,044-0,016)	0,05 (0,07-0,03)	0,01 (0,02-0)	

R_0 = tasa neta de reproducción; T= tiempo de una generación; λ = razón finita de aumento; r_m = tasa infinitesimal de aumento. Parámetros estimados por análisis Bootstrap (40.000 repeticiones).

Tabla 17. Análisis de regresión lineal, temperatura mínima de desarrollo (Tt) y constante térmica correspondiente a diferentes estados de desarrollo de huevo – adultos de *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*.

Huevo-adulto	Temperatura rango (°C)	Modelo lineal	R ²	R ² ajustado	T _t ^a	(DD) ^b
<i>P. nasuta</i>	16-30	$Y=-0,030583+0,002661*T$	0,95	0,94	11,5	366
<i>P. coffea</i>	19-28	$Y=-0,04397+0,00291 *T$	0,99	0,99	14,9	344

^a Tt= temperatura mínima de desarrollo ^b Constante térmica grados-día (DD).

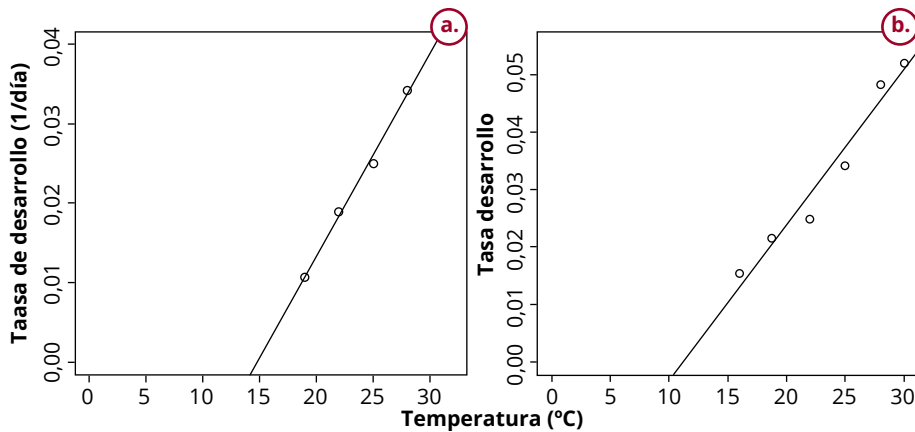


Figura 27. Tasa de desarrollo (1/D) de huevo-adulto de *Phymastichus coffea* a. y *Prorops nasuta* b. en diferentes temperaturas (HR= 65 ± 10%; 0:24 [L:D]), donde **D** es tasa de desarrollo.

de calidad: determinación de concentración de esporas, germinación y pureza con el fin de evaluar diferentes formas de almacenamiento. Se continúa actualizando la información requerida por el Instituto von Humboldt, relacionado con el Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas y la ANLA.

Determinación de las condiciones para la importación y exportación de parasitoides de la broca del café. ENT103017

Con el objetivo de determinar las condiciones para la importación y exportación de parasitoides de la broca del café, se tramitó ante el Instituto Colombiano Agropecuario ICA el permiso para la importación de *Phymastichus coffea* con origen de Kenia procedente de Hawái. La resolución fue sometida a consulta pública el 31 de mayo del 2024 y aprobada el 22 de agosto del mismo año (Resolución 00011085), por medio de la cual se establecen los requisitos fitosanitarios para la importación a Colombia de *Phymastichus coffea* La Salle (avispidas de Togo) de procedencia Hawái. Los requisitos establecidos fueron: 1. Inspección fitosanitaria en el lugar de entrada: todos los envíos serían sometidos a una inspección fitosanitaria al llegar a Colombia; 2. Condiciones de empaque y etiquetado: los envases deben ser herméticos y a prueba de escapes; 3. Las etiquetas deberán incluir la dirección del laboratorio de cuarentena, una indicación de que contienen organismos vivos y precauciones de manipulación con la leyenda "solo debe ser abierto en el laboratorio de cuarentena"; 4. Procedencia del material biológico: el material debe provenir de un laboratorio, centro de investigación o centro de producción registrado por la organización nacional de protección fitosanitaria (ONPF) del país de origen; 5. Embalaje: todos los envíos deben estar embalados en envases nuevos, cerrados, libres de materiales extraños, resistentes a la manipulación y sellables.

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

En el mes de diciembre del año 2023 se liberaron 80.000 granos de café pergamino húmedo infestados por broca y parasitados con la avispa *Prorops nasuta*, con un promedio de parasitismo del 82% y un potencial estimado de 426.400 avispas liberadas un mes antes de la renovación de los cafetales en la Estación Experimental La Catalina. Adicionalmente, se realizó una prueba de depredación bajo condiciones de laboratorio con 20 unidades experimentales, de 60 granos de café cada uno, diez de éstas con la liberación de 90 avispas por frasco y el tratamiento control sin avispas. Se encontró una depredación de todos los estados de la broca y un promedio de 194 ± 11,1 avispas adultas en los granos tratados, lo que representa un 52,3% de reproducción (Tabla 19). Entre enero y mayo del 2024 se liberaron 118.500 granos pergamino húmedos infestados por broca y parasitados con la avispa *Phymastichus coffea*, con un promedio de parasitismo del 70% y un potencial de 729.600 avispas liberadas en los lotes de colonización. A pesar de registrar un buen comportamiento de la avispa en el campo, entre los años 2021 y 2023, en el año 2024 el porcentaje de parasitismo disminuyó a porcentajes máximos de 40% (Figura 28). Entre noviembre del 2023 y agosto del 2024 se produjeron 392.000 avispas de *P. coffea* en adultos de broca sobre

Tabla 18. Géneros más representativos de la Colección de Microorganismos de Cenicafé.

Género	Número de aislamientos preservados
<i>Beauveria bassiana</i>	139
<i>Beauveria brogniartii</i>	1
<i>Metarhizium anisopliae</i>	41
<i>Metarhizium acridium</i>	1
<i>Metarhizium robertsii</i>	1
<i>Verticillium (= Pochonia)</i>	5
<i>Lecanicillium</i>	5
<i>Trichoderma</i>	9
<i>Paecilomyces</i>	18
<i>Clonostachys</i>	1
<i>Phoma</i>	1
<i>Colletotrichum</i>	25
<i>Mycena citricolor</i>	16
Hongos del suelo. Posibles solubilizadores de fosfatos	49
Varios	7
TOTAL	319

sustratos artificiales, las cuales han sido utilizadas para liberación en la Estación Experimental La Catalina y envíos a Hawái y Puerto Rico.

Validación del manejo del cultivo de café sin el uso de insecticidas químicos. ENT107014

Se estableció una estrategia de manejo integrado de la broca del café sin el uso de insecticidas químicos en la Estación Experimental La Catalina con 23 hectáreas en café, con afectaciones históricas por la plaga,

y se diseñó un programa con manejo agronómico y enfoque en control biológico con parasitoides y entomopatógenos, así como prácticas culturales. Para el control biológico con parasitoides africanos se caracterizaron los lotes de última cosecha de mayor dispersión de broca donde se liberaron, durante dos años, alrededor de 1.100.000 avispas de *Prorops nasuta*, así como los lotes de colonización de menos de dos años, en los que se liberaron 890.000 individuos del parasitoide de adultos *Phymastichus coffea*. En los cafetales en producción se realizó la recolección oportuna de café, complementado con la realización del repase, al finalizar las cosechas mitaca y principal; se cosecharon los frutos desde el estado pintón y los del suelo. Inmediatamente se realizó el monitoreo de la infestación en el campo y posición de la broca en el fruto para identificar los momentos oportunos para aplicar el hongo *Beauveria bassiana*. El porcentaje de infestación en el campo registrado durante el primer año del establecimiento de esta estrategia sostenible fue de 1,5%, el más bajo reportado en los últimos 12 años para la Estación Experimental (Figura 29). Adicionalmente, el café pergamino seco no ha superado el 1,0% durante el 2024 (Figura 30). El parasitismo por *P. coffea* osciló entre 20%–70%, mientras que la mortalidad por *B. bassiana*, asperjado en 30 momentos cuando la infestación fue mayor del 2,0% y más del 50% de los adultos estaban entrando a la cereza, en 57% de los casos, superó el 75%, con un máximo de 93%. Las temperaturas durante el almacenamiento del producto comercial afectaron la viabilidad del hongo. Se concluye que es posible controlar la broca del café en Colombia bajo una estrategia sostenible de manejo integrado que no involucre el uso de insecticidas químicos.

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

El objetivo de este proyecto fue estimar los niveles de variabilidad genética presente en colonias de las avispas *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea* utilizadas para el biocontrol de la broca del café. Durante el último año se avanzó en: (i) la secuenciación y ensamblaje de genomas de referencia para estas dos especies de avispas de

Tabla 19. Promedio y error estándar del número de estados biológicos de la broca del café y *Prorops nasuta* en 60 granos de café pergamino seco.

Tratamiento	Estados biológicos de la broca del café		Adultos <i>P. nasuta</i> vivos		Adultos <i>P. nasuta</i> muertos	
	Promedio	E.E	Promedio	E.E	Promedio	E.E
Con <i>P. nasuta</i>	0,8	0,4	194,2	11,1	76,3	23
Control sin <i>P. nasuta</i>	432,1	18,3	0	0	0	0

poblaciones de Colombia criadas en el laboratorio y poblaciones silvestres de África; (ii) los cálculos de variabilidad genética de estas dos especies de avispas tanto para las de Colombia como para las de África. Las secuenciaciones de genomas se realizaron utilizando PacBio y se ensamblaron utilizando herramientas de bioinformática. Se generaron genomas de referencia de 295Mb para *P. nasuta* y de 421Mb para *P. coffea*, correspondientes al 99% y 98% de completitud, respectivamente. El contenido de genes putativos para *P. nasuta* y *P. coffea* fueron anotados a través del NCBI y se encuentran disponibles en esta base de datos. Se realizaron estimaciones de la variabilidad

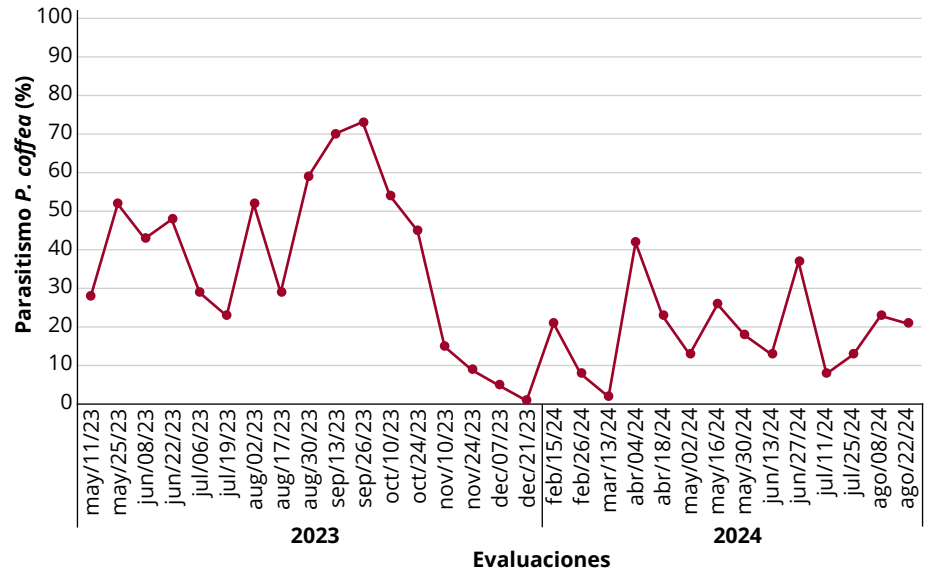


Figura 28. Porcentaje de parasitismo a través del tiempo de *P. coffea* en los parches de colonización de la Estación Experimental La Catalina.

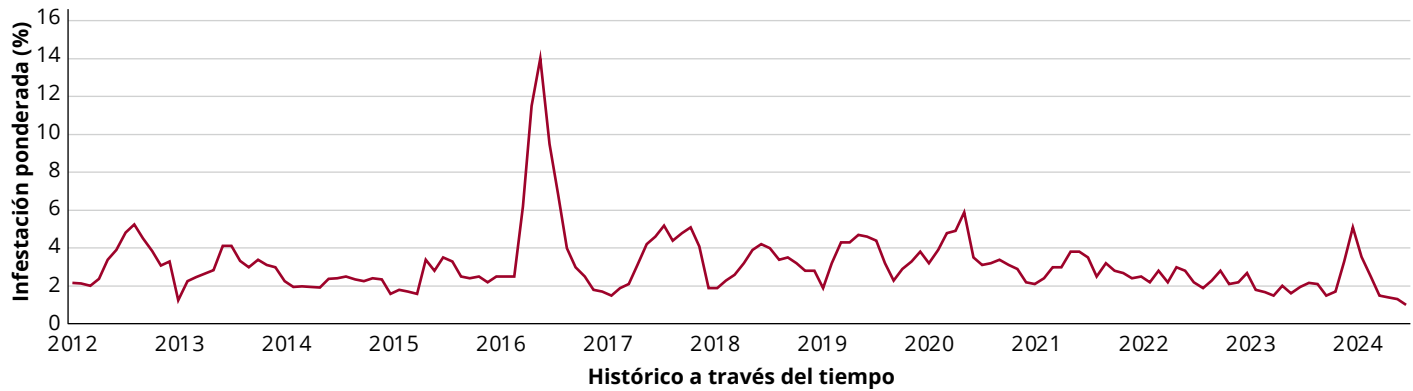


Figura 29. Porcentaje de infestación por broca ponderada en la Estación Experimental La Catalina, desde el año 2012 hasta el año 2024.

genética en poblaciones silvestres (África) y de Colombia (laboratorio) de estas avispas mediante análisis Pool-seq de genomas completos con secuenciación Illumina. Los resultados mostraron niveles de diversidad nucleotídica (Tajima's Pi) y diversidad genética (Watterson Theta) significativamente bajos, en las poblaciones mantenidas en Colombia de ambas especies de avispas, en condiciones de laboratorio, comparados con las poblaciones silvestres de África (Figuras 31 y 32). Con base en los resultados se concluye que las poblaciones de las avispas *Prorops*

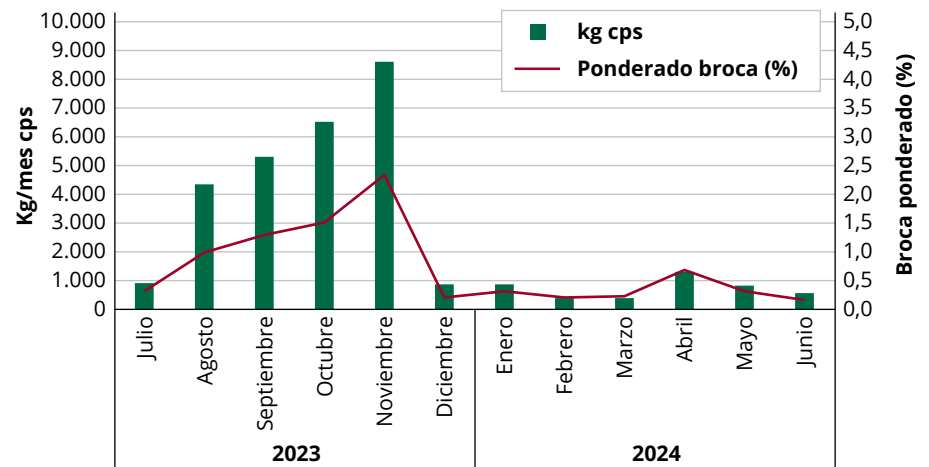


Figura 30. Cantidad de café vendido y porcentaje ponderado de infestación por broca en café pergamino seco en la Estación Experimental La Catalina, año 2023 y 2024.

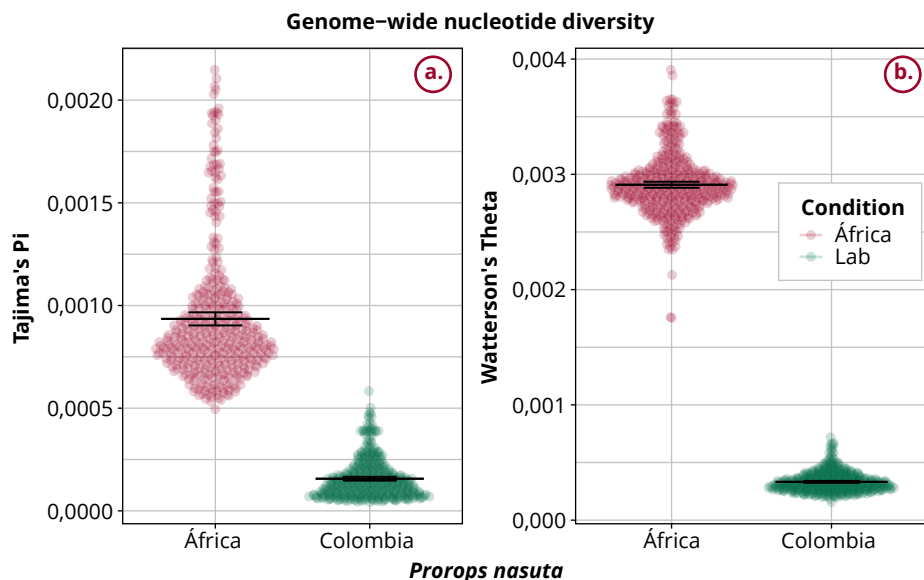


Figura 31. Índices de diversidad nucleotídica y genética en poblaciones de Colombia (laboratorio) y silvestres de África de *Prorops nasuta*. **a.** Diversidad nucleotídica, **b.** Diversidad genética.

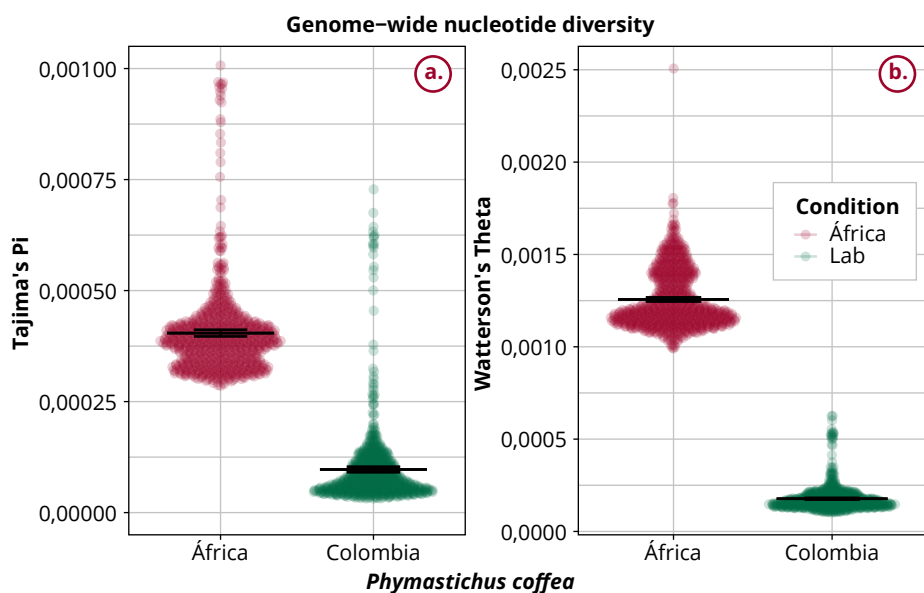


Figura 32. Índices de diversidad nucleotídica y genética en poblaciones de Colombia (Laboratorio) y silvestres de África de *Phymastichus coffea*. **a.** Diversidad nucleotídica, **b.** Diversidad genética.

nasuta y *Phymastichus coffea* mantenidas en Colombia en condiciones de laboratorio presentan un alto nivel de endogamia y una baja diversidad genética, contrario a lo que sucede con las poblaciones silvestres de África.

Evaluación de cebos formicidas para el control de hormiga arriera en zona cafetera. ENT109001

Las hormigas cortadoras de hojas del género *Atta* son plagas importantes en cultivos agrícolas, forestales y ornamentales causando la defoliación total o parcial de las plantas. Debido a la prohibición de uso de los insecticidas clorpirifos y fipronil, fue necesario evaluar formicidas sustitutos

para su control, complementado con prácticas de control manual, químico y biológico como alternativa de manejo para los caficultores. Para esto se logró reproducir la fase sexual del hongo simbiote de la hormiga arriera *Leucoagaricus gongylophorus* de un nido activo de *Atta cephalotes* y se aisló en medio de cultivo PDA para realizar pruebas de antagonismo frente al hongo *Trichoderma* sp. (Figuras 33 y 34). En la fase de laboratorio se evaluaron diferentes cepas del hongo antagonista *Trichoderma* sp. y dos formulaciones comerciales de los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Para las pruebas de patogenicidad sobre obreras de *A. cephalotes* se aplicó *M. anisopliae* y *B. bassiana* a una concentración final de 1×10^7 conidias/mL (Figura 35). Como unidad experimental se utilizaron viales de vidrio con una obrera adulta de *A. cephalotes* confinada conteniendo 5,0 mm de agar con micelio de *L. gongylophorus* como alimento. Los insectos fueron sumergidos en las soluciones con cada uno de los hongos, usando 25 hormigas-repeticiones por tratamiento y el testigo: hormigas sumergidas en agua. Los viales fueron revisados durante diez días. Las pruebas de patogenicidad con *M. anisopliae* y *B. bassiana* causaron mortalidades del 100% de los insectos a los tres y cinco días de aplicados los tratamientos respectivamente, frente al testigo. El hongo *Trichoderma* logró invadir completamente al hongo simbiote inhibiendo su crecimiento, causando necrosis y esporulación a los cinco días después de aplicado sobre trozos de estroma de *L. gongylophorus*. Para las evaluaciones en el campo con nidos activos de *A. cephalotes*, se evaluaron formulaciones comerciales de *Trichoderma* y *Metarhizium anisopliae* preparadas a una concentración final de 1×10^{10} conidias/mL de agua, utilizando hojuelas de avena entera como



Figura 33. a. Pruebas de antagonismo entre *Trichoderma* (parte inferior) y b. el hongo simbiote de la hormiga arriera *Leucoagaricus gongylophorus* (parte superior). c. *Trichoderma* invade y esporula sobre *Leucoagaricus* en 7 días inhibiendo su desarrollo.

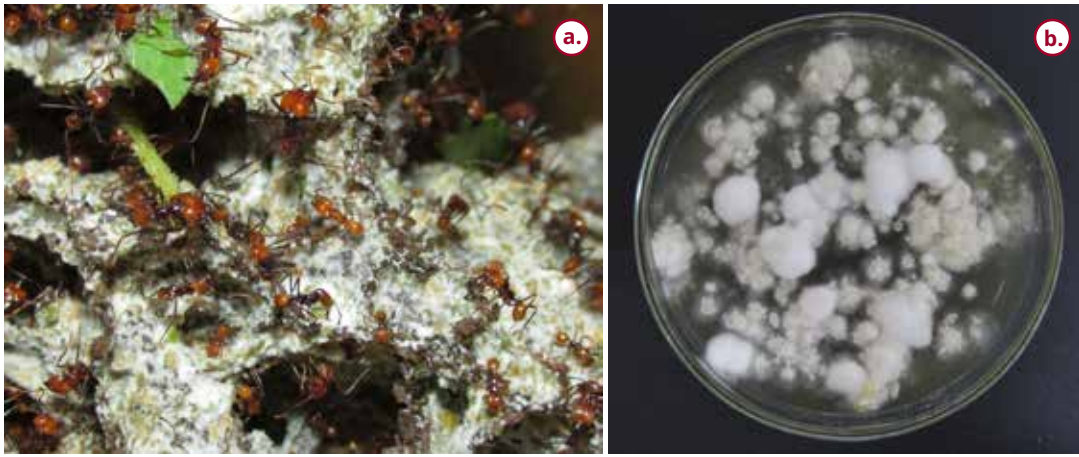


Figura 34. Aislamiento en medio de cultivo PDA del hongo simbiote de la hormiga arriera *Leucoagaricus gongylophorus*.



Figura 35. Pruebas de patogenicidad con los hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* sobre obreras de *Atta cephalotes*.

vehículo de transporte (Figura 36). Igualmente, se evaluaron cebos químicos preparados con indoxacarb ($6 \text{ cm}^3/60 \text{ mL}$ agua) y thiamethoxam + cyproconazole 600 WG. Los resultados mostraron que *Metarhizium* y *Trichoderma* controlaron los nidos en un 100% a los 20 días después de aplicados los tratamientos, en comparación al testigo, mientras que el testigo relativo a base de abamectina, controló un 100% los nidos al día 15 (Figura 37). En cuanto a los cebos con formicidas químicos sustitutos, el indoxacarb controló un 100% los nidos al día diez y el thiametoxam+cyproconazole al día 15 después de aplicados los tratamientos. Para nidos grandes con un área $>$ de 100 m^2 se utilizó un termonebulizador motorizado de espalda marca Saeta MHS-36, usando una dosis de 50 cm^3 de insecticida por litro de ACPM, aplicado a razón de un minuto de termonebulización por cada $10,0 \text{ m}^2$ de hormiguero (Figura 38). El mejor resultado se obtuvo con la cipermetrina 200 EC de uso agrícola con una eficacia del 100% de control al día cinco después de aplicados los tratamientos frente al testigo absoluto.

Evaluación de Curbix® SC 200, un nuevo insecticida para el control de la broca. ENT105020

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es actualmente la plaga más limitante de la caficultura colombiana. Las leyes colombianas, así como certificadoras sostenibles de café, han prohibido el uso de algunos insecticidas eficaces para su control. Contar con un nuevo insecticida permite tener alternativas en programas de rotación de insecticidas dentro del manejo integrado de la plaga. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del producto Curbix® SC200 (i.a. ethiprole) sobre la broca del café. Previamente, se determinó en el laboratorio y, corroboró en el campo que la concentración mínima eficaz para el control de

la broca fue $6,0 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$. En esta etapa del estudio se verificó el tiempo de control de esta concentración sobre poblaciones de brocas liberadas en diferentes momentos después de una aspersión. La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Naranjal, en un lote de segunda cosecha, con una densidad de 7.142 plantas/ha. Las evaluaciones contaron con un testigo absoluto (agua) y un testigo comercial (TC). Se aplicó un arreglo factorial de 3×7 dispuesto en un diseño completamente aleatorio. Se consideró como variable de respuesta el porcentaje de frutos con almendras sanas (PFAS). Los resultados muestran que el insecticida evaluado protege los granos de café de manera similar estadísticamente al TC hasta el día 21, cuando el PFAS es superior al 90% (Figura 39). Adicionalmente, se identificó que aplicaciones en la dosis recomendada y respetando el período de carencia, el insecticida no deja residuos en grano verde que afecten la inocuidad del café. Por lo anterior, ethiprole SC 200 a una concentración de $6,0 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ puede incluirse como herramienta de control químico del programa de Manejo Integrado de la Broca MIB.

Evaluación del insecticida Incipio 200 SC en el control de la broca. ENT105021

Con el fin de ampliar el portafolio de insecticidas químicos dentro de la estrategia de manejo integrado de la broca MIB en Colombia, se evaluó el efecto del producto Incipio 200 SC (i.a. isocycloseram) sobre la broca del café. En etapas iniciales del estudio se estableció que la concentración mínima eficaz del insecticida, tanto en el laboratorio como en el campo, fue de $0,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$. La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Naranjal, en lotes de segunda cosecha, con una densidad de 7.142 plantas/ha. Se contó con un testigo absoluto (agua) y un testigo comercial (TC). Se utilizó un arreglo factorial de 3×5 , dispuesto en un diseño completamente aleatorio. La



Figura 36. Preparación manual de cebos impregnados con esporas de hongos entomopatógenos y antagonistas para el control de nidos de hormiga arriera utilizando hojuelas de avena como vehículo de transporte.

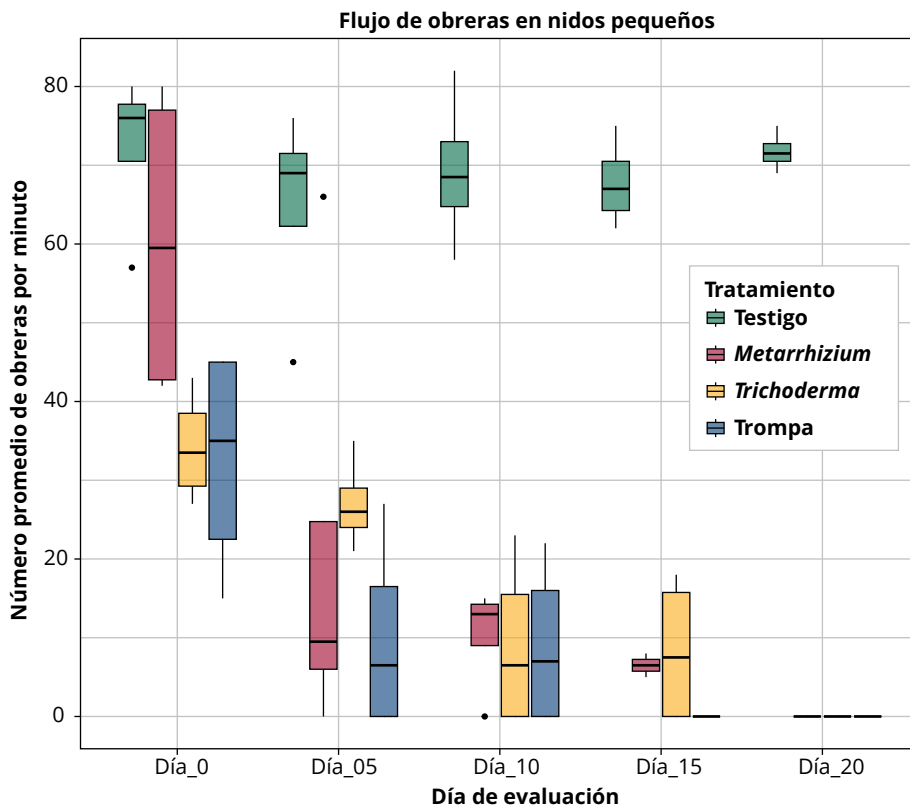


Figura 37. Eficacia de cebos preparados a base de hongos entomopatógenos y antagonistas para el control de nidos de hormiga arriera *Atta cephalotes*.



Figura 38. Evaluación de formicidas aplicados con termonebulizador para el control de nidos de hormiga arriera en cultivos de café en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé.

variable de respuesta fue el porcentaje de frutos con almendras sanas (PFAS). Los resultados muestran que este insecticida tiene un tiempo de control similar al TC hasta el día 28, no obstante, puede afirmarse que al día 21, el PFAS el control es superior al 80% (Figura 40). Así mismo, la investigación establece que aplicaciones

en la dosis recomendada y respetando el período de carencia, el insecticida no deja residuos en grano verde que afecten la inocuidad del café. Por lo anterior, isocycloseram a una concentración de $0,5 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}$ puede incluirse como herramienta de control químico dentro del programa MIB.

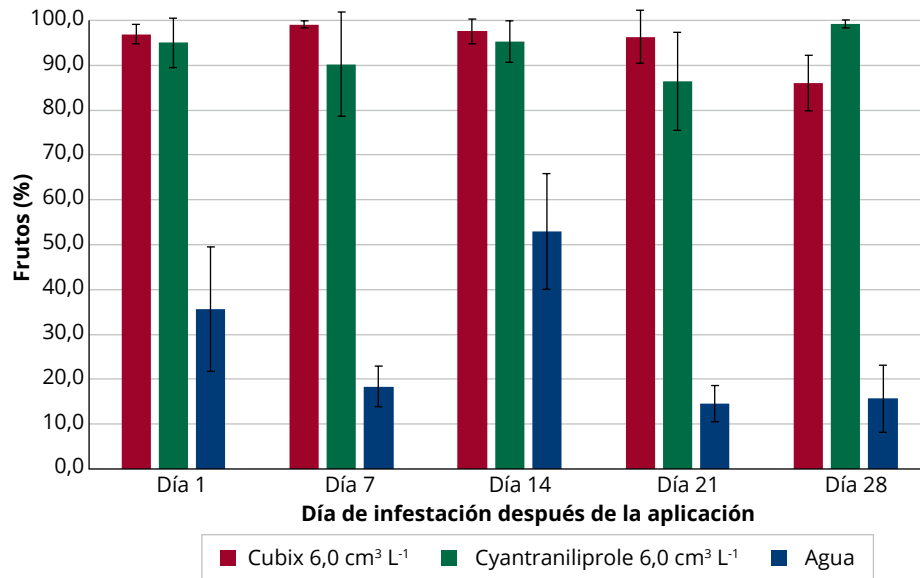


Figura 39. Porcentaje de frutos con almendras sanas para diferentes momentos de infestación. Límites de confianza al 95%.

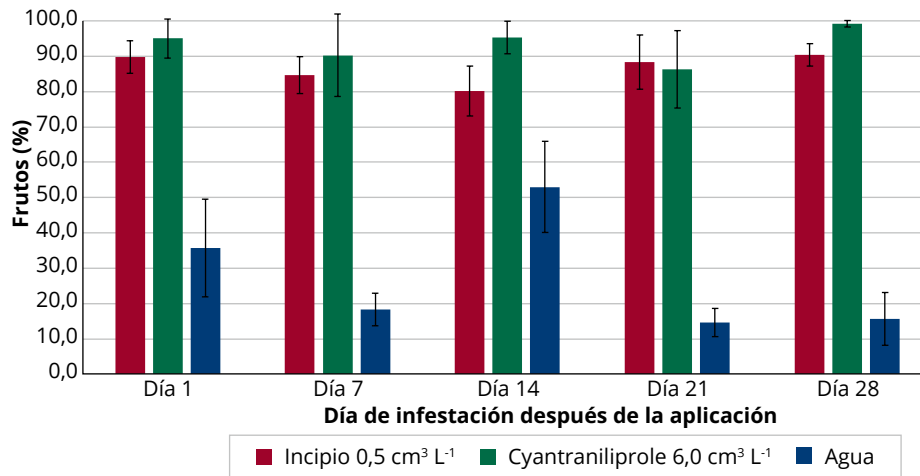


Figura 40. Porcentaje de frutos con almendra sana para diferentes momentos de infestación. Límites de confianza al 95%. Etapa 3. Evaluación de isocycloseram, Naranjal, 2023



Experimentación

Para el informe del año cafetero 2023-2024, la Disciplina de Experimentación continúa con la coordinación técnico administrativa de las ocho Estaciones Experimentales (EE), con un área total de 359,06 ha.

De ellas, 119,25 ha están cultivadas en café, el 67% están destinadas a la producción de semilla de variedades Castillo®, Cenicafé 1, Castillo Zonales y Tabi; el 22% en proyectos de investigación y el 10% en el parque experimental, que equivale a áreas con lotes potenciales para establecer nuevas actividades de investigación.

En el uso del suelo se tienen 108,6 ha destinadas a la conservación de aguas, forestales, guadua y bosques, 39,01 ha en pastos y 82,41 ha en otros usos y áreas no cultivables. La infraestructura ocupa un área de 9,7 ha.

Se desarrollaron 124 réplicas de investigaciones en las Estaciones Experimentales de Cenicafé. De ellas continúan vigentes 115. Por disciplinas, se

destacan por su participación en el desarrollo de investigaciones, Suelos con 26, Mejoramiento Genético con 19, Fitotecnia con 17. En cuanto a las EE donde se desarrollan las réplicas, se resaltan Naranjal con 54, Paraguaicito con 18, El Tambo con 13 y La Catalina con diez.

Además, se desarrollaron tres réplicas de investigación en fincas de caficultores ubicadas en el área de influencia de las EE; sobresale el apoyo de la Estación Experimental San Antonio en Santander.

En el apoyo al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé, en el período, se recibieron 11.000 visitantes, entre caficultores, extensionistas, estudiantes y otros; un 13% más que en el período anterior, debido a la continuidad de la reactivación en el apoyo al Servicio de Extensión. El 53% de ellos corresponden a caficultores, el 13% a técnicos externos y el 11% a Extensionistas de la Federación.

En el Sistema de Gestión Integral SGI, en el proceso de Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, con la norma ISO 9001 con el alcance a todas las Estaciones Experimentales en el componente de calidad, la implementación de la ISO 14001 en el componente ambiental en Naranjal y la ISO 45001 igualmente en todas las EE, se continúa realizando una serie de actividades mes a mes con el fin de garantizar los procesos misionales con calidad, preservando el medio ambiente y velando por la seguridad y salud en el trabajo de los colaboradores de la FNC y de contratistas que apoyan el proceso.

En la producción y distribución de semilla en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, para este período, se distribuyeron 55.749 kg de semilla seleccionada a los diferentes Comités de Cafeteros, presentando una reducción del 19% con respecto al período anterior. La distribución de semilla tipo "Comité" destinada específicamente a germinadores comunitarios elaborados por los Comités de Cafeteros y con miras a apalancar proyectos institucionales para pequeños caficultores fue de 22.709 kg, un 48% más con respecto al período anterior. Para un total de semilla distribuida de 78.458 kg y un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio (ANS) del 83%.

Entre los Comités que demandaron mayor cantidad de semilla se destacan Tolima con 9.948 kg, seguido de Cauca con 9.914 kg, Santander con 9.317 kg, Valle con 7.775 kg y Antioquia con 6.871 kg.

Por variedad, del total de semilla certificada seleccionada que se distribuyó en el período, se resalta el 23% de Cenicafé 1 y de variedad Castillo® Zona Centro, el 19% de Castillo® Zona Sur, el 15% de Castillo General y el 12% de Castillo Zona Norte.

La procedencia de la semilla seleccionada distribuida, el 41% se produjo en la Estación Experimental Naranjal, seguido del 22% en la Estación La Catalina, el 17% en la Estación La Trinidad y el 14% en El Tambo.

Los resultados de las pruebas en laboratorio indican que todos los lotes distribuidos tuvieron un porcentaje promedio de germinación del 83,1% y las pruebas de germinación en arena arrojaron en promedio el 83,5%.

Se gestionó la solicitud de derechos de obtentor de dos progenies correspondientes a los nuevos componentes de la variedad Castillo 2.0: 665#510 y 323#333. Esta información incluye: origen geográfico, titularidad, denominación genérica, los cuestionarios técnicos y la comparación de las nuevas progenies con las variedades notoriamente conocidas. Requisitos establecidos por el ICA para la obtención de derechos de protección de las variedades. Adicionalmente, se instalaron en el campo la prueba de Distinguidibilidad, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) con el acompañamiento del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA.



Durante la vigencia 2023 – 2024 en la Disciplina de Fisiología Vegetal, se dio continuidad a las investigaciones vinculadas al subprograma de frutos con los proyectos FIS104005 y FIS104006 donde se avanza en el estudio de la maduración de los frutos de café y en el subprograma de raíces con el proyecto FIS106003.

FISIOLOGÍA DEL FRUTO

Clasificación de las líneas mejoradas de *Coffea arabica* por tiempo de madurez de cosecha del fruto como parámetro para la constitución de variedades compuestas. FIS104006

Con el objetivo de clasificar las líneas componentes de las variedades mejoradas de *Coffea arabica* en la zona Central cafetera de Colombia, de acuerdo con el tiempo de madurez de cosecha del fruto, se realizaron seguimientos al tiempo a madurez del fruto desde la floración, en

términos de días después de floración, y al tiempo térmico, como variable de interés principal durante la cosecha de mitaca. Como variables complementarias se evaluó la respiración y características físicas de los frutos que comprenden: la firmeza del fruto (Firm; kgf), masa seca total del fruto (FDM; g), masa seca del pericarpio (PDM; g), masa seca del grano (BDM; g), masa del fruto en fresco (MFF; g) y la clasificación de los frutos maduros dentro de los ocho estados fenológicos descritos por la escala Cromacafé®.

La medición de las variables se realizó en 54 líneas promisorias del programa de Mejoramiento Genético. Para el análisis estadístico se utilizaron los valores promedio del tiempo a madurez del fruto por cada línea, para su clasificación en grupos (clusters) mediante el método de clustering Particional Alrededor de los Medoides (PAM) con el paquete “cluster”. Los valores de tiempo a madurez del fruto de las líneas por clúster se evaluaron mediante un análisis de varianza (AOV) paramétrico o robusto, y cuando se encontraron diferencias estadísticas en el AOV a un nivel de confianza del 95% se hicieron las comparaciones múltiples por pares, usando prueba de t de Student (AOV paramétrico) o la prueba de Yuen (AOV robusto), en ambos casos las comparaciones fueron ajustadas por el método de Holm. El AOV también fue realizado para la tasa de respiración y para las características físicas de los frutos. Un segundo agrupamiento PAM se realizó para las variables relacionadas con el color de los frutos. Según el tiempo a madurez, se conformaron cuatro clústeres (Figura 41). El clúster 1 agrupa el 43% de las líneas evaluadas y tuvo madurez temprana (229 – 246 DDF), el clúster 2

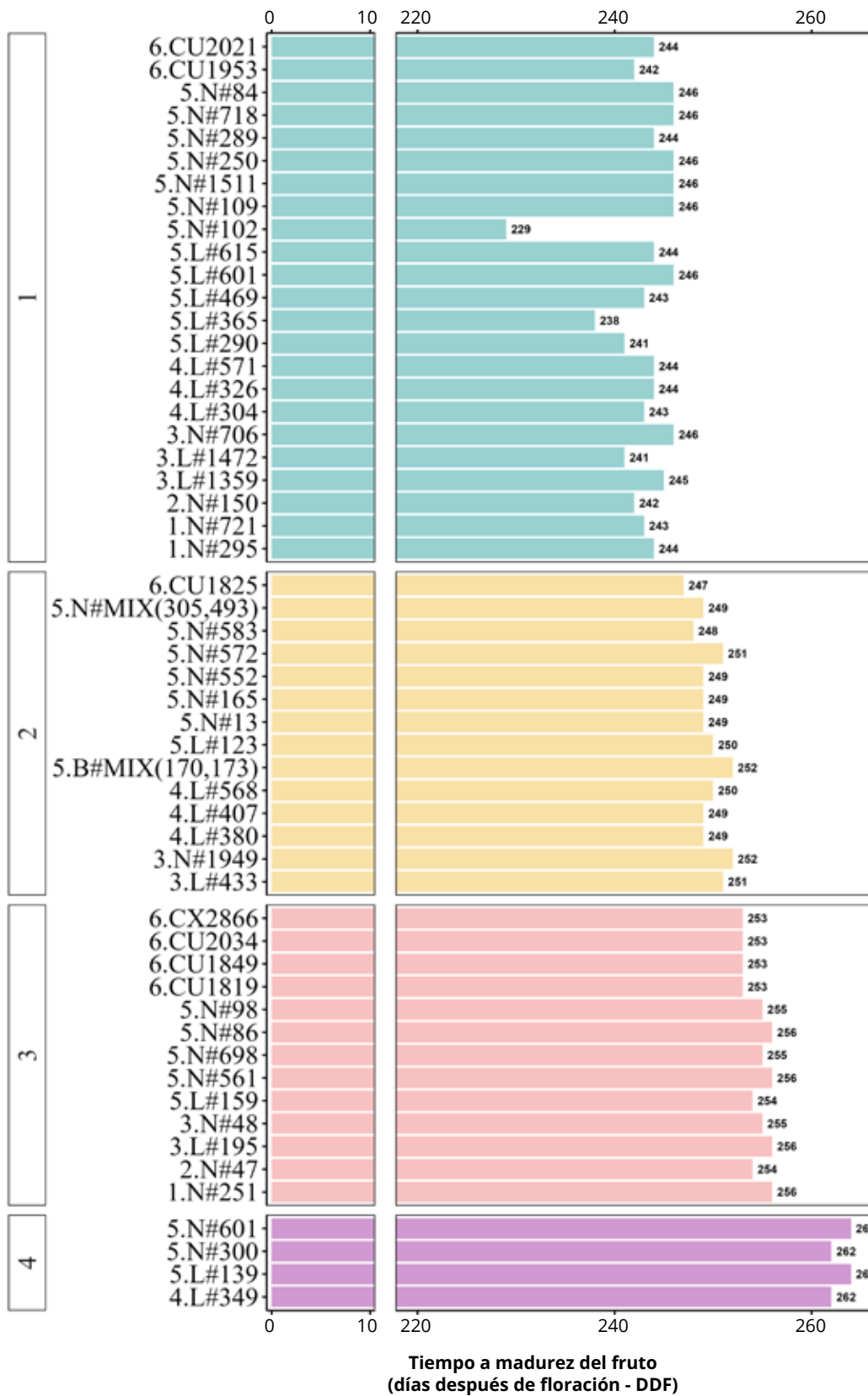


Figura 41. Tiempo a madurez del fruto desde la floración (días después de floración) y su agrupamiento por clúster (1: madurez temprana, 2: madurez temprana-intermedia, 3: madurez intermedia-tardía, 4: madurez tardía) usando el método de clustering Particional Alrededor de los Medoides (PAM) para 54 líneas de café procedentes de cruzamientos intra-específicos e inter-específicos.

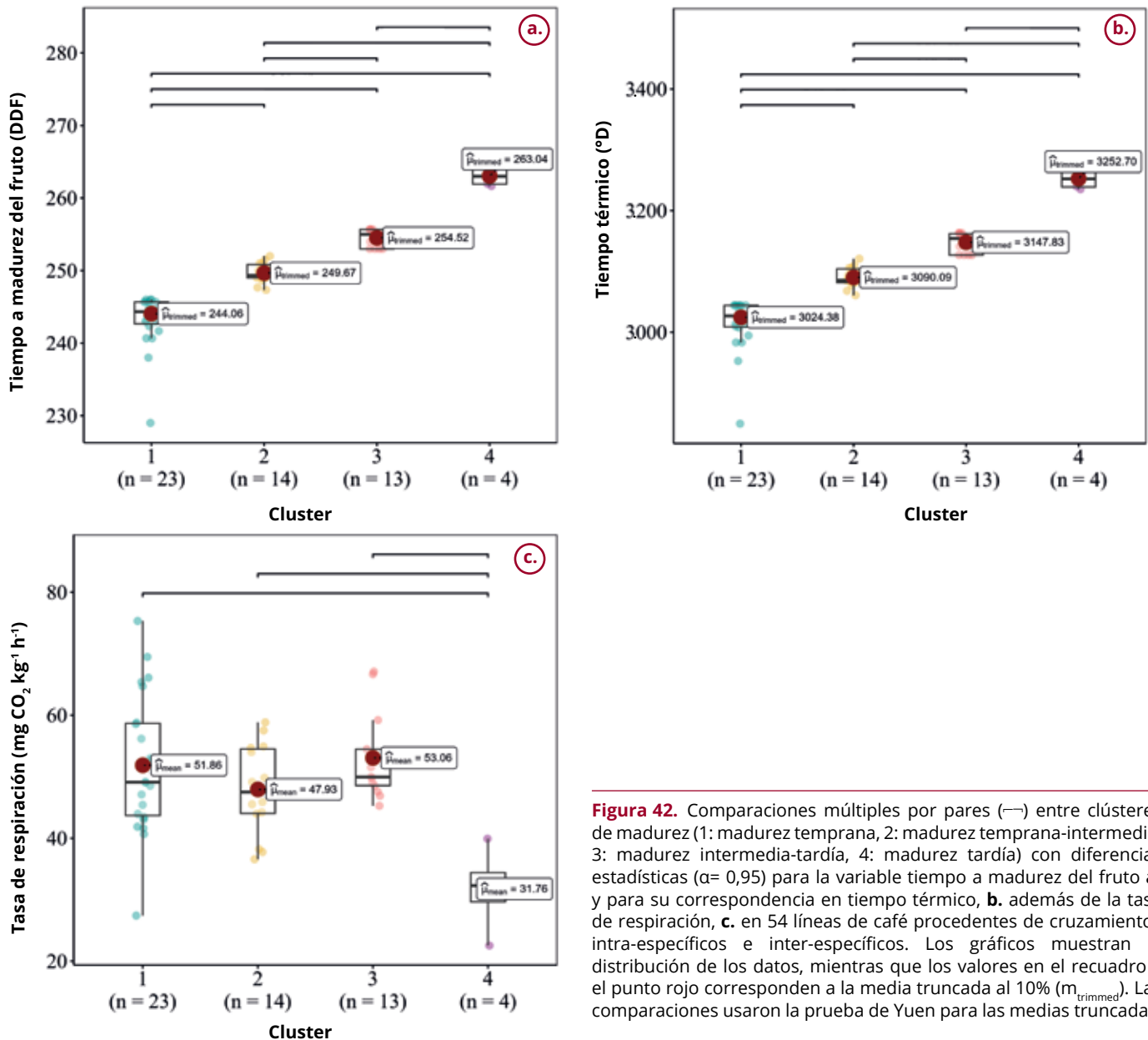


Figura 42. Comparaciones múltiples por pares (—) entre clústeres de madurez (1: madurez temprana, 2: madurez temprana-intermedia, 3: madurez intermedia-tardía, 4: madurez tardía) con diferencias estadísticas ($\alpha=0,95$) para la variable tiempo a madurez del fruto **a.** y para su correspondencia en tiempo térmico, **b.** además de la tasa de respiración, **c.** en 54 líneas de café procedentes de cruzamientos intra-específicos e inter-específicos. Los gráficos muestran la distribución de los datos, mientras que los valores en el recuadro y el punto rojo corresponden a la media truncada al 10% (m_{trimmed}). Las comparaciones usaron la prueba de Yuen para las medias truncadas.

con el 26% de las líneas presentó madurez temprana - intermedia (247 - 252 DDF), el clúster 3 con el 24% de las líneas mostró madurez intermedia - tardía (253 - 256 DDF) y el clúster 4 con el 7% de las líneas agrupó los materiales con madurez tardía (262 - 264 DDF) (Figura 41). Los clústeres en tiempo cronológico fueron estadísticamente diferentes y también lo fueron en términos de tiempo térmico (Figura 42a, 42b). Esto indica que entre las líneas más tempranas y tardías la sincronización de la cosecha sería nula, lo que implica una dispersión de la cosecha. Las líneas con madurez tardía presentan frutos con una tasa de respiración menor, caso contrario ocurre en las líneas precoces (Figura 42c). La firmeza del fruto tiende a disminuir en las líneas con un tiempo a madurez tardío (Figura 43b,

43c), sin afectar la masa fresca de los frutos (Figura 43a). Las líneas con madurez más tardía presentan frutos con mayor masa seca total que las líneas con madurez más precoz (Figura 43d), principalmente por la masa seca del grano (Figura 43f), pero no por la masa del pericarpio (Figura 43e).

Determinación de la inhibición de emisión de etileno en frutos de café con dos productos comerciales. FIS104005

Se cuantificó la tasa de emisión de etileno (C_2H_4) en los frutos de café en cuatro estados de maduración: verde, pintón, maduro y sobremaduro. La velocidad de emisión de etileno aumenta de frutos verdes a

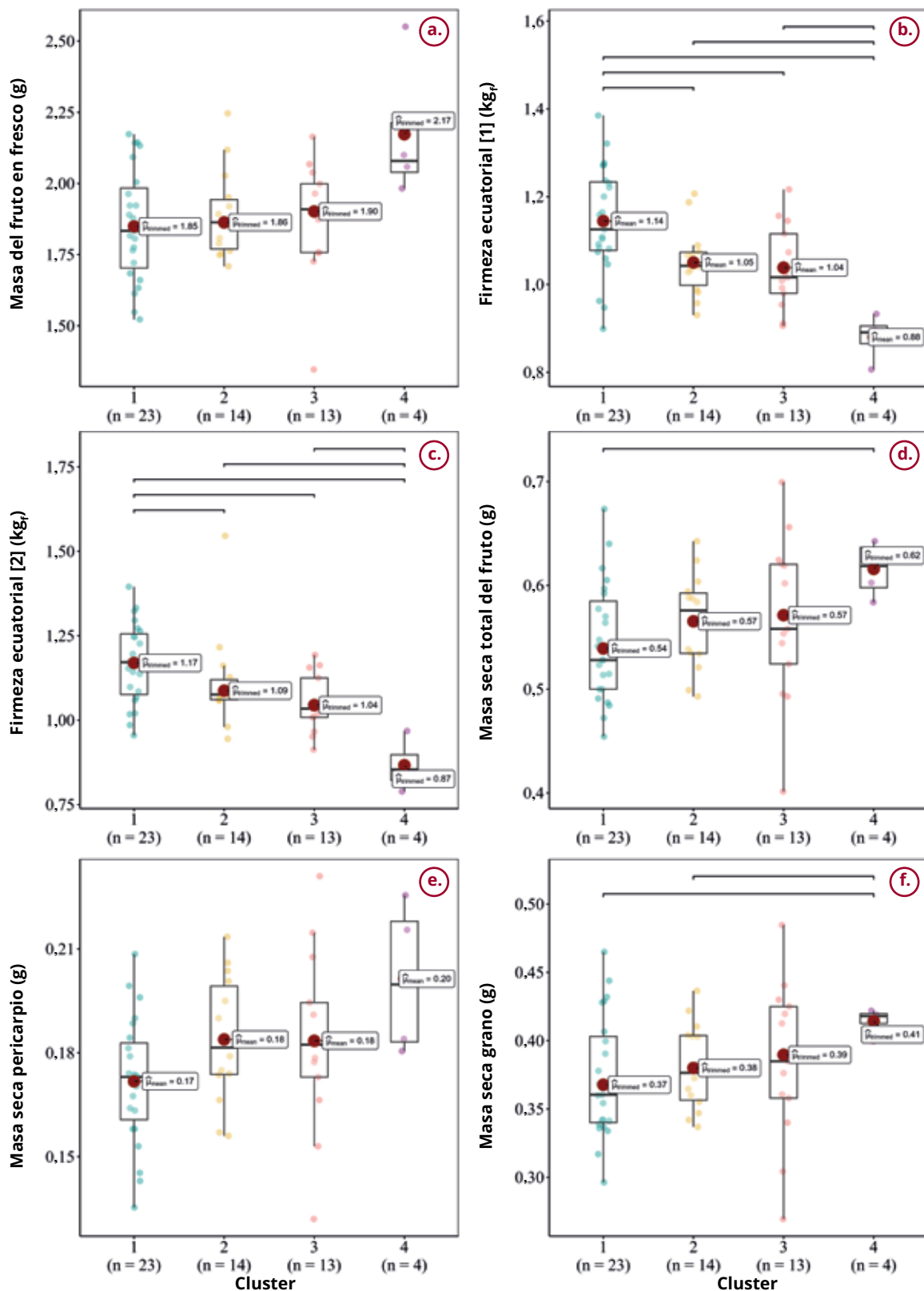


Figura 43. Comparaciones múltiples por pares (—) entre clústeres de madurez (1: madurez temprana, 2: madurez temprana-intermedia, 3: madurez intermedia-tardía, 4: madurez tardía) con diferencias estadísticas ($\alpha = 0,95$) para la variable masa del fruto en fresco **a.**, firmeza ecuatorial del fruto en el diámetro más ancho [1] **b.**, firmeza ecuatorial del fruto en el diámetro más angosto [2] **c.**, masa seca total del fruto **d.**, masa seca del pericarpio **e.**, masa seca del grano **f.**, en 54 líneas de café procedentes de cruzamientos intra-específicos e inter-específicos. Los gráficos muestran la distribución de los datos, mientras que los valores en el recuadro y el punto rojo corresponden a la media (m_{mean}) o a la media truncada al 10% (m_{trimmed}). La prueba de t de Student fue usada con las medias, mientras que, la prueba de Yuen fue usada para las medias truncadas, en ambos casos las comparaciones fueron ajustadas por el método de Holm.

maduros y, luego vuelve a descender en el estado sobremaduro. En frutos verdes la tasa de emisión de etileno es de $1,1 \mu\text{L kg}^{-1}$ y aumenta a $2,2 \mu\text{L kg}^{-1}$ en frutos maduros; estas tasas de emisión son consideradas como muy bajas. Aunque los frutos de café no se clasifican como climatéricos, su comportamiento en relación con la emisión de etileno durante los diferentes estados de maduración es similar al de los frutos climatéricos, aunque a niveles de concentración de hormona más bajos (Figura 44). Luego de identificar y medir la tasa de emisión de etileno, se realizó la aplicación de ácido salicílico al $1,0 \text{ mM}$ como inhibidor de la producción de C_2H_4 para evaluar su efecto en los diferentes estados de maduración. Los resultados mostraron una reducción en la tasa de producción de etileno promedio entre 10% a 18%, siendo los frutos verdes los que presentaron la menor inhibición (10%), seguidos por los frutos sobremaduros (11%), pintones (12%) y finalmente los maduros (14%), que fueron los más afectados por el compuesto inhibidor (Figura 45). Este análisis sugiere que el ácido salicílico tiene una capacidad limitada para inhibir la producción de etileno en los frutos de café, lo que plantea nuevas preguntas sobre la efectividad de este compuesto en la regulación del proceso de inhibición de producción de etileno en frutos de café.

FISIOLOGÍA DE LA RAÍZ

Desarrollo de un prototipo 3D para el estudio de las raíces del café. FIS106003

Con el objetivo de caracterizar las raíces de café, se recolectaron dos muestras de 20 chapolas de las variedades Cenicafé 1 y Castillo® general. Las

raíces fueron escaneadas a una resolución de 300 dpi, se midió la longitud de la raíz pivotante (mm), el diámetro de la base del hipocótilo (mm), la biomasa seca total (g), el porcentaje de inversión en biomasa de las raicillas y de la raíz pivotante, y los parámetros descriptivos de la topografía de las raíces 2D a través del análisis de fractales, del cual se obtuvo la densidad en píxeles y la dimensión fractal. Para este estudio de imágenes, se emplearon las librerías Scikit-image, Pandas, NumPy, Matplotlib, Tensorflow y SciPy, del lenguaje de programación Python®. El algoritmo fue alimentado con las imágenes de las raíces de las chapolas escaneadas. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el que se redujo la dimensión de las variables. Se encontró que las mediciones que contribuyeron con la varianza del componente 1 (43,8%) y 2 (20,2%) fueron la dimensión fractal ($R^2 = 0,92$; $p = 9,56 \cdot 10^{-17}$), la densidad de píxeles ($R^2 = 0,92$; $p = 1,26 \cdot 10^{-16}$), la longitud de la raíz pivotante ($R^2 = 0,51$; $p = 7,35 \cdot 10^{-4}$), la biomasa total ($R^2 = 0,66$; $p = 3,26 \cdot 10^{-6}$) y el diámetro de la base del hipocótilo ($R^2 = 0,90$; $p = 4,12 \cdot 10^{-15}$). Por otro lado, con el análisis de ACP enfocado en los individuos, se encontró que las raíces de las 18 chapolas de la variedad Cenicafé 1 y las 24 de Castillo® general, fueron representativas por su contribución a la varianza de las dimensiones 1 y 2, que fue del 14%.

Se evaluó la agrupación de las raíces con un análisis clúster, cuya cuantificación se hizo con el algoritmo PAM. Como se observa en la Figura 46 hay dos grandes grupos (clústeres) calculados a través del método Silhouette, en los que se distribuyen las raíces de las chapolas de las dos variedades de café. La información derivada del análisis de clúster se encuentra en la Tabla 20 en la que se describen la estadística descriptiva e inferencial, que corresponden a los clústeres 1 y 2, respectivamente, y no a las variedades. El clúster 1 mostró una mayor dimensión fractal y densidad de píxeles en comparación con el clúster 2, indicando posibles diferencias estructurales en la arquitectura, porque un mayor valor de estos parámetros indica topografías más complejas, esto es, un mayor número de ramificaciones y nodos de conectividad entre la raíz pivotante y las raicillas, lo que aumenta el porcentaje de cobertura en las imágenes. La misma tendencia se obtuvo en la longitud de la raíz pivotante y en la biomasa seca total, con un promedio mayor de estas variables en el clúster 1 que en el 2.

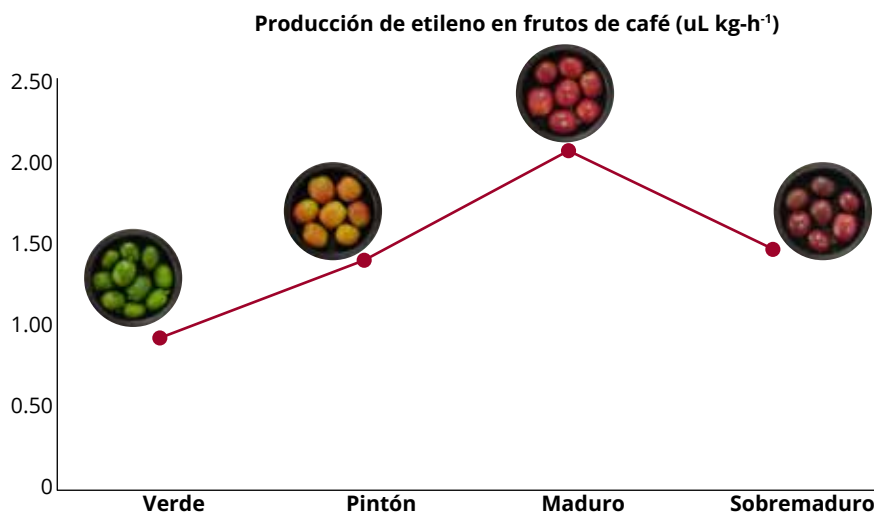


Figura 44. Comportamiento de la emisión de etileno en frutos de café variedad Castillo®.

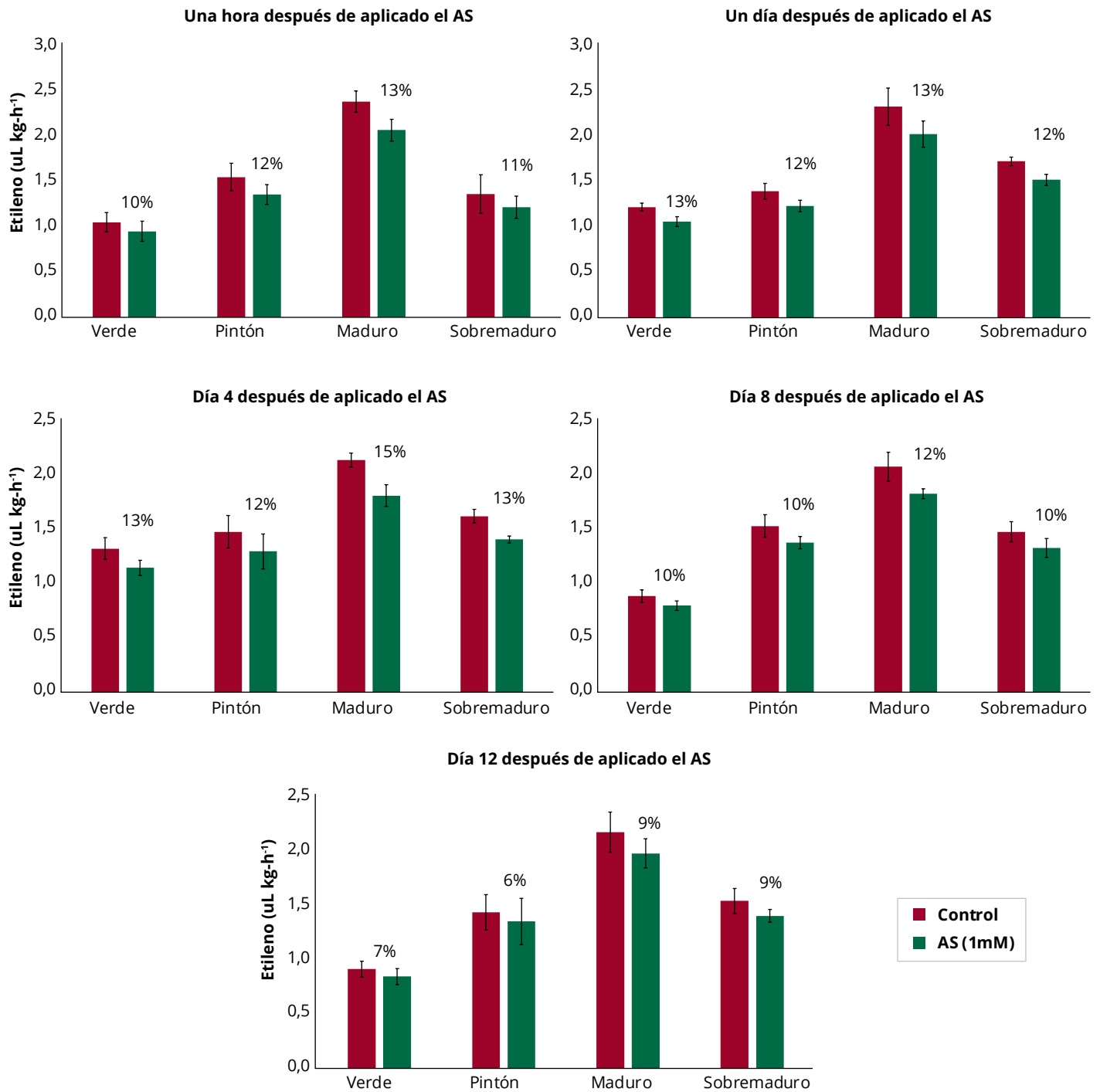


Figura 45. Efecto del inhibidor ácido salicílico (AS) 1 mM en la emisión de etileno en frutos de café variedad Castillo®.

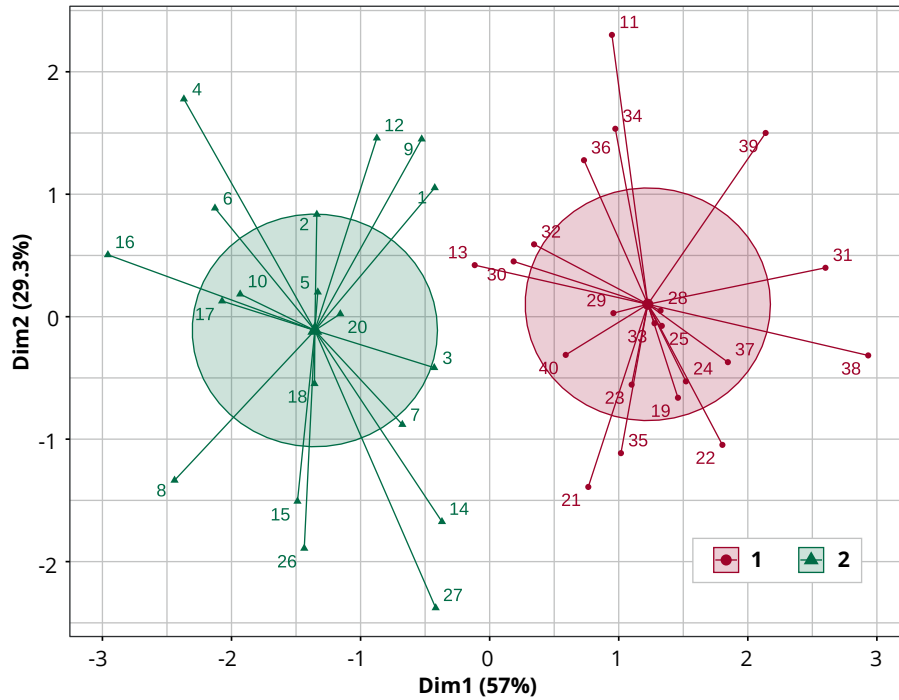


Figura 46. Representación estadística y esquemática de la distribución de las chapolas de la variedad Cenicafé 1 (1-20) y de Castillo® general (21-40), conforme con la discriminación empleada por el algoritmo PAM. Dim1 corresponde al componente principal 1 y Dim2 al componente principal 2. Color azul corresponde al clúster 1 y rosado al clúster 2.

Tabla 20. Estadísticos descriptivos e inferenciales de las variables seleccionadas a través del análisis de componentes principales. El ACP (%) corresponde al porcentaje de contribución de cada una de las variables a las dimensiones 1 y 2 (1:2). Los clústeres corresponden al agrupamiento calculado con el algoritmo PAM. El clúster 1 está compuesto por la relación 18:1 de las variedades Cenicafé 1: Castillo® general y el clúster 2 es la relación 2:21 respectivamente. \bar{x} es la media muestral, el E.E. es el error estándar de la media, el I.C. es el intervalo de confianza al 95%, el valor T es el estadístico de la prueba de t-Student con 38 grados de libertad y una confianza del 95%, el valor p es la probabilidad de tener una diferencia observable entre las medias de las variables y E.T. es el efecto del tamaño de muestra obtenido a través del método de Cohen.

Variables	ACP (%)	Clúster	\bar{x}	E.E.	I.C. (±)	Valor T	Valor p	E.T.
Dimensión fractal	(32,03;1,26)	1	1,34	0,007	0,015	8,65	1,62*10 ⁻¹⁰	2,74
		2	1,24	0,009	0,019			
Densidad de píxeles	(31,94;0,32)	1	3,63	0,117	0,245	9,05	5,12*10 ⁻¹¹	2,86
		2	2,14	0,115	0,24			
Diámetro de la base del hipocótilo (mm)	(1,16;66,45)	1	1,40	0,041	0,087	-0,848	0,402	-0,268
		2	1,46	0,053	0,11			
Biomasa total (g)	(16,70;18,70)	1	0,032	0,001	0,002	3,40	0,0016	1,08
		2	0,027	0,001	0,003			
Longitud de la raíz pivotante (mm)	(9,98;6,53)	1	143	3,89	8,18	3,73	0,000616	1,18
		2	123	3,85	8,04			



Fitopatología

Durante el período 2023-2024, en la Disciplina de Fitopatología, se siguen analizando los patógenos y las estrategias para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de café. Respecto a *Hemileia vastatrix*, Berkeley & Broome (roya del cafeto), se continúa evaluando la variabilidad patogénica y genética de los aislamientos recolectados en variedades de café, tanto susceptibles como resistentes, así como en germoplasma de interés. Se destacan los desafíos que la roya del cafeto ha planteado, especialmente en las variedades mejoradas de Cenicafé, llevando a cabo visitas a las fincas afectadas en varios departamentos. Es necesario subrayar la necesidad de implementar un programa de control de la roya cuando la incidencia supera el 15%, independientemente de la variedad cultivada. Los resultados de las evaluaciones realizadas este año y en años anteriores ratifican un aumento en la diversidad de razas y en la virulencia de la roya desde 2010, especialmente en progenies derivadas del Híbrido de Timor 1343.

Dada la alta importancia económica de la roya, esta requiere un manejo integrado, adecuado y oportuno. Por ello, Cenicafé continúa investigando alternativas de control, incluyendo fungicidas de síntesis química. Para explorar opciones contra la roya, se mantienen lotes de Caturra en las Estaciones Experimentales de Cenicafé en La Catalina (Pereira, Risaralda), Paraguaicito (Buenavista, Quindío), Naranjal (Chinchiná, Caldas) y La Trinidad (Líbano, Tolima).

Hasta ahora, se ha utilizado el lote de Caturra en la Estación Experimental Naranjal para validar dos productos fungicidas.

Durante este año, se ha evaluado el producto cyproconazole + trifloxystrobin, aplicado solo y en rotación con otros fungicidas, con una o dos aplicaciones. Hasta la fecha, se han observado diferencias significativas en el control de la enfermedad entre los tratamientos con fungicidas y el testigo sin aplicación, lo que sugiere que el fungicida podría ser una alternativa viable para incluir en la estrategia de manejo integrado de la roya. También se está evaluando el producto tetraconazole 80 g L⁻¹ + azoxystrobin 100 g L⁻¹, tanto solo como en rotación con otros fungicidas, analizando el número de aplicaciones durante el ciclo productivo.

La enfermedad de las cerezas del café (CBD), causada por *Colletotrichum kahawae*, es considerada cuarentenaria para Colombia. En caso de que ingrese al país, el potencial de daño sería muy alto, dado que las condiciones de la caficultura colombiana son propicias para el desarrollo de la enfermedad. Con el objetivo de prepararnos ante la posible llegada de este hongo, se están evaluando, en

condiciones in vitro, fungicidas comerciales de síntesis química y biológicos como alternativas de manejo de la enfermedad. Se han seleccionado 13 fungicidas que inhibieron el crecimiento del hongo a bajas dosis, evaluándolos sobre un grupo de 26 aislamientos de *Colletotrichum* spp, en tres dosis diferentes. Los fungicidas evaluados controlaron la germinación de conidias y el crecimiento de la colonia.

Finalmente, durante este año se han fortalecido los lazos de colaboración con colegas de Etiopía y Kenia, así como con el World Coffee Research y el USDA de Puerto Rico. Estas colaboraciones serán fundamentales para continuar desarrollando estrategias de manejo del CBD y para evaluar el germoplasma de café en resistencia a la roya, al CBD y a otras enfermedades.

Apoyo al Servicio de Extensión y Caficultores de Colombia en el reconocimiento y manejo de problemas bióticos y abióticos. PAT 101001

Este informe se centra en el apoyo al Servicio de Extensión de la FNC y a los caficultores colombianos en el manejo de los problemas bióticos y abióticos que afectan la sanidad y la producción de los cultivos de café. Se destacan los desafíos que ha planteado la roya del cafeto, en particular en las variedades mejoradas de Cenicafé, con visitas realizadas a las fincas afectadas en varios departamentos, incluidos Risaralda, Quindío, Tolima y Caldas. Estas visitas y los sondeos nacionales que realiza trimestralmente el Servicio de Extensión evidencian que, si bien la roya está presente en variedades mejoradas, no ha alcanzado niveles epidémicos a nivel nacional, con una incidencia promedio del 6,1%. La

situación parece involucrar brotes localizados, en lugar de una infección generalizada, y se están realizando investigaciones para comprender los factores detrás del aumento de los niveles de roya.

Se enfatiza la necesidad de un programa de control de la roya cuando la incidencia supera el 15% independiente de la variedad de café; se confirmó que otras enfermedades no han aumentado significativamente, con la excepción de casos localizados de caída de frutos verdes, que pueden estar relacionados con una alta carga de frutos o problemas de suelo. Hasta la fecha las pruebas realizadas en frutos verdes caídos y otras muestras de frutos necrosados han dado negativos por medio de la prueba de qPCR desarrollada para la identificación de *C. kahawae*, el hongo que causa el CBD (Figura 47). De igual forma, durante el presente año se afianzaron los lazos de colaboración con instituciones de Etiopía y Kenia, los cuales serán fundamentales para continuar el desarrollo de estrategias de manejo del CBD y la evaluación de germoplasma de café por resistencia a roya, CBD y otras enfermedades.

Caracterización patogénica y genética de razas de roya presentes en materiales de café con resistencia y susceptibilidad a la enfermedad. PAT 103011

Hemileia vastatrix (roya del cafeto) es una enfermedad que provoca pérdidas significativas en la producción de café, especialmente en variedades susceptibles, donde las pérdidas pueden alcanzar hasta el 50%. La principal estrategia de manejo ha sido el desarrollo de

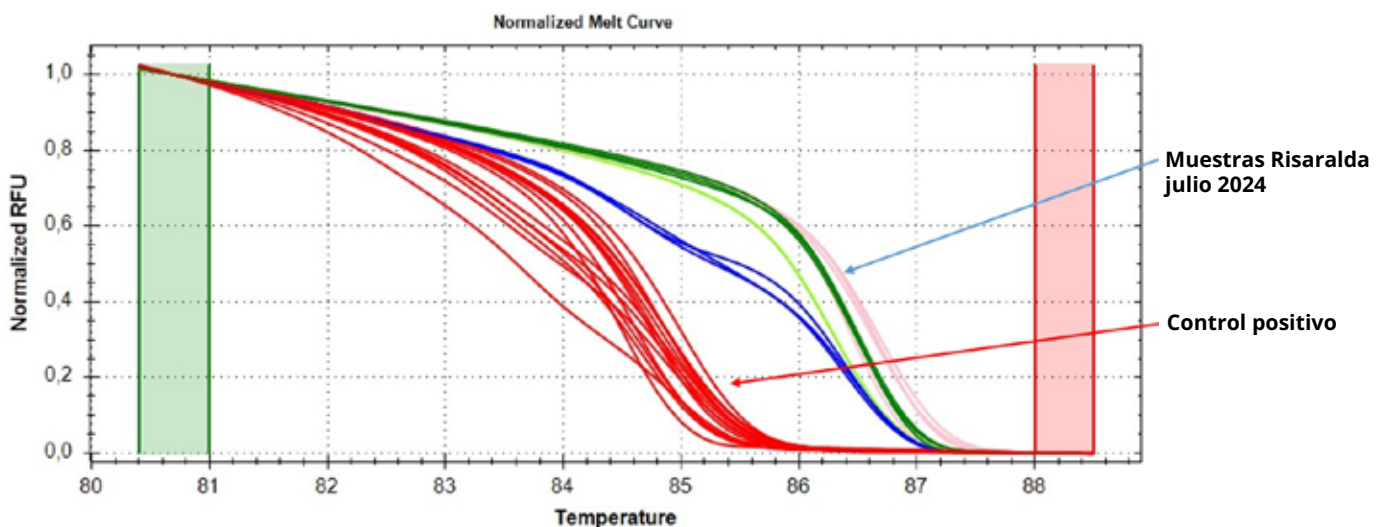


Figura 47. RT-PCR. Curvas de temperatura de separación para la identificación de *C. kahawae*. Las muestras analizadas de frutos de Risaralda dieron un resultado negativo para *C. kahawae*.

variedades resistentes, cuyo cultivo alcanzó el 83% en 2020. Sin embargo, esta resistencia ha llevado a una mayor presión de selección sobre el patógeno, que ha evolucionado, generando cerca de 50 razas fisiológicas de la enfermedad, de las cuales al menos 20 se han identificado en Colombia. El monitoreo continuo de la roya en genotipos de café con diferentes respuestas está siendo realizado por la Disciplina de Fitopatología de Cenicafé, lo que permite observar patrones de virulencia en diversas condiciones geográficas.

Este año se presentan resultados de inoculaciones cruzadas que examinan la evolución del patógeno en genotipos diferenciados en colaboración con el CIFC de Portugal. Se realizó la renovación de materiales de plantas usadas en este proyecto en el campo, debido a su avanzada edad. En 2024 se espera sembrar nuevos materiales en diversas Estaciones Experimentales. Los ensayos actuales consisten en inoculaciones con diferentes muestras de roya, donde se están evaluando 120 materiales de diversas variedades de café. Los resultados de las evaluaciones realizadas en el presente año y a lo largo de los últimos años indican un incremento en las razas y virulencia de la roya desde 2010, especialmente en progenies derivadas del Híbrido de Timor 1343 (Figuras 48 y 49). Estos hallazgos son clave para definir estrategias efectivas de selección y resistencia en nuevas variedades de café que se están desarrollando bajo el proyecto con WCR, especialmente en la elección de aislamientos de roya a utilizar en las pruebas de resistencia de las progenies e híbridos a evaluar.

MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

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

La enfermedad de las cerezas del café (CBD) causada por *Colletotrichum kahawae* es cuarentenaria para Colombia. En caso de ingreso al país, el potencial de daño es muy alto, dado que las condiciones de la caficultura colombiana son propicias para el desarrollo de la enfermedad. Con el objetivo de prepararnos ante el ingreso de este hongo se están evaluando en condiciones *in vitro*, fungicidas comerciales de síntesis química y biológicos como alternativas de manejo de la enfermedad. Como modelo biológico se utilizan aislamientos nativos de *Colletotrichum* spp. causantes de antracnosis, recolectados en cultivos de café en Colombia. Se seleccionaron 35 productos con registro ICA vigente. Cada uno ha sido sometido a diferentes pruebas, seleccionando los de mejor desempeño para su posterior validación en el campo. Previamente, se realizaron pruebas para definir las DL₅₀, DL₇₅, y DL₉₀ de cada uno de los fungicidas preseleccionados. Los 13 fungicidas que inhibieron el crecimiento de micelio o la germinación de las conidias a bajas dosis, se evaluaron en tres dosis sobre un grupo de 26 aislamientos de *Colletotrichum* spp., comparados con un testigo sin fungicida. Los fungicidas evaluados controlaron la

Componentes de la Variedad Cenicafé 1 - 35 días después de inoculación
Roya Genotipo: CU 1819 Estación La Trinidad

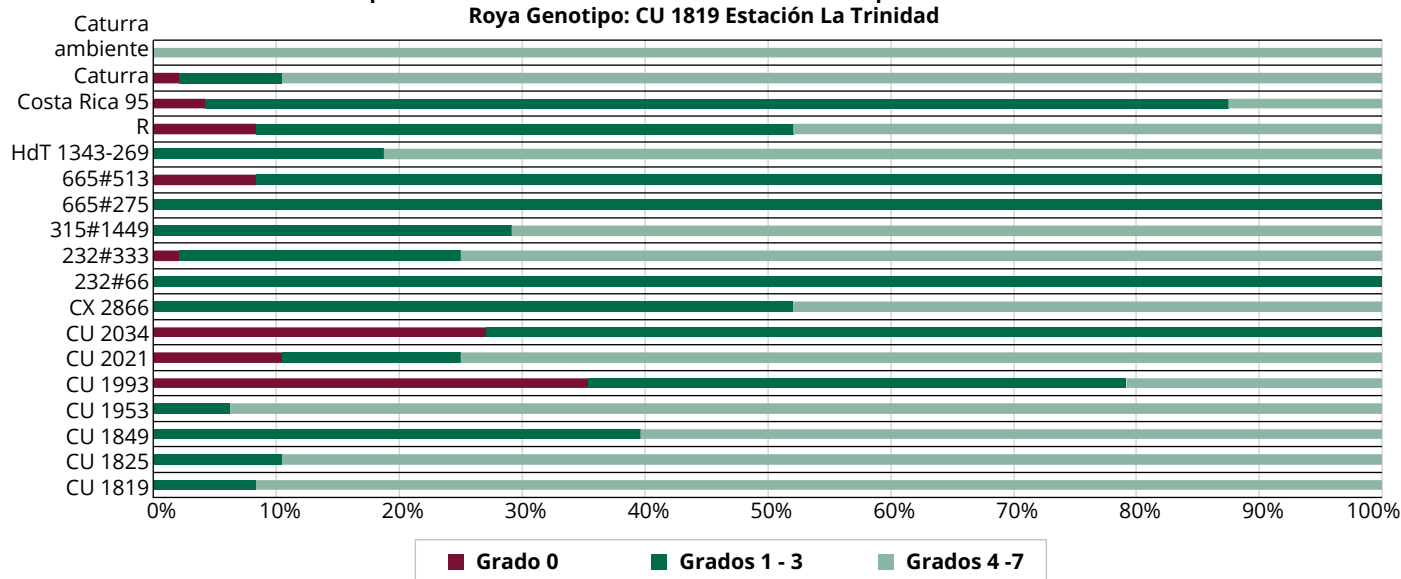


Figura 48. Desarrollo del aislamiento de roya CU1819 inoculado sobre hojas desprendidas de progenies de la variedad Cenicafé 1, de acuerdo con la escala de Eskes.

Diferenciales CIFC re-secuenciados por MEG -35 días después de inoculación
Roya Genotipo: CU 1819 Estación La Trinidad

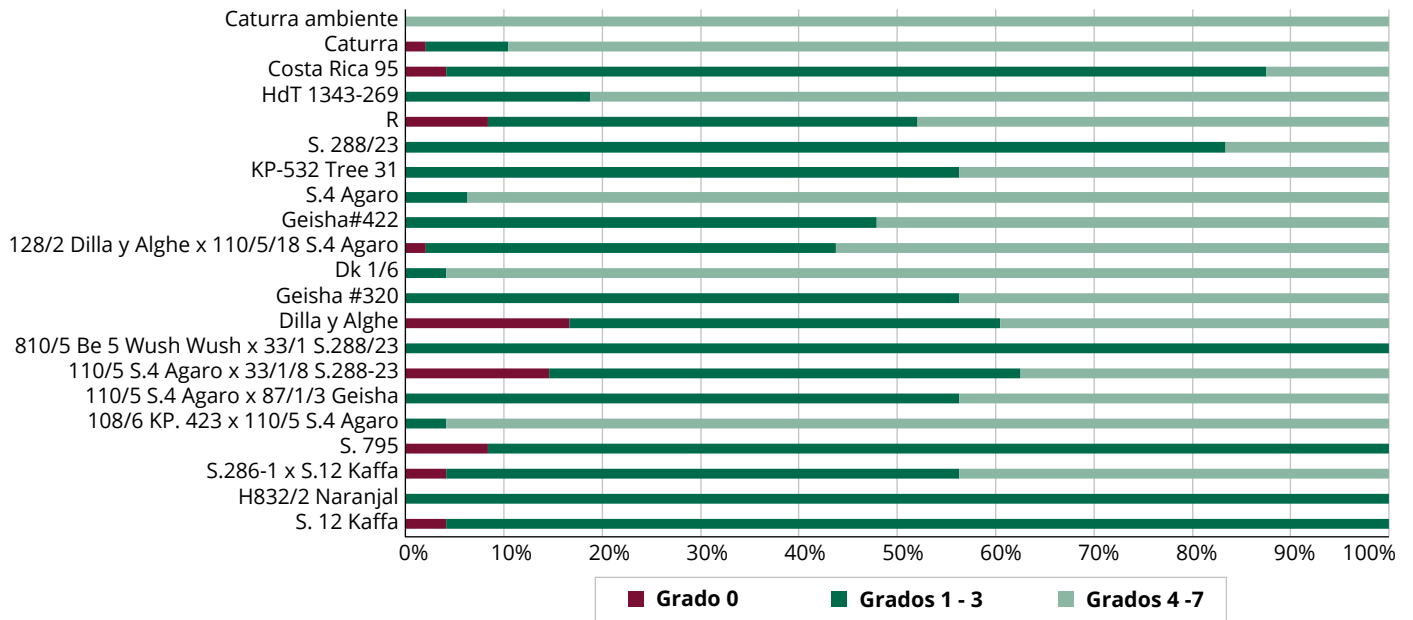


Figura 49. Desarrollo del aislamiento de roya CU1819 inoculado sobre hojas desprendidas de plantas diferenciales del CIFC re-secuenciadas por la Disciplina de Mejoramiento Genético, de acuerdo con la escala de Eskes.

germinación de las conidias y el crecimiento de la colonia, pero se observó variación en la respuesta dependiendo del grupo taxonómico del aislamiento y del fungicida evaluado (Figura 50). Para la siguiente fase se evaluará la capacidad de los fungicidas para controlar la enfermedad en frutos desprendidos inoculados artificialmente, por lo que se estandarizaron las pruebas de patogenicidad de *Colletotrichum* sobre frutos de café, ya que no existe un protocolo replicable. Se evaluaron variables como edad de los frutos, desinfección superficial, heridas, número de inoculaciones, choque térmico y condiciones de incubación, obteniendo un protocolo replicable con prevalencia de los síntomas típicos de antracnosis (Figura 51).

Evaluación del fungicida cyproconazole + trifloxystrobin como alternativa en rotación para el control de la roya del cafeto en variedad Caturra. PAT104023

En Colombia, el 13% de la caficultura está sembrada con variedades susceptibles a la roya de cafeto. Esta enfermedad tiene una alta importancia económica, por lo que requiere un manejo integrado, adecuado y oportuno. Por esta razón Cenicafé continúa investigando en alternativas de control, incluyendo los fungicidas de síntesis química. En esta investigación se está evaluando el control de la enfermedad con el fungicida cyproconazole + trifloxystrobin, aplicado solo y en rotación con otros fungicidas, y con una o dos aplicaciones. En una primera fase se estableció

un experimento en un cultivo comercial de siembra nueva de la variedad Caturra, en el municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda). Se evaluó el efecto del fungicida en el control de la enfermedad en diferentes esquemas de aplicación. Se analizó la producción de café cereza, la calidad física del café pergamino seco (cps) y la presencia de residuos en cps. Se seleccionaron los cuatro tratamientos que presentaron control de la enfermedad comparable con el testigo comercial recomendado actualmente por Cenicafé y que mantuvieran niveles óptimos de producción para verificación de su capacidad de control en un lote con alta presión de la enfermedad en la Estación Experimental Naranjal (EE Naranjal). Los cuatro tratamientos comparados con un testigo sin aplicación se están validando en la EE Naranjal. A la fecha se han encontrado diferencias en el control de la enfermedad entre los tratamientos con fungicidas, y entre estos y el testigo sin aplicación, por lo que el fungicida se presenta como una potencial alternativa para incluir en la estrategia de manejo integrado de la enfermedad (Figura 52).

Evaluación del fungicida tetraconazole + azoxystrobin para el control de la roya del cafeto en variedad Caturra. PAT104024

La roya del cafeto es la enfermedad de mayor importancia económica para el cultivo del café en el mundo. En Colombia, las pérdidas en la producción en

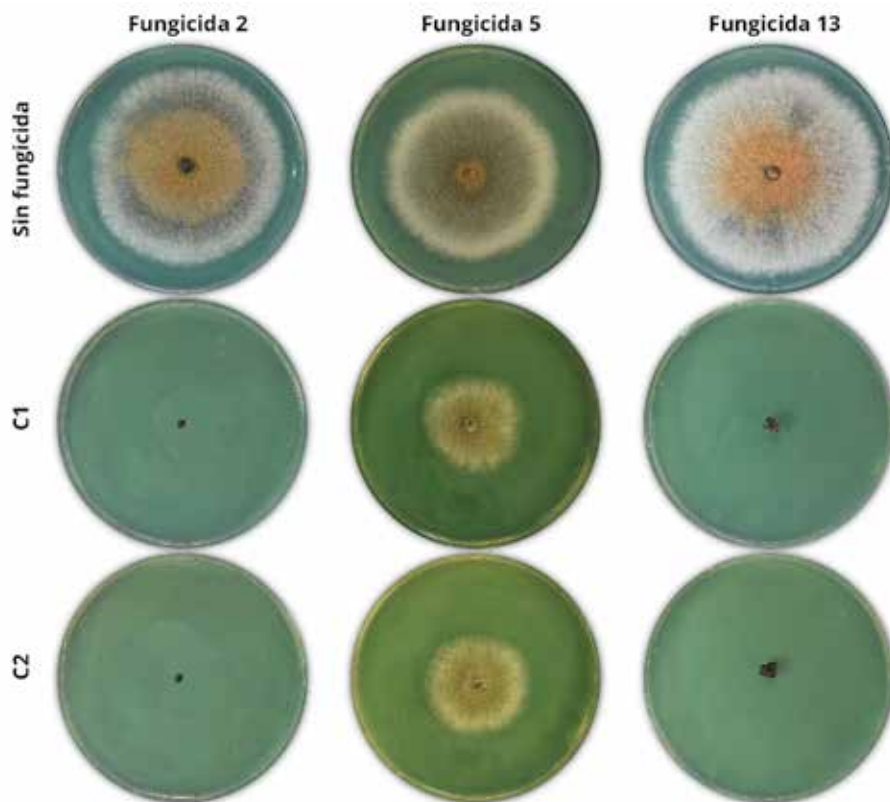


Figura 50. Crecimiento de la colonia de un aislamiento de *Colletotrichum* spp. en presencia de dos dosis de tres fungicidas.



Figura 51. a. Desarrollo de los síntomas típicos de antracnosis en frutos de café inculados con aislamientos de *Colletotrichum* spp.; b. Control negativo sin inoculación.

variedades susceptibles y sin control de la enfermedad pueden llegar a ser hasta del 30% y en otros países alcanzan el 80%. De las 840.000 hectáreas sembradas en café en Colombia, un 13% del área está sembrada en variedades susceptibles a la roya, estas requieren manejo, principalmente mediante la aplicación de fungicidas de síntesis química. De los productos con registro ICA, muchos no han sido validados por Cenicafé, y otros tienen uso restringido debido a la regulación nacional e internacional. En este proyecto se está evaluando el producto tetraconazole 80 g L⁻¹ + azoxystrobin 100 g L⁻¹, solo o en rotación con otros productos fungicidas y evaluando el número de aplicaciones durante el ciclo productivo. También se incluyó un producto biológico a base de extracto de *Swinglea glutinosa*. En una primera fase llevada a cabo en un cultivo comercial en la finca de un caficultor en el municipio Santa Rosa de Cabal (Risaralda), se evaluó el efecto de los tratamientos en el control de la enfermedad, en la producción, la calidad física y sensorial del café y la presencia de residuos en cps. Se seleccionaron los tratamientos con mayor potencial

de control de la enfermedad, sin efecto negativo en la producción, ni residuos de los ingredientes activos en cps. Tres tratamientos se llevaron a validación en un lote con alta presión de la enfermedad en la Estación Experimental Naranjal y se están comparando con un testigo sin aplicación. Se espera poder incluir el fungicida como alternativa de manejo de la enfermedad en Colombia.

Establecimiento de lotes permanentes de café para investigación sobre alternativas de manejo de enfermedades. PAT 104025

Debido a la escasa disponibilidad en Cenicafé, de cultivos de café de variedades susceptibles a la roya y la dificultad para conseguir lotes de caficultores con la homogeneidad, pureza, calidad y manejo requeridos, fue necesario el establecimiento de lotes de variedad Caturra para la planeación de investigaciones y el establecimiento de convenios. El objetivo de esta actividad es establecer lotes permanentes de cultivos de café, inicialmente de la variedad Caturra, para investigaciones sobre alternativas de manejo de enfermedades de importancia en Colombia. Durante la vigencia 2023-2024, se continuó con el mantenimiento de los lotes en las Estaciones Experimentales de Cenicafé: La Catalina (Pereira, Risaralda) con un área de 0,55 ha al sol, Paraguaicito (Buenavista, Quindío) con un área de 0,4 ha al sol, Naranjal (Chinchiná, Caldas) con un área de 0,55 ha al sol y La Trinidad (Líbano, Tolima) con un área de 0,35 ha al sol. Los lotes fueron sembrados con plantas de *C. arabica* var. Caturra, de semilla autofecundada, asegurando alta homogeneidad genética, uniformidad y susceptibilidad. Las distancias de siembra establecidas



Figura 52. Validación de fungicidas para el control químico de roya en zonas de alta presión de la enfermedad. **a.** Parcela testigo sin tratamiento, con defoliación de la zona productiva; **b.** Parcela tratada con fungicidas.

son de 1,1 m entre plantas y 1,3 m entre surcos. Estos lotes representan diferentes patrones de distribución de cosecha y de epidemias en Colombia. El manejo agronómico es el recomendado por Cenicafé para lotes comerciales y es realizado por los responsables de cada Estación Experimental.

Desarrollo de una plataforma de simulación y modelamiento para el estudio de la biología de los patógenos y las principales enfermedades del cultivo del café. PAT105005

La producción de café desempeña un papel crucial para la economía de Colombia. No obstante, el cultivo enfrenta diversos desafíos que impactan adversamente la rentabilidad del cultivo. En esta investigación se abordan los retos relacionados con el cambio climático y la sanidad del cultivo, específicamente con las enfermedades roya del café y mancha de hierro causadas por los hongos *Hemileia vastatrix* y *Cercospora coffeicola* respectivamente. El cambio climático está

afectando las condiciones meteorológicas a nivel mundial, incluyendo la temperatura, humedad, radiación solar y concentración de gases de efecto invernadero (GEI). Esta investigación se enmarca dentro del macro-proyecto CSICAP y tiene por objetivo evaluar en condiciones controladas si los cambios esperables en variables climáticas y GEI tendrían efecto sobre la biología y agresividad de patógenos causantes de estas dos enfermedades. Se espera generar modelos que permitan predecir el efecto de los cambios en las variables ambientales sobre la biología, patogenicidad y agresividad de los dos hongos. La investigación se llevará a cabo en tres etapas. En este informe se presentan los resultados de avance de la primera etapa en la cual se realizó el diseño del cuarto de crecimiento en el cual se realizarán las simulaciones de clima y se evaluará el desarrollo de las enfermedades. Adicionalmente se avanzó en la obtención y caracterización del material biológico. En la siguiente etapa se finalizará la caracterización de los hongos, y se iniciarán las evaluaciones del desarrollo de las enfermedades roya y mancha de hierro en las condiciones ambientales esperables en los escenarios de cambio climático.



Evaluación del efecto bioherbicida de ácidos orgánicos obtenidos a partir del mucílago del café. FIT101006

Con el objetivo de evaluar el efecto de fuentes de ácidos orgánicos obtenidos del mucílago de café como bioherbicida para el control de arvenses, se desarrolló una primera etapa de esta investigación, en la cual se realizó la caracterización física y química de dos sustratos orgánicos fermentados derivados del proceso de beneficio del café (mieles del Ecomill® y aguas de primera cabeza de lavado del Tanque Tina). La caracterización física de los dos sustratos de aguas residuales del lavado del café se realizó durante los 16 días de fermentación aeróbica.

En las mieles del Ecomill®, la carga orgánica representada en la concentración promedio de sólidos totales disminuyó de 28.200 mg L⁻¹ registrados en el día 1, hasta 15.700 mg L⁻¹ registrados en el día 16 de fermentación aeróbica; lo que indica una reducción del 44,3% de la carga orgánica (Figura 53a). Por su parte, para el sustrato correspondiente a las aguas primera cabeza de lavado del Tanque Tina, la concentración de sólidos totales disminuyó de 43.700 mg L⁻¹ registrados en el día 1 hasta 32.000 mg L⁻¹ en el día 16 del proceso de fermentación aeróbica, lo que representa una disminución del 32% (Figura 53b).

Durante la caracterización química de los sustratos, la acidez titulable (AT) de las mieles tanto de la Ecomill® y Tanque Tina, se ajustaron a una curva de tendencia logarítmica, indicando que hay una mayor concentración

hasta el día 13 de fermentación con valores de 2,35 mL de NaOH para Ecomill® (Figura 54a) y 3,26 mL de NaOH en Tanque Tina (Figura 54b). Por otro lado, la determinación de los ácidos orgánicos procedentes de las mieles tanto de la Ecomill® y Tanque Tina tuvieron variaciones en la concentración respecto a los días de fermentación. Para el ácido acético en Ecomill® se determinaron los mayores valores a los ocho días de fermentación, mientras que en Tanque Tina a los 16 días. Caso contrario se presentó en las concentraciones de ácido cítrico y láctico en el que fue relativamente constante a través de los días de fermentación para ambos métodos de beneficio (Figura 55a y 55b).

Estimación de los porcentajes de distribución de la cosecha de café con base en los registros de floración. FIT102021

Esta actividad constantemente se desarrolla en las ocho Estaciones Experimentales de Cenicafé con base en

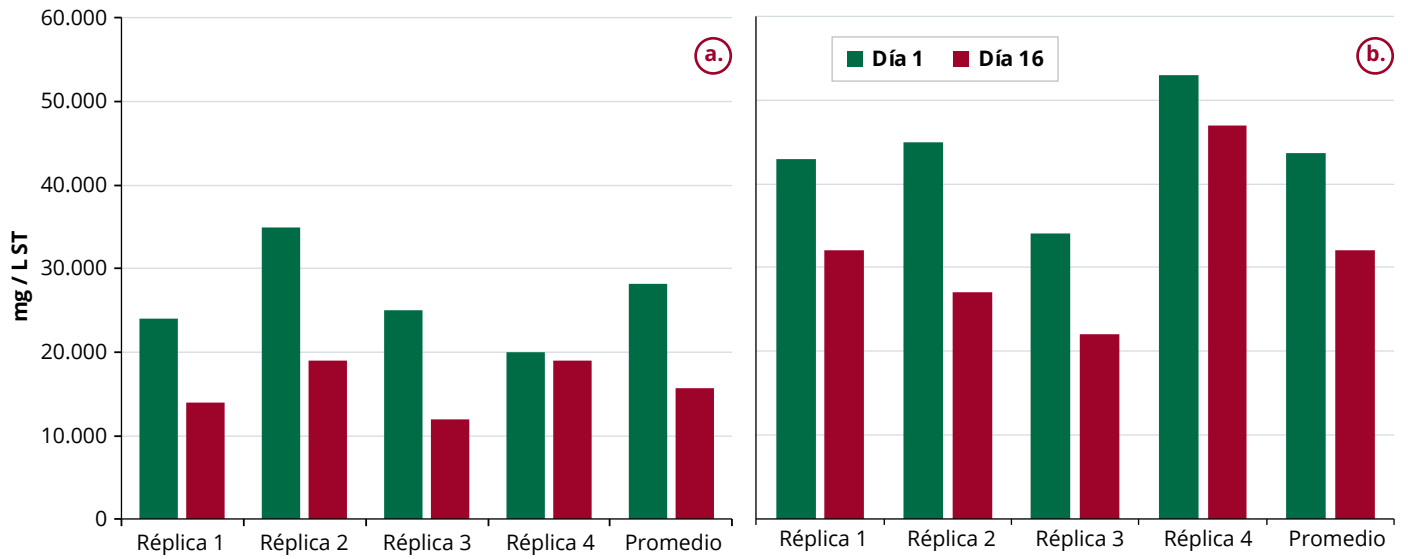


Figura 53. a. Concentración de sólidos totales (en mg L⁻¹) de las mieles del Ecomill® durante 16 días de fermentación aeróbica; b. Concentración de sólidos totales de las aguas de primera cabeza de lavado del Tanque Tina durante 16 días de fermentación aeróbica.

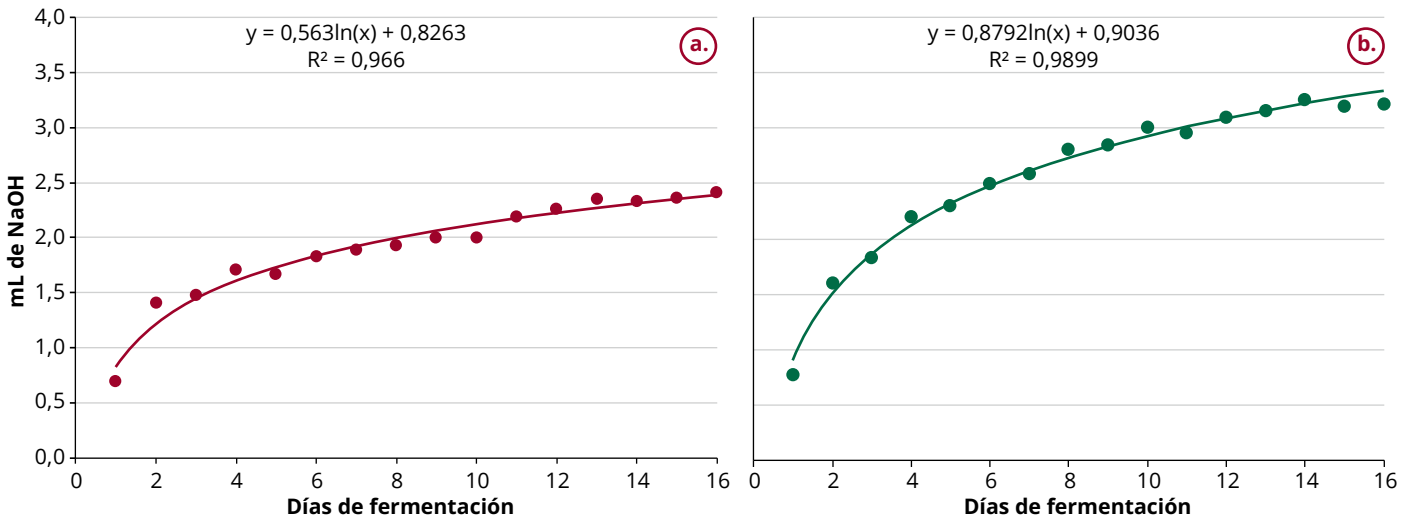


Figura 54. Tendencia logarítmica de los valores registrados de acidez titulable (mL de NaOH) en: a. Miel del Ecomill® durante 16 días de fermentación aeróbica, b. Aguas de primera cabeza de lavado del Tanque Tina durante 16 días de fermentación aeróbica.

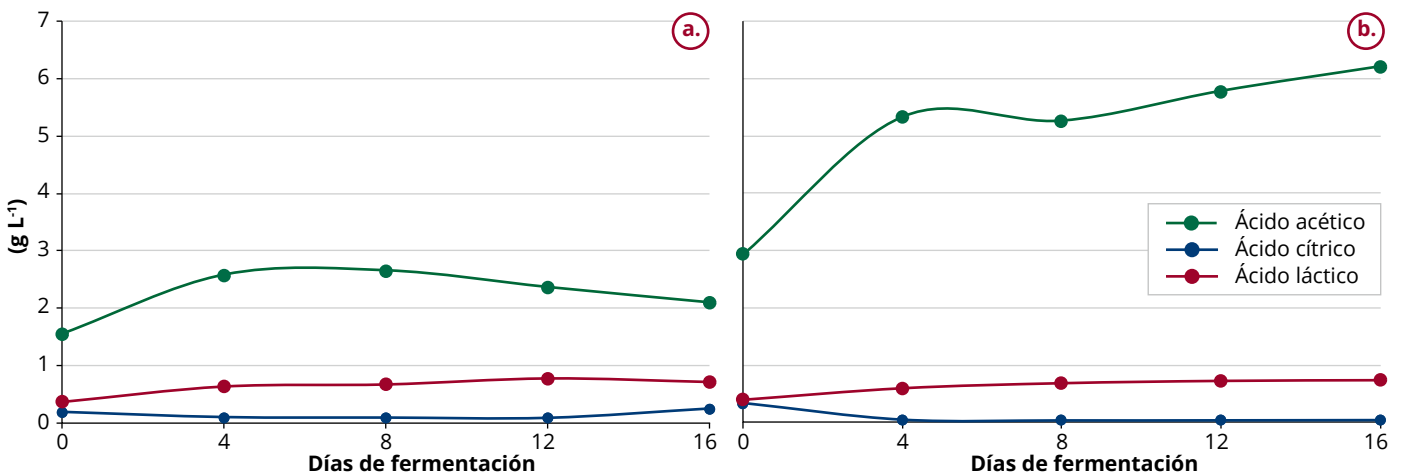


Figura 55. Cambios en las concentraciones de ácido acético, ácido cítrico y ácido láctico en (g L⁻¹): a. Miel del Ecomill® durante 16 días de fermentación aeróbica; b. Aguas de primera cabeza de lavado del Tanque Tina durante 16 días de fermentación aeróbica.

el monitoreo permanente de las floraciones en los sistemas de producción de café. Para la evaluación se contó el número de flores en etapa de preantesis sobre 60 árboles seleccionados en un lote en producción, tomando dos ramas productivas por cada árbol. Con la información registrada en cada fecha de muestreo, se estimaron el total de flores y el porcentaje correspondiente en cada período. En la Tabla 21 se resume la información correspondiente a los registros y la proyección de la distribución de la cosecha para el año 2024 alrededor de 32 semanas después de la floración.

Para la interpretación de la correspondencia de los períodos de floración con los períodos de cosecha, se agruparon las floraciones que ocurrieron entre los meses de mayo a octubre como las responsables de la cosecha del primer semestre, y las floraciones que ocurrieron desde noviembre hasta el mes de abril, como las responsables de la cosecha del segundo semestre.

En las zonas Norte del país, con cosecha predominante en el segundo semestre, y en la zona Central con mitaca en primer semestre y cosecha principal en segundo semestre, los principales eventos de floración ocurridos entre febrero y abril indican el momento de mayor cosecha entre octubre y diciembre de 2024. La zona Sur caracterizada por presentar un patrón de cosecha principal en el primer semestre del año, presentó entre marzo y junio los mayores eventos de cosecha (Tabla 21).

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

El objetivo de esta investigación es definir la densidad de siembra de la variedad Cenicafé 1 en la que se registra mayor producción de café pergamino seco (cps) en dos localidades contrastantes en cuanto a las condiciones climáticas. La primera localidad corresponde a un sistema a libre exposición ubicado en la Estación Experimental El Tambo (Cauca), mientras que la segunda es un sistema agroforestal con sombrío permanente de *Albizia carbonaria* (carbonero) en un arreglo de 12 x 12 m para una densidad de 70 árboles/ha, ubicado en la Granja Blonay (Norte de Santander). El experimento está establecido bajo un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos de densidad de siembra de café (5.000, 7.500 y 10.000 plantas/ha) y un total de nueve bloques, en parcelas de 300 m².

Para la Granja Blonay se analizaron los registros de producción acumulada de café (Figura 56a) desde el primer pase de recolección (5 de noviembre de 2019) hasta el 22 de agosto de 2024, en el que se muestra que con la densidad 7.500 plantas/ha, se registró el mayor valor de producción acumulada promedio (770,03 @ cps/ha) en comparación con la 456,16 @ cps/ha reportados bajo una densidad de 5.000 plantas/ha. Mientras que en El Tambo (Figura 56b), la densidad de 10.000 plantas/ha fue la que mayor producción registró con valores de 820,50 @cps/ha.

Tabla 21. Proyección de la distribución mensual de la cosecha de café en el año 2024 con base en los registros de floración.

Mes floración	Mes cosecha	Distribución de la cosecha 2024 (%)							
		El Rosario	El Tambo	La Catalina	La Trinidad	Naranjal	Paraguaicito	Santander	Pueblo Bello
May-23	Ene-24	1,5	5,9	6,6	1,6	5,4	1,9	1,6	0,0
Jun-23	Feb-24	2,7	7,3	2,3	13,9	0,1	0,0	1,0	0,0
Jul-23	Mar-24	4,8	16,5	1,4	2,6	2,6	1,2	0,2	0,0
Ago-23	Abr-24	2,4	21,4	1,2	7,4	2,5	4,0	0,2	0,0
Sep-23	May-24	3,7	1,0	1,1	16,5	1,4	0,2	0,7	0,0
Oct-23	Jun-24	3,8	17,6	4,3	2,2	5,7	3,4	1,1	0,0
Nov-23	Jul-24	0,3	0,1	2,5	8,2	2,0	1,0	0,4	0,0
Dic-23	Ago-24	1,4	0,0	10,8	5,5	3,9	6,2	16,0	0,0
Ene-24	Sep-24	0,5	0,6	0,9	2,3	6,4	14,5	0,3	0,0
Feb-24	Oct-24	17,8	6,9	51,9	20,7	28,1	30,5	72,4	54,9
Mar-24	Nov-24	20,0	14,1	5,4	6,0	38,6	0,0	3,8	28,6
Abr-24	Dic-24	41,0	8,7	11,7	13,0	3,3	37,1	2,2	16,4

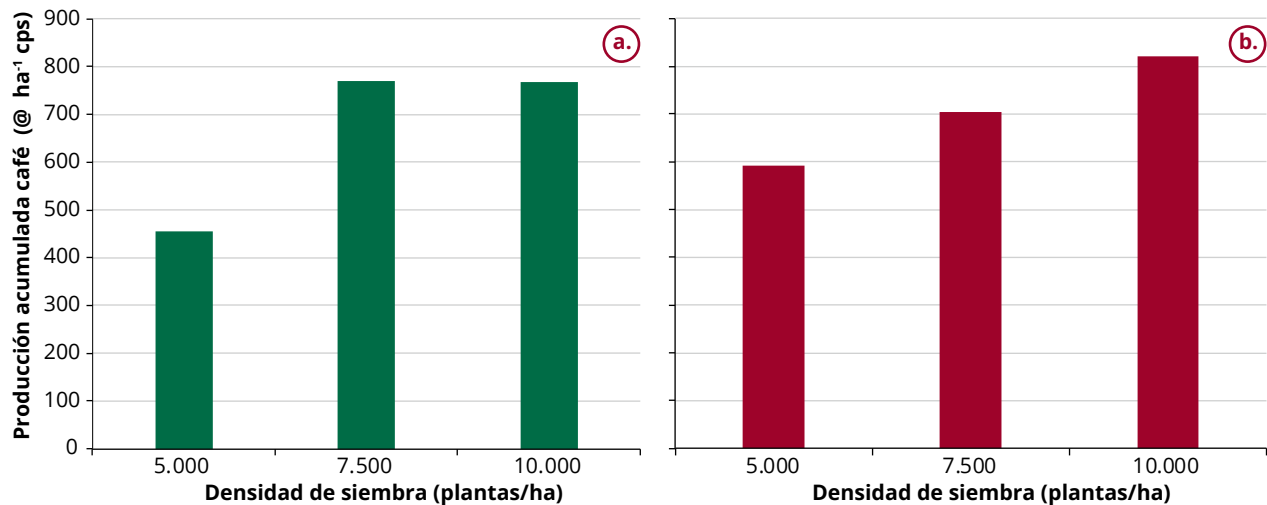


Figura 56. Producción promedio acumulada (@ ha⁻¹ de cps) de tres densidades de siembra de la variedad Cenicafe 1, en: **a.** Granja Blonay (Norte de Santander) y **b.** Estación El Tambo (Cauca).

Evaluación del efecto de la distribución de fertilizantes en función de la edad de la planta sobre la producción de café. FIT102032

En el cultivo de café los requerimientos nutricionales pueden variar en relación con la edad, el nivel de producción y la dinámica de crecimiento durante su etapa productiva, y esto puede conllevar eventualmente a un desbalance en la nutrición. Esta investigación evalúa el efecto de la distribución de cuatro fertilizantes en función de la edad de la planta, en la producción acumulada de café durante un ciclo productivo completo, en las Estaciones Experimentales Naranjal y El Tambo. Las dosis de los fertilizantes se ajustaron con base en los requerimientos nutricionales reportados para el cultivo y resultados del análisis de suelos. Finalmente, la época de aplicación y fraccionamiento de la dosis de fertilizantes se realizó según las recomendaciones indicadas para cada localidad.

Se muestran los avances en los resultados para Naranjal, luego de aplicar los tratamientos del 80% y 100% de la distribución de los fertilizantes desde 18 hasta 24 meses después del establecimiento. En la Tabla 22, se relaciona la dosis por área, según la asignación de los tratamientos aplicados. Se realizaron mediciones de crecimiento y componentes de producción para el cultivo. Como resultado, no se observan cambios en las magnitudes de crecimiento en todos los tratamientos evaluados. Por lo tanto, de manera general, se registró una altura de plantas de 181,61 cm ± 1,84, 18 ± 0,30 nudos totales vegetativos por rama-NNVT, una longitud de rama-LR de 70,91 cm ± 1,49, 26 ± 0,79 hojas totales-NHT, área foliar-AF de 58,30 cm² ± 1,84 y una AF por fruto de 12,32 cm² ± 0,64 (Figura 57).

Igualmente, para el número de nudos productivos por rama-NNP, número de frutos por rama, producción anual de frutos de café por parcela (hasta diciembre del 2023) y el porcentaje de vaneamiento de frutos, no hubo variaciones con relación a la distribución de fertilizantes. En la Figura 58, se reporta en general valores promedio de 12 ± 0,28 nudos productivos, 119 ± 4,86 frutos por rama, producción por parcela de 118,35 kg ± 1,46 y 3,32 ± 0,26 % de vaneamiento. Tomando en conjunto los resultados preliminares, distribuir un 80% de fertilizantes con base en el análisis de suelo no genera disminuciones en las medidas de crecimiento y componentes de producción en comparación con la distribución del 100%.

Evaluación del efecto de la carga de frutos en el crecimiento y producción de plantas de café. FIT102035

El efecto de la carga de frutos a nivel de la planta de café se evalúa con el propósito de identificar los efectos en el crecimiento y producción acumulada de café en dos cosechas continuas en la Estación Experimental de Naranjal. Se evaluaron nueve intensidades de carga de frutos: **T1**: 1.910 frutos/planta (carga de frutos del 100%) definida como testigo, **T2**: carga de frutos del 90% (1.719 frutos/planta), **T3**: carga de frutos del 80% (1.528 frutos/planta), **T4**: carga de frutos del 70% (1.337 frutos/planta), **T5**: carga de frutos del 60% (1.146 frutos /planta), **T6**: carga de frutos del 50% (955 frutos/planta), **T7**: carga de frutos del 40% (764 frutos/planta), **T8**: carga de frutos del 30% (573 frutos/planta) y **T9**: carga de frutos del 20% (382 frutos/planta). Se hizo el monitoreo y seguimiento por medio de mediciones de crecimiento y producción en los años 2022 y 2023.

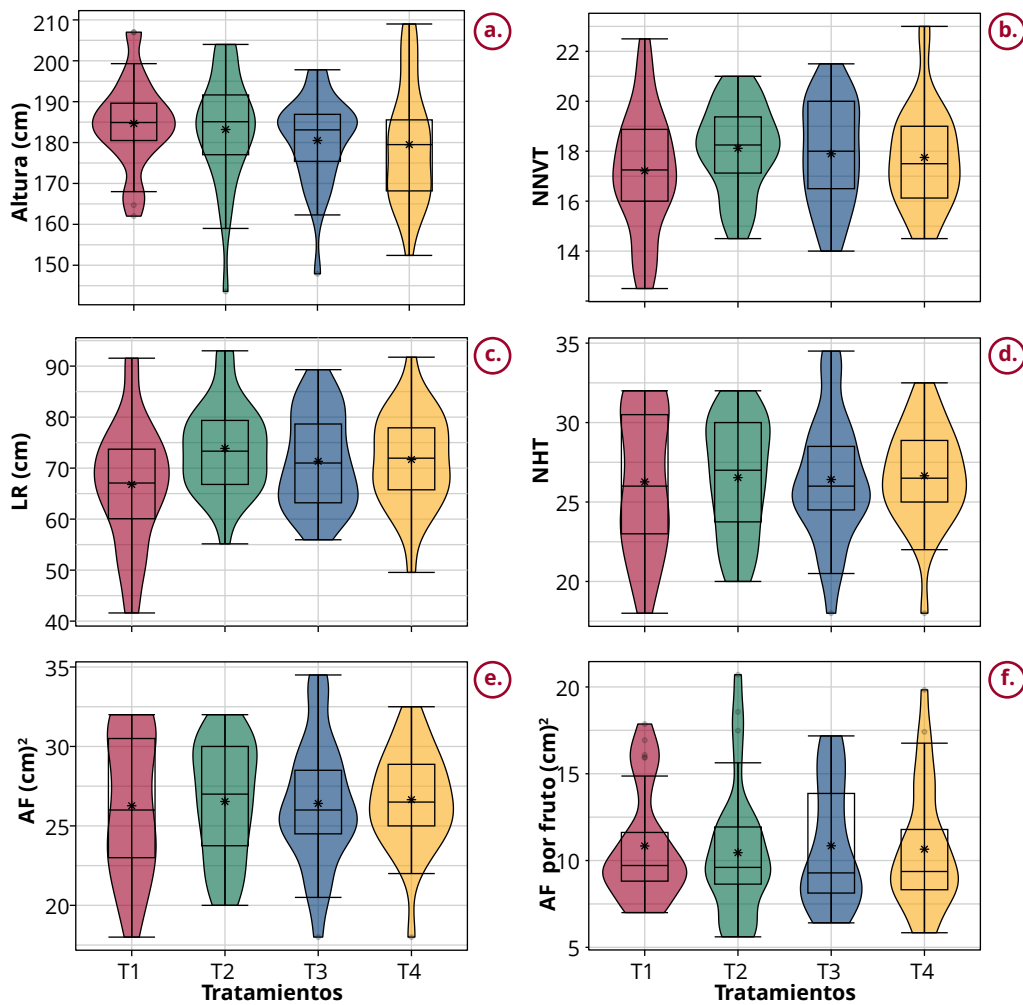


Figura 57. Medidas de crecimiento evaluadas en los árboles con diferente distribución de fertilizantes para la segunda cosecha anual en la Estación Experimental de Naranjal. Se midió la altura por planta (a.), número de nudos vegetativos totales por rama-NNVT (b.), longitud de la rama-LR (c.), número de hojas totales por rama-NHT (d.), área foliar por hoja en la rama-AF (e.) y se estimó la relación del área foliar por fruto a nivel de rama (f.). Cada asterisco corresponde a la media (n= 30).

Tabla 22. Dosis de fertilizantes calculados según la asignación de la distribución en porcentaje (tratamientos) para las edades entre 18 hasta 24 meses después del establecimiento en la Estación Experimental de Naranjal.

Tratamiento (%)	Cantidad de fertilizante (kg/ha año)*				
	Urea	DAP	KCL	Kieserita	Total
T1:100	574	87	484	316	1461
T2: 100	574	87	484	316	1461
T3:80	487	70	387	253	1197
T4:80	487	70	387	253	1197

*Dosis de fertilizantes determinados con base en el análisis de suelo y requerimientos nutricionales del cultivo.

Se determinó una relación lineal inversa entre la carga de frutos, el área foliar requerida para el desarrollo de un fruto de café (Figura 59a) y en la concentración

de potasio foliar (Figura 59b), es decir, a medida que incrementa la cantidad de frutos en las plantas disminuyen estas variables. Con esto se demuestra que el incremento de cargas de frutos ejerce un agotamiento de las reservas que puede estar asociado al aumento en el secamiento de ramas después de la cosecha principal, con diferencias estadísticas y valores altos para la carga de frutos del 100% (Figura 60). Los resultados de la Figura 61 muestran que la producción anual no fue afectada por la carga de frutos (a) y, de hecho, se ajustó una tendencia lineal entre la producción acumulada y el incremento de la carga de frutos (b), en el que se expresa que, a mayor cantidad de frutos en la planta, la producción aumenta hasta valores de 8,3 kg de frutos de café por planta con cargas de frutos del 100%. En conclusión, aunque hubo afectación del crecimiento y agotamiento de las plantas, no se alteró la producción acumulada, la cual corresponde a la registrada en la variedad Cenicafé 1.

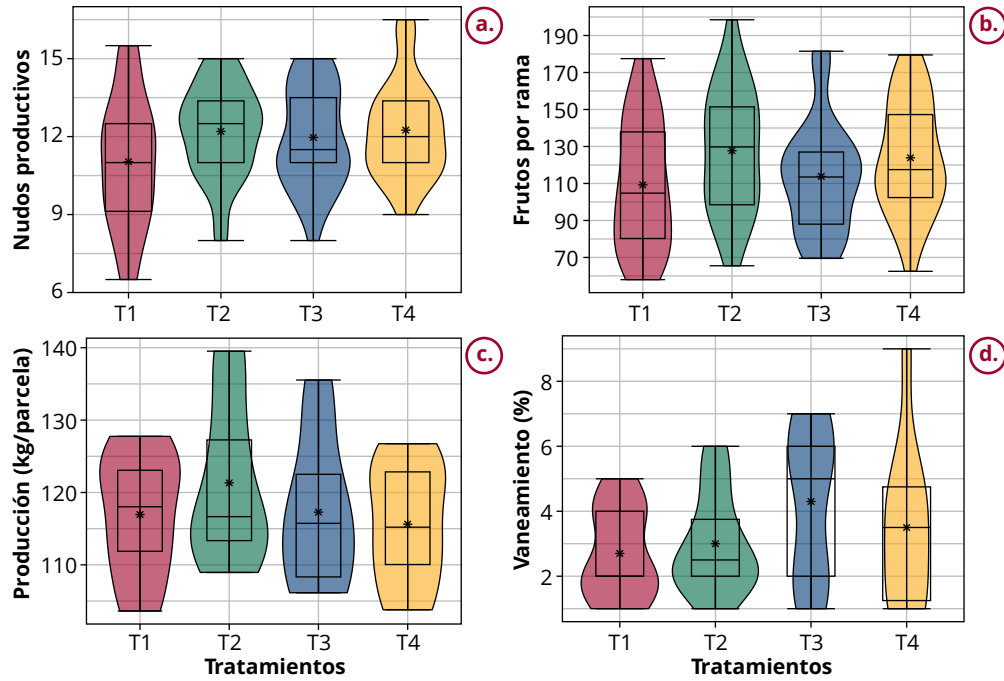


Figura 58. Medidas de componentes de producción evaluados en los árboles con diferente distribución de fertilizantes para la segunda cosecha anual en la Estación Experimental de Naranjal. Se cuantificó el número de nudos productivos por rama (a.), la cantidad de frutos por rama (b.), la producción de café cereza (c.) y el porcentaje de frutos vaneados o flotes (d.). Cada asterisco corresponde a la media (n= 30).

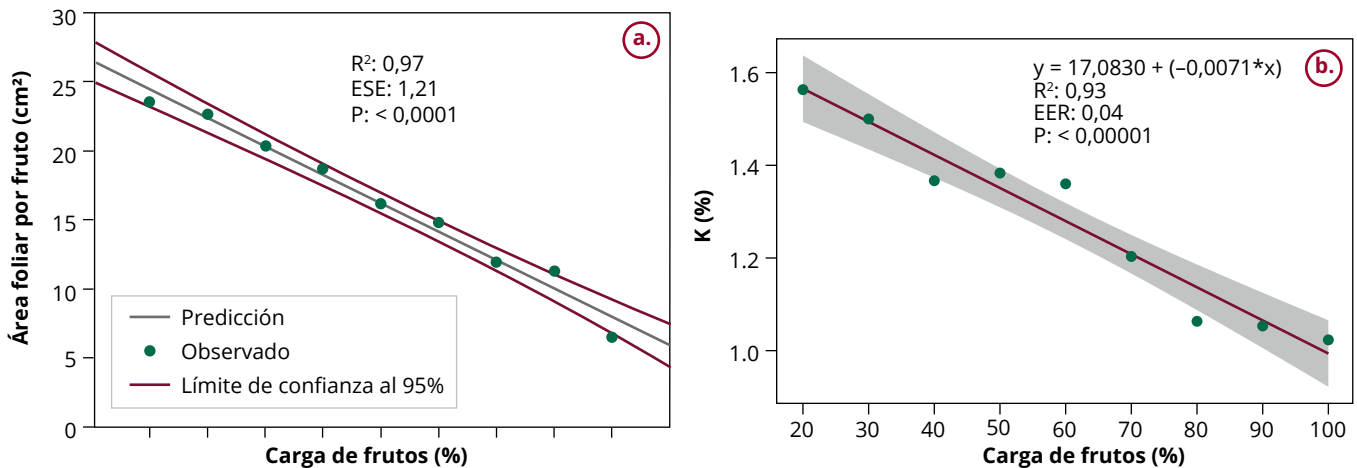


Figura 59. Ajuste de regresión lineal de la relación de área foliar por fruto en la rama (a.) y concentración de potasio foliar (b.) en relación con la carga de frutos a nivel de árbol. Estas medidas fueron realizadas para la cosecha del 2022. Cada punto es el valor promedio (n=24; n=3). R^2 coeficiente de determinación, EER: error estándar residual y P es el valor de significancia de la prueba t-Student.

Evaluación de ciclos de producción en cafetales con podas calavera en parcelas semicomerciales. FIT103010

Los métodos alternativos de renovación de cafetales con poda calavera han sido recomendados como estrategia para organizar las edades de los lotes y estabilizar la producción, en casos donde una alta proporción del área cultivada se encuentra

envejecida y no existe una división por lotes con diferentes edades. Este tipo de poda permite obtener dos cosechas y se realiza por una sola vez en un mismo lote, para luego continuar con renovaciones por zoca. El uso recurrente de estas podas puede ocasionar un mayor número de años improductivos a razón de los cortos períodos de producción.

Esta investigación se estableció con el objetivo de evaluar el método de poda calavera en ciclos

recurrentes de una y dos cosechas, y zoca tradicional con ciclos de cuatro cosechas en un período de diez años. En la Estación Experimental Naranjal en un lote de variedad Castillo® proveniente de siembra, establecido con un arreglo espacial de 1 x 1 m, para una densidad de siembra de 10.000 plantas/ha y en edad de renovación, se seleccionaron tres parcelas de 400 plantas cada una. En la parcela número 1 la intervención corresponde a la poda calavera con descope del tallo a 1,70 m, despunte de ramas a 20 cm y renovación recurrente cada tres años (calavera2cos), la parcela número 2 corresponde a la intervención con poda calavera, descope del tallo a 1,70 m, despunte de ramas a 40 cm y renovación recurrente cada dos años (calavera1cos o safra cero), por último, la parcela número 3 corresponde a zoca común con renovación cada 5 años. En el estudio se registran de forma independiente las variables producción en kilogramos de café cereza por parcela y las labores de manejo agronómico en unidades de servicio.

Los registros de producción de frutos de café durante un tiempo cercano a un período de seis años de estudio, muestran incremento en la producción con los métodos de renovación de poda calavera recurrente a dos cosechas y zoca común, respecto a

la producción registrada con el método de renovación de poda calavera recurrente a una cosecha (Figura 62).

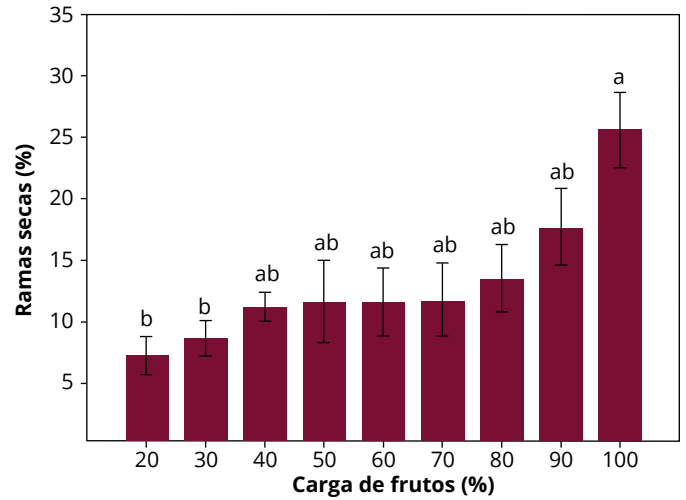


Figura 60. Efecto de la carga de frutos en el porcentaje de ramas secas en el árbol medido después de la cosecha principal del 2022. Para la medición se consideró como rama seca aquella que al menos presentaba 10,0 cm de tejido apical muerto. Cada barra representa la media (n=6) ± error estándar. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre los promedios de cargas de frutos según prueba Tukey (p < 0,05).

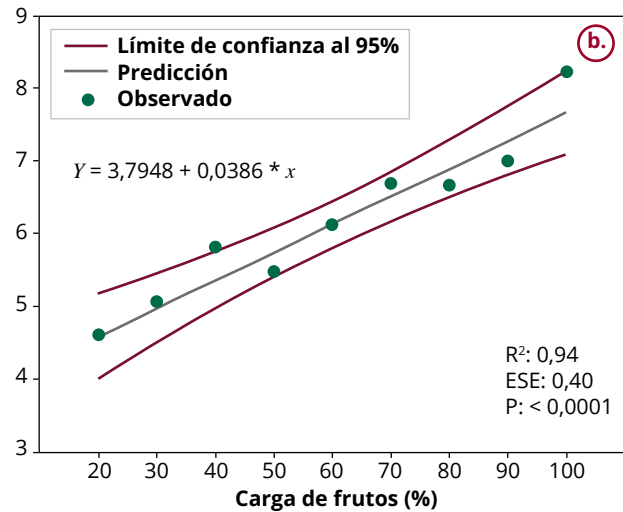
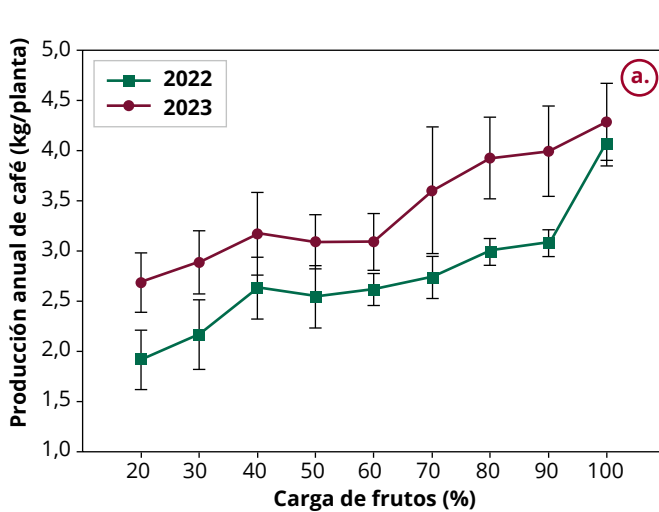


Figura 61. Producción total de frutos de café por planta en relación a diferentes intensidades de carga de frutos a nivel de árbol. Se realizó mediciones de patrones de producción anual (a.) y acumulado de café en dos cosechas (b.). Cada punto representa la media (n=6) y las barras verticales corresponde al error estándar. El R² denota el coeficiente de determinación, ESE error estándar de la estimación y P es el valor de significancia de la prueba t-Student.

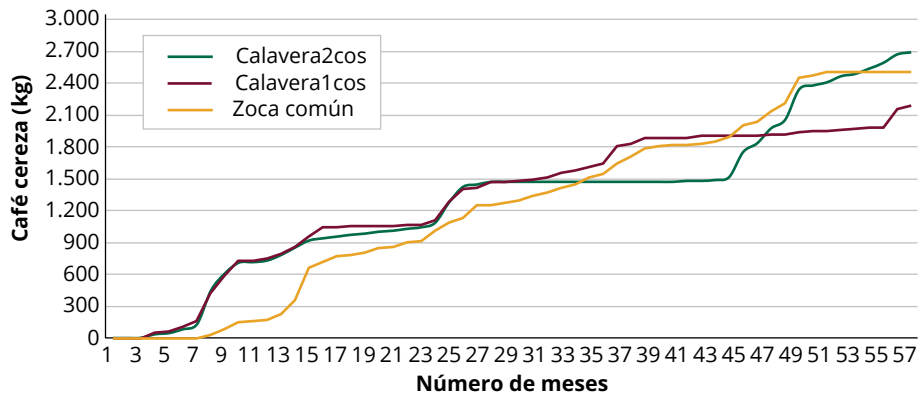


Figura 62. Producción acumulada (kg) de café cereza por parcela.

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

En la caficultura colombiana se presentan métodos alternativos y de carácter transitorio para la renovación de cafetales. Estos corresponden a las podas calavera y pulmón recomendadas para el ordenamiento de la estructura de edades de los lotes y la estabilización de la producción. Ante la necesidad de dar respuesta a la pregunta: ¿Qué sucede al realizar de manera recurrente renovaciones con este tipo de podas?, esta investigación evalúa el efecto sobre la producción de café en tres localidades, El Tambo – Cauca, La Trinidad – Tolima y Pueblo Bello – Cesar.

Las podas, calavera y pulmón, son intervenidas al culminar períodos de producción de máximo dos cosechas y la zoca común en ciclos de producción de cuatro cosechas, hasta completar un período de 12 años, siguiendo los métodos y tratamientos que se describen en las Tablas 23 y 24. 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 Líbano y 67 m² en Pueblo Bello.

La producción acumulada de frutos de café por parcela registrada entre los años 2020 y 2024, presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos según el análisis de varianza bajo el diseño experimental evaluado, con un valor de $p < 0,0000$ en El Tambo Cauca (zona cafetera Sur) y en el Líbano Tolima (zona central cafetera), mientras que en la zona cafetera Norte para las condiciones de caficultura a la sombra, en Pueblo Bello Cesar, registró un nivel de significancia $p < 0,0007$.

Así mismo, la prueba de comparación de Dunnett ($p < 0,05$) detectó diferencias significativas a favor de los tratamientos 1 y 2 de poda calavera respecta al tratamiento 7 de zoca común en El Tambo (Figura 63). Una mayor producción acumulada de los tratamientos 1, 2 y 3 de poda calavera y 5 de poda pulmón respecto al tratamiento 7 de zoca común en La Trinidad (Figura 64) y una menor producción acumulada en los tratamientos 2 y 3 de poda calavera y 4, 5 y 6 de poda pulmón, respecto al tratamiento 7 de zoca común en Pueblo Bello (Figura 65).

Tabla 23. Métodos de renovación seleccionados y número de cosechas anuales determinadas por cada período productivo.

Tipo renovación	Altura de corte del tallo (m)	Longitud de poda de las ramas (cm)	Años de cosecha por periodo productivo
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

Tabla 24. Descripción de los métodos de renovación, número de cosechas por período productivo y total de cosechas acumuladas por cada tratamiento.

Año	Tratamiento	Total Cosechas						
		1	2	3	4	5	6	7
12		2ª cosecha	1ª cosecha	Intervención zoca común	2ª cosecha	2ª cosecha	Intervención zoca común	1ª cosecha
11		1ª cosecha	Intervención calavera	2ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha	2ª cosecha	Intervención zoca común
10		Intervención calavera	1ª cosecha	1ª cosecha	Intervención poda pulmón	Intervención poda pulmón	1ª cosecha	4ª cosecha
9		2ª cosecha	Intervención calavera	Intervención calavera	2ª cosecha	2ª cosecha	Intervención poda pulmón	3ª cosecha
8		1ª cosecha	1ª cosecha	4ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha	4ª cosecha	2ª cosecha
7		Intervención calavera	Intervención calavera	3ª cosecha	Intervención poda pulmón	Intervención poda pulmón	3ª cosecha	1ª cosecha
6		2ª cosecha	1ª cosecha	2ª cosecha	2ª cosecha	2ª cosecha	2ª cosecha	Intervención zoca común
5		1ª cosecha	Intervención calavera	1ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha	4ª cosecha
4		Intervención calavera	1ª cosecha	Intervención zoca común	Intervención poda pulmón	Intervención poda pulmón	Intervención zoca común	3ª cosecha
3		2ª cosecha	Intervención calavera	2ª cosecha	2ª cosecha	2ª cosecha	2ª cosecha	2ª cosecha
2		1ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha	1ª cosecha
1		Intervención calavera	Intervención calavera	Intervención calavera	Intervención poda pulmón	Intervención poda pulmón	Intervención poda pulmón	Intervención zoca común
		1 Calavera	2 Calavera	3 Calavera-Zoca	4 Pulmón 60	5 Pulmón 90	6 Pulmón-Zoca	7 Zoca Común

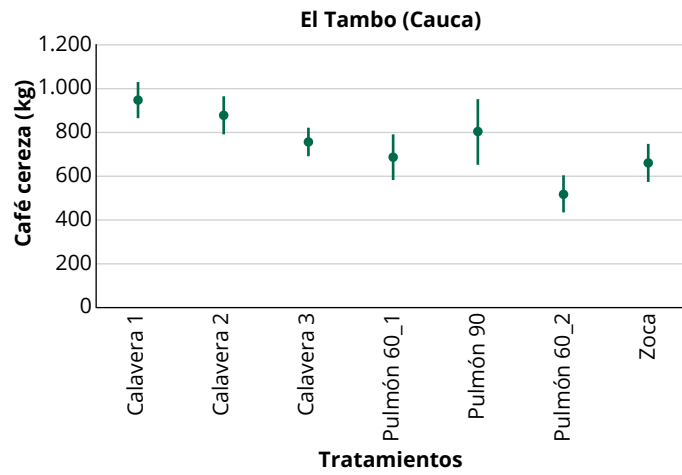


Figura 63. Promedio e intervalos de confianza al 95% para la producción de frutos de café por parcela Estación El Tambo - Cauca.

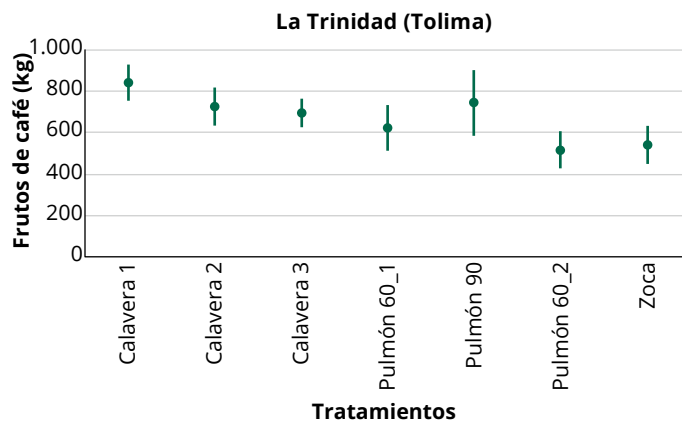


Figura 64. Promedio e intervalos de confianza al 95% para la producción de frutos de café por parcela Estación La Trinidad - Tolima.

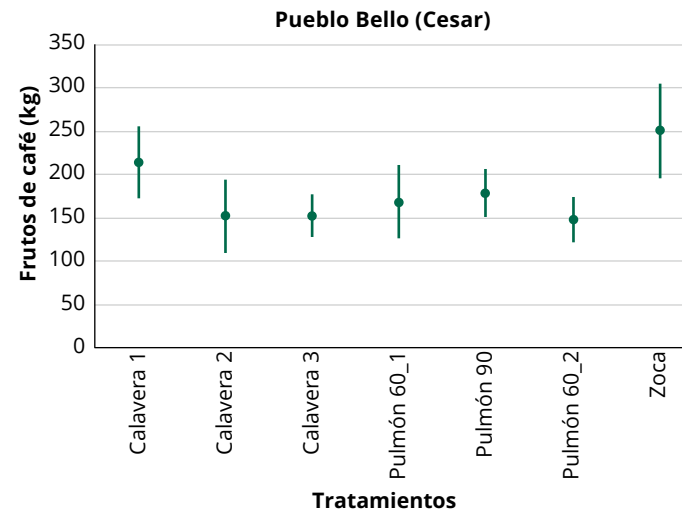


Figura 65. Promedio e intervalos de confianza al 95% para la producción de frutos de café por parcela Estación Pueblo Bello - Cesar.



Mejoramiento Genético

DESARROLLO DE MÉTODOS Y HERRAMIENTAS PARA MEJORAMIENTO GENÉTICO

Evaluación de marcadores microsatélites asociados a los SNPs *Ck-2* y *Ck-3* de resistencia al CBD (*Colletotrichum kahawae* sub. sp *kahawae*). MEG101004

Con el objetivo de seleccionar genotipos resistentes al CBD, en ausencia de la enfermedad, previamente se reportó la identificación de dos microsatélites correlacionados con los SNPs ligados con la resistencia proveniente de Rume Sudán. Durante la presente vigencia, se establecieron en el campo 420 plantas F2, originadas a partir del cruzamiento entre IAPAR-59 x Rume Sudán (planta 1427), así como 20 plantas de cada población testigo (IAPAR-59, Rume Sudán, SL-28, Caturra). Estas poblaciones están siendo genotipificadas con los dos marcadores microsatélites y en 2025 serán enviadas al CIFIC para determinar su resistencia frente a aislamientos de diferente origen y agresividad de *C. kahawae*.

MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA A ENFERMEDADES

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

Entre 2017-2024, en la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná-Caldas), se evaluaron por su desempeño agronómico, resistencia a la roya

y características físicas de grano, 11 poblaciones F2RC2 y tres F2RC3 originadas a partir de cruzamientos interespecíficos entre *C. arabica* x *C. canephora*, así como dos variedades testigo: Cenicafé 1 (comercial) y Caturra sin control de roya (susceptible). Al analizar los resultados correspondientes a seis evaluaciones de roya (2019 y 2022), se encontró que el 35% de las plantas fueron catalogadas como resistentes, con una incidencia menor o igual a 3 (Escala de Eskes & Toma-Braghini). Se evaluó la producción acumulada promedio por planta durante cuatro años. Las poblaciones evaluadas se clasificaron en tres grupos, así: **(1)** promedio de la producción acumulada con relación al testigo comercial Cenicafé 1 (11,62 kg cc); **(2)** el percentil 25 (10,1 kg cc) y, **(3)** el percentil 75 (13,3 kg cc). El 29% de las plantas mostraron producciones acumuladas promedio por debajo del percentil

25, mientras que el 38% superaron el percentil 75. El promedio de frutos vanos en las poblaciones evaluadas fue del 9%. El porcentaje de granos caracol promedio fue del 12%. La altura de las plantas a los 24 meses fue en promedio de 170,5 cm. Finalmente, se seleccionaron 42 plantas de diez poblaciones (Tabla 25). Dichas plantas se renovaron mediante zoca pulmón para, de esta manera obtener semillas autofecundadas y avanzar a la siguiente generación de evaluación/selección.

Ampliación de la base genética de *Coffea arabica* L. con el gen SH3 de resistencia a roya (*Hemileia vastatrix*). MEG102019

En el Programa de Mejoramiento Genético por resistencia a enfermedades, se emplea rutinariamente la selección asistida por marcadores moleculares (SAM) para la identificación del gen S_H3 de resistencia a la roya, introgresado en *C. arabica* a partir de las selecciones de la India: BA.2, S.288 y S.795. Las plantas genotipificadas con el marcador molecular Sat244 (ligado al gen de resistencia S_H3), fueron fenotipificadas por resistencia a la roya y seleccionadas por sus características agronómicas. Las plantas seleccionadas provienen de poblaciones segregantes F2 y poblaciones avanzadas F3.

De la población F2, se seleccionaron 171 plantas que presentan el marcador Sat244 en estado homocigoto dominante y heterocigoto. Además, estas plantas presentan resistencia completa, de acuerdo con la escala de evaluación de incidencia de roya bajo condiciones de campo. De la población F3, se seleccionaron 90 plantas provenientes de distintas fuentes de resistencia a la roya, entre ellas, derivadas de Caturra × HdT1343 y las selecciones de la India, S.288 y S.795 (Tabla 26). La correlación de Pearson (0,93) entre el genotipo (marcador molecular) y el fenotipo (resistencia a la roya en el campo) sugiere que la selección por marcadores moleculares es más eficiente cuando se identifican las plantas homocigotas para el gen de resistencia SH3.

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

Desde el punto de vista ambiental y económico, el uso de variedades resistentes a la roya del café es la mejor alternativa para el control de esta enfermedad. Por tal motivo, el Programa de Mejoramiento Genético constantemente realiza ciclos de hibridación, evaluación y selección con miras a obtener genotipos que permitan una resistencia durable en el campo.

Dentro del Híbrido de Timor, es reconocida una amplia variabilidad genética, expresada además en la resistencia a la enfermedad, por lo cual es la fuente usada por excelencia a nivel mundial para el desarrollo de variedades. A pesar de que muchas variedades que se han desarrollado a partir de ésta, en la actualidad se consideran susceptibles, las evaluaciones realizadas por más de 20 años en los campos experimentales denotan la posible existencia de nuevos genes de resistencia que pueden ser explotados. Dos genotipos derivados del Híbrido de Timor 1343 (CCC48 I.573 y CCC48 I.567) fueron cruzados con 11 progenitores élite seleccionados por su comportamiento agronómico, y se desarrollaron 19 poblaciones F2. Para estas poblaciones, en etapa de almácigo, se realizó la selección temprana (plántulas) por resistencia a la roya del café mediante inoculación bajo condiciones controladas, con inóculo proveniente de progenies derivadas de Caturra × Híbrido de Timor. Los resultados muestran una alta resistencia a la enfermedad cuando es utilizado el genotipo CCC48 I.573, que contrasta con la susceptibilidad en las poblaciones a partir del genotipo CCC48 I.567 (Tabla 27). Después de realizar la inoculación de 2.282 plántulas F2 que se derivan de la fuente CCC48 I.573, se observó que en promedio el 5,9% eran susceptibles a la enfermedad, alcanzando hasta el 21,2% de susceptibilidad cuando el progenitor MEG.667 #665 fue utilizado. En el caso de la segunda población F2 (CCC48 I.567), el porcentaje de plantas susceptibles, después de la inoculación de 2.233 plantas, fue del 38,6%, alcanzando hasta un 66,0% cuando el CU.1858 fue utilizado como base. En etapa de campo, la resistencia observada en las poblaciones F2 obtenidas a partir del CCC48 I.573 reflejan un alto potencial de resistencia, acorde a la posible existencia de al menos un gen de resistencia diferente a los actualmente conocidos.

Desarrollo y evaluación de poblaciones con resistencia a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome) proveniente de diversas fuentes. MEG102024

Con el objetivo de desarrollar genotipos que posean fuentes de resistencia a la roya provenientes de diferentes orígenes, se avanzaron 13 poblaciones F1 originadas a partir de cruzamientos complejos (Tabla 28), obteniendo una población segregante F2 compuesta por 2.638 plantas. Esta población fue evaluada por su resistencia a roya bajo condiciones de casa de malla, con inóculo multiplicado obtenido a partir de genotipos: **(1)** derivados de Caturra × HdT 1343, y **(2)** portadores de los genes de *C. arabica* (ASII 1412 y ASII 1643) (Tabla 29). Se seleccionaron 1.987 plantas F2, que se continuarán evaluando por su resistencia a roya en el campo y desempeño agronómico.

Tabla 25. Características de los genotipos seleccionados por su resistencia a la roya, producción y calidad física del grano. PACUM: producción acumulada kg CC en cuatro años productivos (2019-2022).

Cruzamiento	No. Planta	PACUM	Max Roya	Altura 24M	% Vanos	% Caracol	% Supremo	Color fruto
CTY.73 x MEG6.51 #510	116	11,2	1	170	5	10	82,8	Rojo
CTY.73 x MEG6.51 #510	147	12,4	2	175	3	10	83,8	Rojo
CTY.73 x MEG6.51 #510	438	10,5	2	175	9	7	89,6	Rojo
CTY.73 x MEG6.51 #510	691	12,6	0	170				Rojo
CTY.73 x MEG6.51 #510	1075	11	1	170	1	10	87,1	Rojo
CTY.73 x MEG6.51 #510	1209	16,4	0	175	10	7	70,3	Rojo
CTY.56 x MEG6.51 #517	208	14,3	1	170	6	8	83	Rojo
CTY.56 x MEG6.51 #517	254	12,9	2	175	10	7	81,6	Rojo
CTY.56 x MEG6.51 #517	561	16	2	160	3	10	85,9	Rojo
CTY.56 x MEG6.51 #517	870	14,5	2	165	9	10	81,9	Rojo
CU.1815 x MEG6.51 #345	1129	16,5	2	165	10	10	86,5	Rojo
CU.1970 x MEG6.51 #511	191	16,9	2	175	1	6	79,2	Rojo
CU.1970 x MEG6.51 #511	194	17,1	2	175	1	9	81,6	Rojo
CU.1970 x MEG6.51 #511	347	18,1	2	170	8	10	73,4	Rojo
CU.1970 x MEG6.51 #511	392	20,2	0	175	9	10	82,9	Rojo
CU.1970 x MEG6.51 #511	445	15,6	0	160	8	4	86,7	Rojo
CU.1970 x MEG6.51 #511	446	12	0	150				Rojo
CU.1970 x MEG6.51 #511	1167	11,2	1	150	6	9	71,7	Rojo
CX.2178 x MEG6.51 #655	378	10,3	0	155				Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	352	15,5	0	165	6	5	91,2	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	353	19,3	0	175	4	4	76,5	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	354	11,6	2	170	5	8	87,2	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	356	12,2	0	150	4	7	73,4	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	357	16,1	2	170	9	5	91,4	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	358	12,4	0	175	2	10	89,1	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	359	13,7	0	140	7	6	88,4	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	821	11,1	2	175	8	7	93,3	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	823	13,2	2	175	5	7	85,9	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	828	13,1	2	170	1	8	83,3	Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	1192	13,3	1	170				Rojo
CX.2827 x MEG6.51 #373	1211	10,4	1	155				Rojo
MEG5.24 #847 x MEG6.51 #641	557	10,4	0	170				Rojo
CU.1855 x MEG6.51 #373	405	14,9	1	175	6	5	91,5	Rojo
CU.1855 x MEG6.51 #373	903	10,6	2	160	10	5	92,6	Rojo

Continúa...

...continuación.

Cruzamiento	No. Planta	PACUM	Max Roya	Altura 24M	% Vanos	% Caracol	% Supremo	Color fruto
CU.1855 x MEG6.51 #373	1023	13,8	2	170	10	8	85	Rojo
CX.2720 x MEG6.51 #655	278	14,4	1	175	7	8	86,7	Rojo
CX.2720 x MEG6.51 #655	681	14,9	1	155				Rojo
CX.2720 x MEG6.51 #655	685	12,7	0	170				Rojo
CX.2720 x MEG6.51 #655	687	11	0	155				Rojo
CX.2720 x MEG6.51 #655	770	13,3	1	175	9	9	86	Rojo
CX.2720 x MEG6.51 #655	1018	12,3	2	160	7	10	88,7	Rojo
MEG5.24 #819 x MEG6.51 #301	419	16,2	2	160	5	10	80,9	Rojo

Tabla 26. Características de las plantas F3 portadoras del gen SH3 de resistencia a roya y que fueron seleccionadas para avanzar a generación F4.

Genealogía F2	No. Planta F3	Altura 24M	DiamCopa 24M	Número de Cruces 24M	Max Eskes	Producción Acumulada (kg CC)	Puntaje SCA	Forma alélica SH3
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#195)	4	155	180	36	0	18,13	84	Heterocigoto
(CX.2848 x S.795)-(MEG2015-3#283)	5	165	185	30	0	22,45	80	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)-(MEG2015-3#112)	11	150	210	32	0	15,11	82	Homocigoto
(CX.2848 x S.795)-(MEG2015-3#283)	15	160	205	29	1	14,76	80	Heterocigoto
(CU.1852 x S.795)-(MEG2015-3#183)	24	225	200	36	0	21,08	83	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#257)	28	175	180	35	0	16,12	80	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#195)	36	180	160	38	0	20,63	84	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#188)	57	160	165	32	0	13,19	81	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#188)	58	165	185	36	0	15,43	81	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#257)	59	185	150	35	0	15,43	80	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#195)	62	185	165	37	0	22,66	84	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)-(MEG2015-3#111)	65	170	180	33	0	15,49	81	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)-(MEG2015-3#199)	76	155	170	29	0	18,57	83	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#188)	81	185	205	29	0	12,77	81	Heterocigoto
(CX.2178 x S.795)-(MEG2015-3#241)	83	160	185	30	0	14,46	81	Homocigoto

Continúa...

...continuación.

Genealogía F2	No. Planta F3	Altura 24M	DiamCopa 24M	Número de Cruces 24M	Max Eskes	Producción Acumulada (kg CC)	Puntaje SCA	Forma alélica SH3
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#257)	87	180	165	33	0	14,15	80	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#257)	93	185	180	32	0	12,49	80	Heterocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#241)	100	130	160	28	0	15,50	81	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#313)	107	175	155	33	0	15,44	81	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#313)	109	185	185	33	0	15,78	81	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#257)	116	185	190	35	0	14,57	80	Heterocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#241)	118	185	180	36	0	19,04	81	Homocigoto
(CX.2848 x S.795)- (MEG2015-3#283)	127	135	145	29	0	12,45	80	Heterocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#311)	141	165	175	34	0	22,34	82	Homocigoto
(CU.1852 x S.795)- (MEG2015-3#183)	144	150	155	30	0	14,62	83	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#195)	149	155	175	33	0	17,77	84	Heterocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#313)	168	200	200	35	0	18,93	81	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#188)	175	190	195	34	0	14,39	81	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#188)	180	155	140	30	0	13,58	81	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)- (MEG2015-3#112)	181	205	270	32	0	15,12	82	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#241)	187	170	175	33	0	20,93	81	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#313)	196	200	185	38	0	21,65	81	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#241)	200	150	185	31	0	13,18	81	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#188)	212	175	175	29	0	12,89	81	Heterocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#311)	213	155	130	33	0	18,89	82	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#241)	215	155	170	29	0	17,71	81	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#195)	221	165	165	34	1	18,14	84	Heterocigoto
(CX.2848 x S.795)- (MEG2015-3#283)	224	170	180	35	0	13,31	80	Heterocigoto

Continúa...

...continuación.

Genealogía F2	No. Planta F3	Altura 24M	DiamCopa 24M	Número de Cruces 24M	Max Eskes	Producción Acumulada (kg CC)	Puntaje SCA	Forma alélica SH3
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#313)	235	210	215	37	0	14,61	81	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#241)	238	170	200	32	0	13,95	81	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#311)	254	260	250	39	0	12,78	82	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#311)	255	230	230	34	0	12,56	82	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#188)	258	180	200	32	0	14,03	81	Heterocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#199)	260	165	165	30	0	16,33	83	Heterocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#199)	272	220	225	33	1	18,39	83	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)- (MEG2015-3#111)	285	240	235	35	0	12,81	81	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#241)	286	175	190	32	0	16,34	81	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#199)	287	190	165	32	0	15,36	83	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#257)	291	185	170	35	0	16,53	80	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#257)	305	155	155	34	2	13,53	80	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)- (MEG2015-3#111)	321	185	195	33	0	16,49	81	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#257)	322	200	170	39	0	17,04	80	Heterocigoto
(CU.1852 x S.795)- (MEG2015-3#183)	326	165	170	35	0	17,64	83	Heterocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#241)	329	150	170	33	0	14,41	81	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#257)	341	180	155	34	0	15,78	80	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)- (MEG2015-3#112)	345	210	215	34	0	12,65	82	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)- (MEG2015-3#311)	356	180	170	33	0	17,77	82	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#195)	358	170	150	35	0	13,98	84	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)- (MEG2015-3#111)	362	185	195	34	0	17,72	81	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)- (MEG2015-3#195)	363	180	170	37	0	20,36	84	Heterocigoto
(CX.2178 x S.795)- (MEG2015-3#199)	364	235	205	32	0	14,38	83	Heterocigoto

Continúa...

...continuación.

Genealogía F2	No. Planta F3	Altura 24M	DiamCopa 24M	Número de Cruces 24M	Max Eskes	Producción Acumulada (kg CC)	Puntaje SCA	Forma alélica SH3
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#195)	370	160	150	33	0	12,98	84	Heterocigoto
(CX.2848 x S.795)-(MEG2015-3#283)	376	170	170	32	0	13,59	80	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)-(MEG2015-3#112)	387	165	190	35	0	12,90	82	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)-(MEG2015-3#311)	389	185	225	36	0	14,73	82	Homocigoto
(CX.2848 x S.795)-(MEG2015-3#283)	394	185	225	30	0	14,09	80	Heterocigoto
(CX.2848 x S.795)-(MEG2015-3#283)	395	180	215	30	0	12,54	80	Heterocigoto
(CX.2710 x S.795)-(MEG2015-3#313)	403	245	205	31	0	16,19	81	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)-(MEG2015-3#313)	405	190	170	34	0	14,70	81	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)-(MEG2015-3#241)	406	160	170	31	0	19,10	81	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)-(MEG2015-3#311)	407	190	160	38	0	19,29	82	Homocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#257)	411	180	180	32	0	13,20	80	Heterocigoto
(CX.2848 x S.795)-(MEG2015-3#283)	431	165	190	32	0	15,95	80	Heterocigoto
(CX.2178 x S.288)-(MEG2015-3#111)	432	165	185	30	0	12,98	81	Homocigoto
(CX.2178 x S.795)-(MEG2015-3#241)	434	130	150	28	0	12,58	81	Homocigoto
(CU.1852 x S.795)-(MEG2015-3#183)	439	165	170	27	0	14,54	83	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#195)	447	170	160	36	0	19,24	84	Heterocigoto
(CX.2710 x S.795)-(MEG2015-3#311)	455	150	195	35	0	14,54	82	Homocigoto
(CX.2178 x S.288)-(MEG2015-3#112)	457	170	210	33	0	13,92	82	Homocigoto
(CX.2710 x S.795)-(MEG2015-3#313)	458	240	220	33	0	13,25	81	Homocigoto
(CX.2848 x S.795)-(MEG2015-3#283)	461	165	175	32	0	17,06	80	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#188)	472	185	160	35	0	13,44	81	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#257)	487	175	200	30	0	15,64	80	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#257)	497	190	200	32	0	17,60	80	Heterocigoto

Continúa...

...continuación.

Genealogía F2	No. Planta F3	Altura 24M	DiamCopa 24M	Número de Cruces 24M	Max Eskes	Producción Acumulada (kg CC)	Puntaje SCA	Forma alélica SH3
(CX.2178 x S.795)-(MEG2015-3#241)	498	155	165	32	0	14,27	81	Homocigoto
(CX.2178 x S.288)-(MEG2015-3#112)	499	235	205	38	0	20,25	82	Homocigoto
(CU.1852 x S.795)-(MEG2015-3#183)	508	170	185	31	0	15,17	83	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#257)	531	240	210	32	0	12,56	80	Heterocigoto
(CU.1843 x S.795)-(MEG2015-3#195)	539	165	160	31	0	13,16	84	Heterocigoto
(CU.1852 x S.795)–(MEG2015-3#183)	541	185	180	35	0	16,02	83	Heterocigoto
Caturra		156,07	156,07	32,07	8	7,29		Recesivo

Tabla 27. Evaluación de incidencia de roya mediante inoculación artificial en etapa de plántula en poblaciones F2 provenientes del cruzamiento con los genotipos CCC48 I.573 y CCC48 I.567.

Híbrido	Cruzamiento	Plántulas inoculadas	Incidencia roya (%)
102023/10	BH.1181 x CCC48 I.573	210	0,0
102023/4	CU.1858 x CCC48 I.573	360	1,4
102023/8	CU.1876 x CCC48 I.573	252	2,8
102023/6	CU.1954 x CCC48 I.573	220	4,5
102023/13	MEG667 #114 x CCC48 I.573	210	0,0
102023/16	MEG667 #131 x CCC48 I.573	240	0,0
102023/23	BG.0516 x CCC48 I.573	175	0,0
102023/25	MEG.667 #665 x CCC48 I.573	293	21,2
102023/27	H.361 x CCC48 I.573	113	15,9
102023/28	MEG.667 #669 x CCC48 I.573	209	12,9
Total incidencia CCC48 I.573		2.282	5,9
102023/18	BH.1181 x CCC48 I.567	390	47,9
102023/3	CU.1858 x CCC48 I.567	231	66,0
102023/21	CU.1876 x CCC48 I.567	200	45,5
102023/19	CU.1954 x CCC48 I.567	319	8,8
102023/17	MEG667 #114 x CCC48 I.567	433	20,8
102023/14	MEG667 #131 x CCC48 I.567	160	16,0
102023/22	BG.516 x CCC48 I.567	130	59,2
102023/20	H.361 x CCC48 I.567	258	38,4
102023/29	CO.868 x CCC48 I.567	112	44,6
Total incidencia CCC48 I.567		2.233	38,6

Tabla 28. Poblaciones mejoradas desarrolladas a partir de progenitores con diferentes fuentes de resistencia a la roya.

Población	Cruzamiento
1	(F2(CX.2710 × S.795)) × (F3(CA × Geisha) × (CA × F.840))
2	(F2(CX.2710 × S.795)) × (HdT1343 BGII #567)
3	(F2(CX.2710 × S.795)) × (HdT1343 Inter. #573)
4	(F3(CA × Cioiccie) × (CA × Geisha)) × (HdT1343 BGII #567)
5	(F3(CA × Geisha) × (CA × F.840)) × (HdT1343 BGII #567)
6	(F3(CA × Geisha) × (CA × F.840)) × (HdT1343 BGII #573)
7	(F4[(Cat × Can)-El.1 a 167] × Cat-(MEG.0667 #114)) × (F2(CX.2710 × S.795))
8	(F4[(Cat × Can)-El.1 a 167] × Cat-(MEG.0667 #114)) × (F3(CA × Cioiccie) × (CA × Geisha))
9	(F4[(Cat × Can)-El.1 a 167] × Cat-(MEG.0667 #114)) × (F3(CA × Geisha) × (CA × F.840))
10	(lapar_59) × (F2(CU.1843 × S.795))
11	(lapar_59) × (F2(CU.1852 × BA.2))
12	(lapar_59) × (F2(CX.2710 × S.795))
13	(lapar_59) × (F3(CA × Cioiccie) × (CA × Geisha))
14	(lapar_59) × (F3(CA × Geisha) × (CA × F.840))

*CA: Caturra Amarillo.

Tabla 29. Evaluación de incidencia de roya mediante inoculación artificial en etapa de almácigo en poblaciones F2 con resistencia a roya de diferentes orígenes.

Id. Población	Población	Plántulas inoculadas	Incidencia roya (%)
1	(F2(CX.2710 × S.795)) × (F3(CA × Geisha) × (CA × F.840))	110	0,2
3	(F2(CX.2710 × S.795)) × (HdT1343 Inter. #573)	86	0,1
4	(F3(CA × Cioiccie) × (CA × Geisha)) × (HdT1343 BGII #567)	263	0,7
5	(F3(CA × Geisha) × (CA × F.840)) × (HdT1343 BGII #567)	16	0,1
6	(F3(CA × Geisha) × (CA × F.840)) × (HdT1343 BGII #573)	139	0,2
7	(F4[(Cat × Can)-El.1 a 167] × Cat-(MEG.0667 #114)) × (F2(CX.2710 × S.795))	373	0,0
8	(F4[(Cat × Can)-El.1 a 167] × Cat-(MEG.0667 #114)) × (F3(CA × Cioiccie) × (CA × Geisha))	31	0,3
9	(F4[(Cat × Can)-El.1 a 167] × Cat-(MEG.0667 #114)) × (F3(CA × Geisha) × (CA × F.840))	253	0,3
10	(lapar_59) × (F2(CU.1843 × S.795))	277	0,3
11	(lapar_59) × (F2(CU.1852 × BA.2))	263	0,2
12	(lapar_59) × (F2(CX.2710 × S.795))	292	0,0
13	(lapar_59) × (F3(CA × Cioiccie) × (CA × Geisha))	274	0,4
14	(lapar_59) × (F3(CA × Geisha) × (CA × F.840))	261	0,3

Desarrollo y evaluación de poblaciones de *Coffea arabica* L. con genes de resistencia a la enfermedad de las cerezas del café (CBD) provenientes de diferentes orígenes. MEG102027

En África, se ha estimado que el CBD (*Coffee Berry Disease*) puede llegar a ocasionar más del 80% de pérdidas económicas en la producción de *C. arabica*, cuando se siembran variedades susceptibles a la enfermedad y las condiciones de clima favorecen el desarrollo del patógeno. Aunque la enfermedad no está presente en América, es un riesgo potencial para su caficultura. Por lo tanto, Colombia durante más de 30 años de cooperación científica con el *Centro de Investigaçãõ de Ferrugens do Cafeeiro* (CIFC)-Portugal, evaluó la resistencia genética de nueve poblaciones de *C. arabica* a 13 aislamientos de *Colletotrichum kahawae* J.M. Waller & P.D., diversos por agresividad y origen geográfico. A partir de las reacciones fenotípicas derivadas de la interacción *C. arabica/C. kahawae*, se obtuvo una escala para la categorización de la resistencia. La escala estadísticamente confiable (95%), agrupa la resistencia de *C. arabica* en cinco clases (Alta Resistencia, Moderada Resistencia, Baja Resistencia, Muy Baja Resistencia, Susceptible), las cuales se usaron para clasificar la resistencia de las nueve poblaciones de *C. arabica* evaluadas. Los resultados permitieron corroborar el potencial del Híbrido de Timor CIFC 1343 (HdT CIFC 1343) como fuente de resistencia para esta enfermedad, así como identificar nuevas fuentes de resistencia a la enfermedad no exploradas hasta la fecha en el desarrollo de variedades.

CONSERVACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE CAFÉ

Conservación de la Colección Colombiana de Café. MEG103011

La diversidad genética conservada en la Colección Colombiana de Café (CCC) proporciona una posición estratégica al Programa de Mejoramiento Genético, dado que permite la posibilidad de dar respuesta a necesidades y oportunidades de la caficultura colombiana a través del fitomejoramiento. Sin embargo, su gestión requiere que los procesos relacionados con la conservación y renovación se realicen de manera tal que, permitan un uso eficaz de los recursos disponibles (económicos, área, genéticos). Durante los últimos años las actividades realizadas en la CCC han estado dirigidas a mejorar la eficiencia en la renovación, disminuir el riesgo de pérdida de

genotipos y agrupar el germoplasma. Estas actividades han permitido una reducción en el área de la colección del 12,6%, pasando de ocupar 8,27 ha en 2018 a 7,23 ha en 2024. En las secciones que conforman la CCC, la menor reducción del área se observó en la Colección Internacional, debido a que el número de genotipos conservado es estático. En contraste, la Colección de Trabajo es dinámica, alcanzando la mayor reducción (22%) del área necesaria, que estuvo especialmente relacionada a la reducción en el número de poblaciones consideradas de interés. En el caso de los genotipos sobresalientes conservados en la CCC producto de los proyectos de investigación realizados, el área utilizada para su conservación se redujo en 0,35 ha. Sin embargo, es importante considerar que esta reducción no implicó la pérdida de genotipos, dado que el número se incrementó un 14%, pasando de 2.431 en 2018 a 2.768 en 2024 (Tabla 30). La continuación de las actividades hasta ahora desempeñadas, sumado a la búsqueda de prácticas que favorezcan la conservación y uso racional de los recursos disponibles, serán clave para la adecuada gestión de la Colección.

Determinación de la genética que condiciona la androesterilidad en café. MEG103016

El fenómeno de la androesterilidad ha desempeñado un papel clave en el mejoramiento genético, dado que su utilización permite la obtención y distribución de híbridos F1 en forma de semilla. Entre 2018-2022, en el marco de la investigación MEG103015 se identificaron 11 genotipos androestériles en la Colección Colombiana de Café que pueden ser utilizados para vencer los limitantes actuales para la utilización de híbridos F1 en la caficultura colombiana. Así mismo, se encontró que algunos de estos genotipos poseen otros rasgos favorables, tales como calidad en tasa sobresaliente (05.16/318ae2148), reducción de hasta el 20% en el número de estados biológicos de broca (*H. hampei*) (1607/379ae762 y 05.16/344ae2073) y características

Tabla 30. Genotipos conservados en la Colección Colombiana de Café y cambios en el área necesaria para conservación entre 2018 y 2024.

Sección	Genotipos conservados	Área		
		2018	2024	Variación
Colección Internacional	1028	4,14	4,03	-0,11
Colección de Trabajo				
Lotes de Interés	6 (poblaciones)	1,33	0,75	-0,58
Conservación de Genotipos	2.768	2,80	2,45	-0,35
Total	3.796	8,27	7,23	-1,04

florales que podrían favorecer la polinización cruzada (de gran utilidad para la obtención de semilla híbrida). La presente investigación tiene como objetivo establecer el determinismo genético que condiciona la androesterilidad en los genotipos identificados de café, así como establecer su potencial para el desarrollo de híbridos F1 con excelentes características agronómicas. Es así como, actualmente, se están caracterizando sus híbridos F1 por producción y calidad física del grano (Tabla 31).

Hasta la fecha, con 2,5 años registrados, la producción relativa frente al testigo comercial está entre 105,2%–151,9%, con contenidos de granos tipo caracol de hasta el 23,6%. En el caso de la proporción de grano supremo, los valores están entre el 52,3% y el 74,7%, donde se observa influencia del progenitor usado como donante de polen en la determinación de esta característica (Tabla 31).

Caracterización de poblaciones de híbridos interespecíficos entre *Coffea arabica* y diferentes especies diploides, por calidad sensorial y principales limitantes bióticos del cultivo. MEG103017

Desde 1970, en la Colección Colombiana de Café (CCC) se conservan híbridos interespecíficos (HIE) entre *Coffea arabica* y diferentes especies diploides, con el propósito de recombinar atributos de interés de los dos progenitores, para incrementar la diversidad genética o para ampliar el fondo genético de las variedades comerciales actuales y futuras de café a plagas y enfermedades, tolerancia a estreses abióticos, así como perfiles sensoriales únicos. *Coffea arabica*, única especie tetraploide y autógama del género, tiene la mayor representación en la CCC y ha sido la especie más utilizada para el desarrollo de las variedades liberadas por Cenicafé, debido a la importancia de esta

especie para la caficultura de Colombia. Sin embargo, las variedades cultivadas de esta especie son altamente homocigotas y presentan una baja diversidad genética, en contraste con la considerable variabilidad genética de las especies diploides que son alógamas. Por consiguiente, la hibridación interespecífica amplía la diversidad genética introgresando caracteres deseables desde las especies diploides a *C. arabica*. Con el objetivo de caracterizar HIE entre *C. arabica* y diferentes especies diploides, se autofecundaron híbridos en diferente avance generacional (F1RC1, F2RC1, F3RC1, F4RC1 y F5RC1), cubriendo las ramas con bolsas de papel, para evitar polinización cruzada. Posteriormente, se sembraron en germinador semillas de 43 HIE entre *C. arabica* (Caturra, Borbón, Padang y líneas de la variedad Colombia) por cinco de las introducciones diploides: *Coffea eugenioides*, *Coffea liberica*, *Coffea stenophylla*, *Coffea canephora* y *Coffea bengalensis*. Después de tres meses, las chapolas se trasplantaron a bolsas y en este momento se encuentran en almácigo (Tabla 32). Además, se está restaurando la fertilidad de 29 híbridos triploides del cruce de *C. arabica* por cinco introducciones diploides: *C. eugenioides*, *C. liberica*, *C. racemosa*, *C. stenophylla* y *C. congensis*, mediante fecundación con los padres recurrentes (Tabla 33).

MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA A PLAGAS

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

Una alternativa para el manejo integrado de la broca del café (CBB) *Hypothenemus hampei* (Ferrari), insecto que ocasiona las mayores pérdidas económicas al cultivo de café en Colombia, es el desarrollo de variedades con efecto de antibiosis a CBB caracterizado por la reducción del número de individuos por generación, lo que a su vez disminuye el crecimiento de la población, así como también reduce el tiempo de duplicación de cada generación. Con este objetivo se evaluaron poblaciones en diferentes generaciones del cruce de progenitores femeninos mejorados por parentales masculinos con efecto de antibiosis contra CBB: 39 híbridos F1, tres poblaciones F2 y 36 progenies F3. En el período que comprende este informe se identificaron en condiciones controladas 21 híbridos F1 que redujeron significativamente el total de estados de la broca del café entre 16,0% a 27,4% con respecto

Tabla 31. Características agronómicas de la F1 obtenida a partir de cuatro genotipos androestériles.

F1	Producción relativa	Grano		
		Caracol	Vanos	Supremo (> malla 17)
05.16/292ae734 x CU.1953	105,2%	23,7%	12,4%	74,7%
05.16/318ae2148 x CX.2848	151,9%	23,6%	7,4%	70,1%
1607/379ae762 x BG.516	135,2%	16,9%	4,9%	54,0%
1607/446ae20 x CO.868	143,7%	21,5%	12,3%	52,3%
Variedad Comercial	100,0%	10,2%	10,3%	89,9%

Tabla 32. Híbridos interespecíficos entre *Coffea arabica* y especies diploides en diferente avance generacional en almacigo.

F1	Producción relativa	Grano		
		Caracol	Vanos	Supremo (> malla 17)
05.16/292ae734 x CU.1953	105,2%	23,7%	12,4%	74,7%
05.16/318ae2148 x CX.2848	151,9%	23,6%	7,4%	70,1%
1607/379ae762 x BG.516	135,2%	16,9%	4,9%	54,0%
1607/446ae20 x CO.868	143,7%	21,5%	12,3%	52,3%
Variedad Comercial	100,0%	10,2%	10,3%	89,9%

de los testigos susceptibles. Así como, 29 plantas F2 con reducción significativa de la oviposición, porte medio y resistencia a la roya (Figura 66). Al igual que 42 plantas de 13 progenies F3 con reducción significativa del número de estados de broca con respecto de los testigos susceptibles, porte medio, resistencia a roya y producción igual o mayor estadísticamente a las variedades comerciales Caturra y Cenicafe 1 (Figura 67). Según la modelación del desarrollo de la broca en los escenarios Neutro y El Niño en Naranjal y Paraguaicito, cuando la reducción de la oviposición en el campo es de 32% se retarda el crecimiento de la población hasta por dos meses, manteniendo durante la cosecha de café la infestación de broca por debajo del umbral de daño económico, lo cual contribuye a disminuir las pérdidas en producción y calidad sensorial. Con base en este criterio, hasta la fecha, 19 plantas F3 de diez progenies mostraron reducción significativa del total de estados de broca en condiciones controladas entre 18% a 30% y en el campo entre 32% a 63% (Figura 68).

Producción de plántulas *in vitro* provenientes de materiales obtenidos con los cruzamientos *C. arabica* Variedad Castillo® x *C. arabica* Etiopes. MEG104005

Con el fin de obtener genotipos de café con menor susceptibilidad a la broca, se seleccionaron cuatro híbridos F1: CU1842xE286 (H1), CX2385xE286 (H3), CX2385xE554 (H2) y CX2848xE554 (H4). Los materiales fueron propagados *in vitro* a partir de hojas, por embriogénesis somática. Las plantas clonadas fueron trasplantadas a campo en abril de 2018, en la estación La Catalina en Risaralda, junto con plantas propagadas *in vitro* CX2848 y plantas obtenidas por semilla de variedades comerciales: Cenicafe 1 y Castillo® Naranjal. Evaluando las semillas, los dos híbridos H1 y H3 afectan la broca del café, con disminuciones del 40% y 50% de las poblaciones del insecto. Adicionalmente, los

híbridos H1, H2 y H3 en el campo mostraron reducciones de hasta 70% en la población de adultos de broca con respecto a los controles, en infestaciones artificiales. Las plantas en el campo se han evaluado por 75 meses (2018 - 2024) mostrando características agronómicas sobresalientes con expresión de vigor híbrido. La altura de las plantas en los siete genotipos es similar. Con respecto al número de cruces, los cuatro híbridos mostraron precocidad; a los 36 meses se

alcanzó el número de cruces que tenían los materiales comerciales entre 42 y 48 meses. La producción de café acumulada es significativamente superior en los híbridos con respecto a los controles comerciales. Las mayores producciones se observan en H3 y H1 seguido de H4 y H2. En los controles y materiales comerciales se alcanza una producción de 15 kg/planta luego de 75 meses, mientras que en los híbridos esta producción se alcanza entre 48 y 60 meses. Los híbridos H3 y H1, duplican la producción de los materiales comerciales con una producción acumulada promedio de 30 kg/planta (Figura 69). Con el fin de hacer una reproducción masiva de estos híbridos, se hizo zoqueo en parte de los materiales sembrados en la Estación Experimental La Catalina y se generó un jardín clonal para producir vástagos e injertar plantas. Se han producido por injertación 830 plantas, entre 250-300 por cada híbrido, usando como patrón cruces de *C. arabica* x Híbrido de Timor (Figura 70). Estas plantas se injertaron en cuatro días laborales. Se cuenta con cuatro líneas híbridas con excelentes características agronómicas y resistentes a plagas y enfermedades, y se inició su propagación por injertación la cual parece promisoria.

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. MEG104006

Con el propósito de obtener plantas de café con menor atracción a la broca del café y tolerancia al insecto, utilizando la metodología CRISPR/Cas9, se propuso silenciar la expresión de dos genes, Alpha 1 y Alpha 2 sintasa, asociados con la producción de los volátiles Alpha 1 y Alpha 2, que atraen a la broca. Para esto, se probaron dos metodologías: 1. Modificación de meristemos apicales de chapolas y modificación de polen mediante *Agrobacterium tumefaciens* que contenía plásmidos que codificaban secuencias Cas9 y sgRNA Alpha 1 o Alpha 2 sintasas junto con un gen marcador de resistencia al herbicida glufosinato de amonio (BAR).

Tabla 33. Híbridos triploides conservados en la CCC a los cuales se les está restaurando la fertilidad mediante polinización con el padre recurrente.

Lote	Híbrido triploide	F1	Identificación	Padre recurrente
BGB	<i>Coffea arabica</i> Padang x <i>Coffea eugenioides</i>	MEG6.29 #249	22	
BGB	(Caturra x HT) x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 6	175	
BGB	CR.AJ.26 x <i>Coffea liberica</i> Abeocutae	6.35 #836	233	
BGB	CR.AJ.26 x <i>Coffea liberica</i> Abeocutae	6.35 # 824	327	
BGB	<i>Coffea arabica</i> x <i>Coffea liberica</i> Dewevrei-CV	C.arab. x C. dew.	465	
BGB	CR.AJ.26 x <i>C. liberica</i> Abeocutae	6.35 #832	721	
BGB	(C x Híbrido de Timor)- CO.832 x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 1	1401	
BGB	(C x Híbrido de Timor)- CO.832 x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 13	1402	
BGB	(C x Híbrido de Timor)- BK.396 x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 51	1411	
BGB	(C x Híbrido de Timor)- BH.904 x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 64	1413	
BGB	(C x Híbrido de Timor)- BH.904 x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 72	1414	
BGB	(C x Híbrido de Timor)- CO.832 x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 30	1473	
BGB	(C x Híbrido de Timor)- BH.904 x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 83	1618	
BGB	(C x Híbrido de Timor)- BH.904 x <i>Coffea eugenioides</i>	06.50 # 84	1620	
ASIII	BK.45 x <i>Coffea racemosa</i> - clones diferenciales	6.50 # 132	13-15	
ASIII	BK.45 x <i>Coffea racemosa</i> - clones diferenciales	6.50 # 136	19-21	
ASIII	BK.45 x <i>Coffea racemosa</i> - clones diferenciales	6.50 # 147	22-24	
ASIII	CU.1990 x <i>Coffea racemosa</i> - CV.	6.50 # 152	25-27	
ASIII	CU.1990 x <i>Coffea racemosa</i> - CV.	6.50 # 153	28-30	
ASIII	CU.1990 x <i>Coffea racemosa</i> - CV.	6.50 # 156	31-33	
ASIII	BK.114 x <i>Coffea racemosa</i> - clones diferenciales	6.50 # 167	52-54	
ASIII	CU.1886 x <i>Coffea stenophylla</i> - CV.	6.50 # 173	55-57	
ASIII	BH.1072 x <i>Coffea stenophylla</i> - CV.	6.50 # 178	61-63	
ASIII	BH.1072 x <i>Coffea stenophylla</i> - CV.	6.50 # 179	67-69	
ASIII	(C x H de T)-CX.2537 x <i>Coffea eugenioides</i>	6.50 # 91	184-186	
ASIII	CX.2720 x <i>Coffea congensis</i> -CV	6.50 # 195	199-201	
ASIII	CX.2720 x <i>Coffea congensis</i> -CV	6.50 # 198	202-204	
ASIII	CU.1953 x <i>Coffea racemosa</i> -clones diferenciales	6.50 # 213	205-207	
ASIII	CU.1792 x <i>Coffea congensis</i> CV.	6.50 # 205	772-774	

CU2034, CU1953, Iapar59, [(Caturra x *C. canephora*) x Caturra]

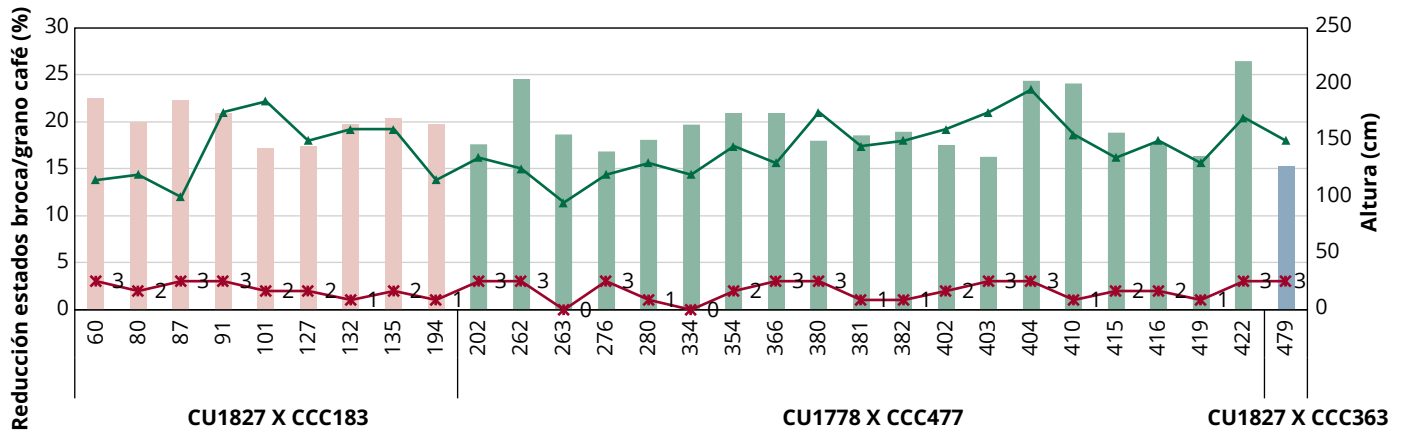


Figura 66. Identificación en condiciones controladas de nueve plantas F2 de la población CU1827 x CCC183 (columnas rosadas), 19 plantas F2 de la población CU1778 x CCC477 (columnas verdes) y una planta de CU1827 x CCC363 (columna azul) con reducción significativa de la oviposición de la broca del café; altura entre 95 a 195 cm (línea con triángulos); incidencia de roya de 0 a 3 en la escala de Eskes y Toma-Braghini (línea con asteriscos).

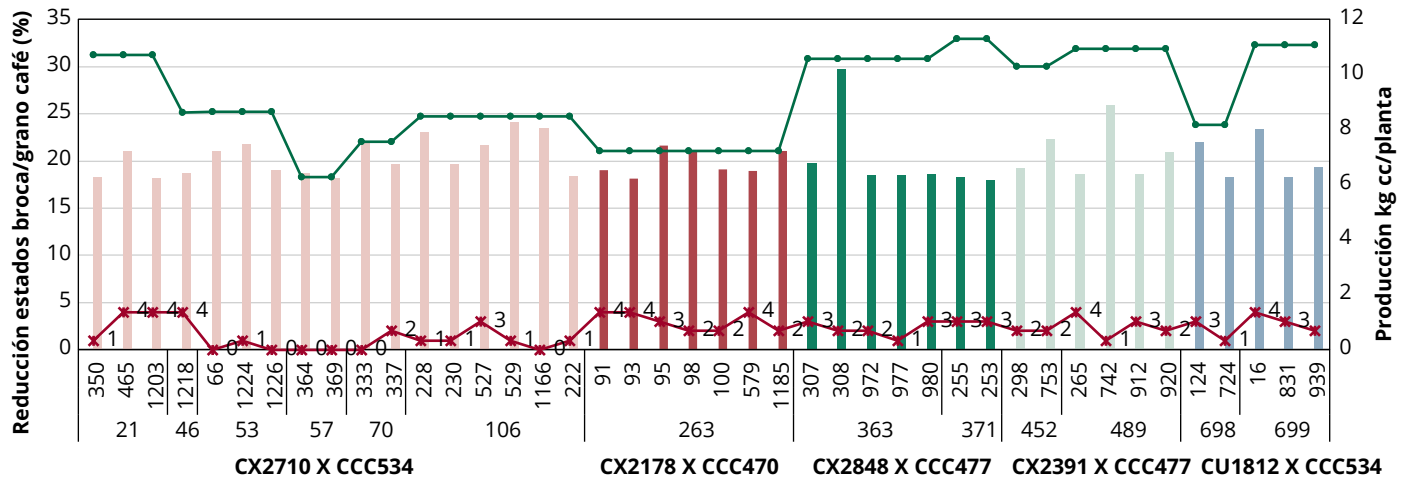


Figura 67. Identificación en condiciones controladas de 17 plantas de seis progenies F3 de la población CX2710 x CCC534 (columnas rosadas), siete plantas de una progenie de la población CX2178 x CCC470 (columnas rojas), siete plantas de dos progenies F3 de la población CX2848 x CCC477 (columnas verdes), seis plantas de dos progenies F3 de la población CX2391 x CCC477 (columnas verde claro) y cinco plantas de dos progenies F3 de la población CU1812 x CCC534 (columnas azules) con reducción significativa de la oviposición de la broca del café; incidencia de roya de 0 a 4 en la escala de Eskes y Toma Braghini (línea con asteriscos); producción igual o mayor que las variedades comerciales Caturra y Cenicafé 1 (línea con puntos).

Las plantas de café regeneradas se seleccionaron por resistencia al herbicida. 2. Entrega directa de una ribonucleoproteína (RNP) formada por la proteína Cas9 acoplada a la secuencia sgRNA (Alpha1 y Alpha2 Sintasa) a células vegetales mediante modificación de polen.

Mediante la transformación con *A. tumefaciens* en las chapolas se obtuvieron nueve plantas que tienen el gen Cas9, siete de estas plantas también fueron positivas para BAR y siete de estas plantas presentaron cambios en el gen Alpha1; identificados por secuenciación del DNA en el sitio de edición Alpha 1 sintasa (Figura 71). Estas plantas muestran cambios en la proteína sintasa que sintetiza el volátil Alpha 1. Adicionalmente, los frutos maduros de estas siete plantas mostraron niveles de expresión de ARNm del gen Alpha 1 que

fueron significativamente menores a los observados en frutos control (Figura 72). Al evaluarse en ensayos de infestación confinados, la preferencia de adultos de la broca por los frutos de las plantas editadas genéticamente (silenciadas) en comparación con los frutos control, el 40% de los insectos no infestan los frutos editados (Figura 73), estos datos se corroboraron con ensayos de olfatometría en donde se observó también menor atracción. En una de las plantas editadas la atracción es 25% frente al 75% en las plantas control. Utilizando la metodología de modificación de polen, 20 plantas fueron positivas para el gen Cas9. Pero no mostraron cambios en los genes de interés. En conclusión, es posible lograr el silenciamiento de genes en la planta de café. Se obtuvieron plantas modificadas vía CRISPR/Cas para el volátil Alpha 1, con disminución

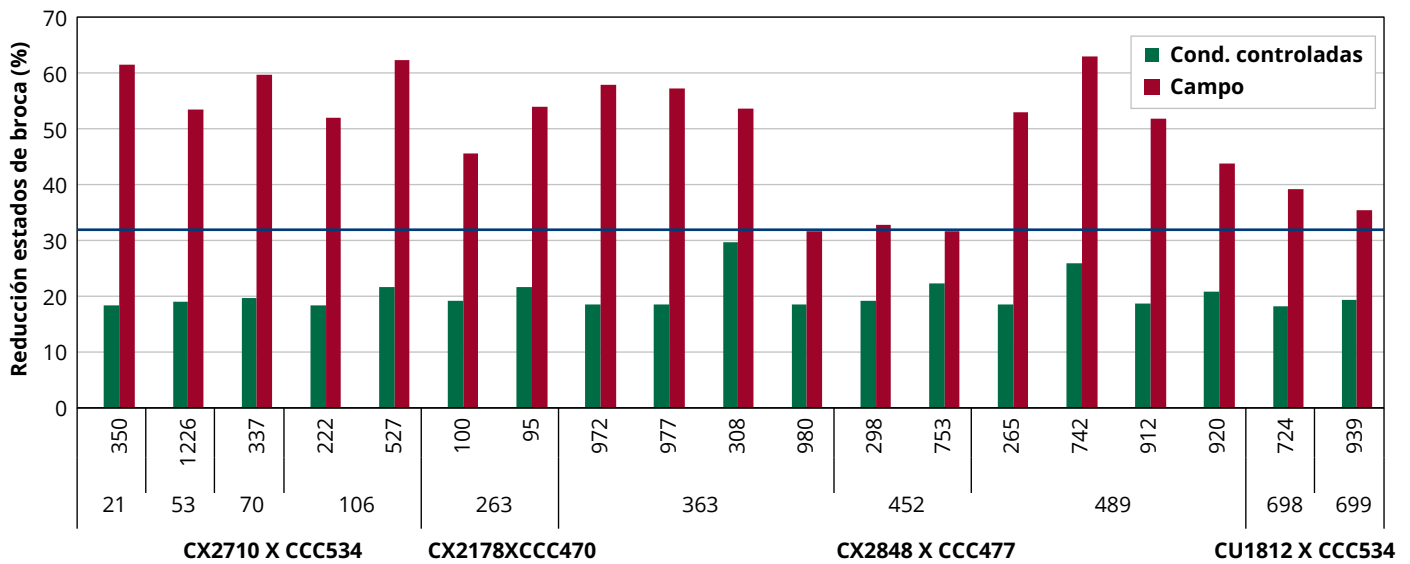


Figura 68. Comparación del porcentaje de reducción significativa del total de estados de broca en condiciones controladas entre 18% a 30% y en el campo entre 32% a 63% de 19 plantas pertenecientes a diez progenies F3 de cinco poblaciones (CX2710 x CCC534, CX2178 x CCC470, CX2848 x CCC477, CX2391 x CCC477 y CU1812 x CCC534). La línea azul señala que en el campo todas las plantas F3 tuvieron una reducción mayor o igual al 32% que según la modelación mantendrán la infestación de broca por debajo del umbral de daño económico durante la cosecha de café.

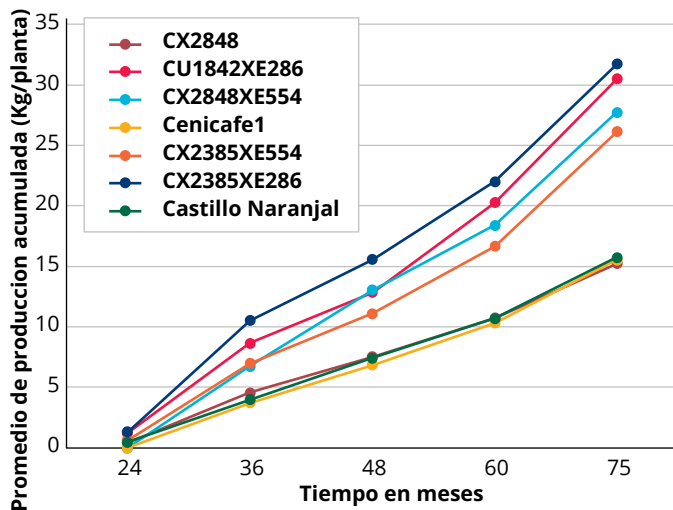


Figura 69. Producción acumulada de materiales híbridos H1, H2, H3, H4 y controles evaluados durante 75 meses en la Estación La Catalina.



Figura 70. Estado de los materiales híbridos injertados en camas de crecimiento y cámara húmeda en invernaderos en la Estación Naranja. **a.** Camas de crecimiento- Cámara húmeda con plástico Híbrido H1 y **b.** Camas de crecimiento con polisombra híbrido H3.

en la producción de este volátil, menor atracción a la broca del café y menor daño en los frutos. Se abre así un nuevo campo para generar café resistencia a la broca y estudiar el efecto del silenciamiento de otros genes en café.

Manipulación de simbioses bacterianos para el control de la broca del café. MEG104007

Estudios previos demostraron que el RNA de interferencia (RNAi) es un mecanismo molecular que permite el silenciamiento de genes específicos en insectos pudiéndose utilizar como una estrategia de

control biológico de plagas en la agricultura. Previamente se realizó una investigación como prueba de concepto, en donde se usó la bacteria *E.coli* HT115 para llevar este RNAi que interfería con la enzima mananasa del tracto digestivo de la broca del café. Los resultados preliminares fueron promisorios causando mortalidad (50%) sobre el insecto por lo que se procedió a utilizar bacterias simbioses cultivables y ya identificadas previamente en el tracto digestivo de la broca en todos sus estados de desarrollo, como vehículo para llevar este RNAi. En primera instancia, las bacterias *Erwinia* sp y *Pantotea* sp fueron transformadas con un plásmido que expresaba la proteína verde fluorescente (GFP), la transformación de la bacteria se verificó por el

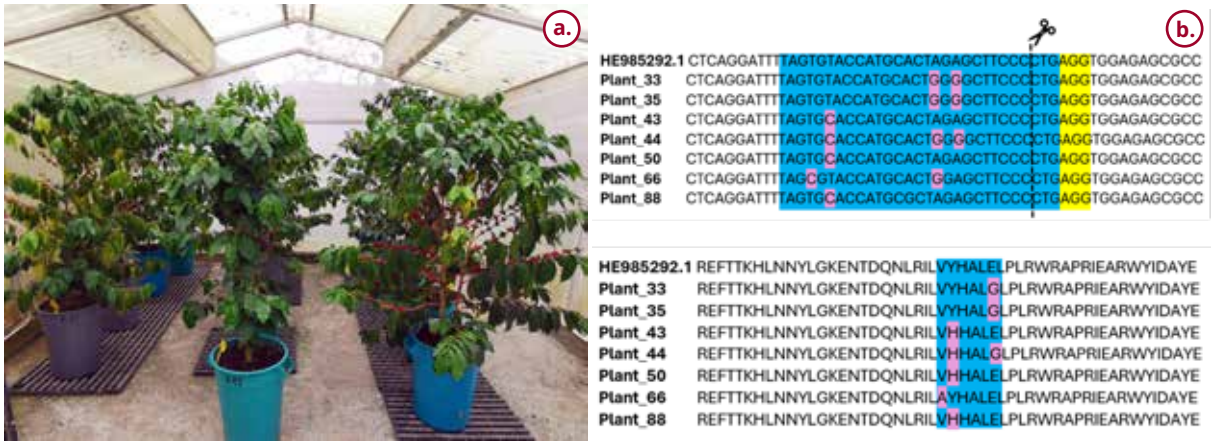


Figura 71. a. Plantas en invernadero con cuatro años de edad editadas genéticamente vía CRISPR/Cas9 para Alpha 1 sintasa. b. Mutaciones a nivel de DNA y Proteína en el gen Alpha 1-Sintasa. La planta control corresponde a (HE) y las siete plantas editadas con modificaciones se identifican con los números 33 a 88.

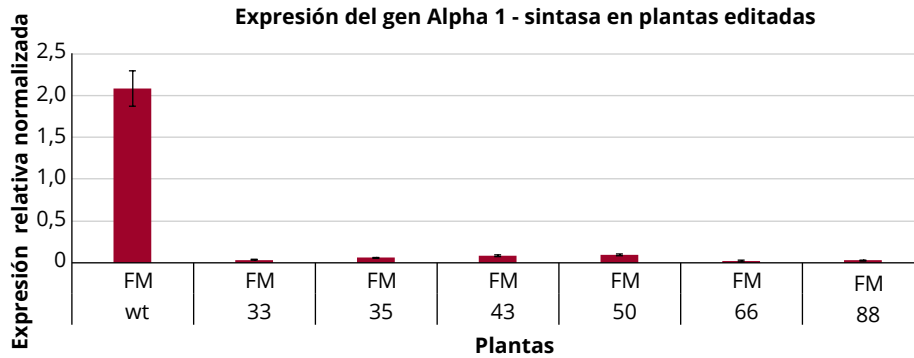


Figura 72. Niveles de expresión del gen Alpha 1-Sintasa en frutos maduros (FM) de planta control no modificada (wt) y seis plantas editadas genéticamente identificadas con números 33-88.

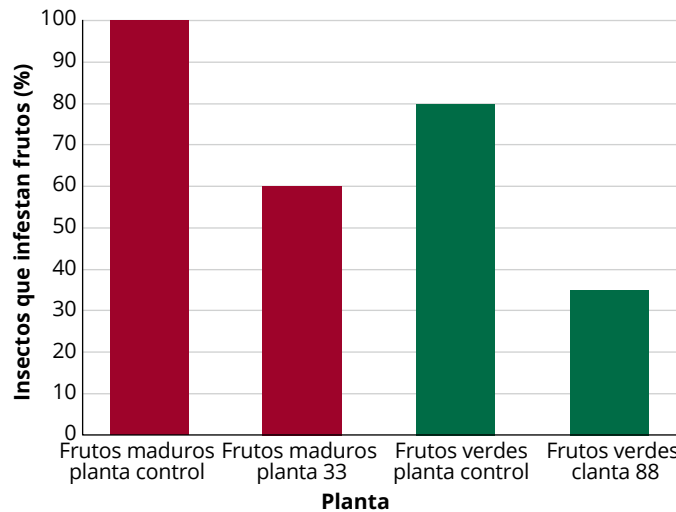


Figura 73. Porcentaje de broca que infestó frutos de las plantas editadas 33 y 88 después de 24 horas vs frutos control.

nivel de fluorescencia visualizada mediante fotografía macroscópica bajo luz oscura en un transiluminador UV (Figura 74a y 74b). Adicionalmente, las bacterias se transformaron con dsRNAi de la enzima digestiva mananasa. Se realizó un ensayo para evaluar el efecto sobre los insectos de la ingesta al cabo de 21 días de *E. coli* conteniendo dsRNAi para mananasa y dsRNAi para GFP (Figura 74c y 74d), este último se usó como control del experimento, y se evaluó la supervivencia del insecto. La ingesta de las bacterias conteniendo el RNAi mananasa disminuyó la supervivencia de los insectos (Figura 75) causando un porcentaje de mortalidad superior al 50%. Actualmente se están realizando pruebas para medir el nivel de expresión de estos genes para evidenciar el silenciamiento luego de 72 y 96 h.

Desarrollo de una metodología para la propagación masiva *in vitro* y escalamiento de materiales híbridos de café con tolerancia a la broca del café y potencial climático. MEG104008

Se continúa con la propagación *in vitro*, mediante embriogénesis somática, de cuatro híbridos F1 destacados por su alta producción, resistencia a la roya y atributos sensoriales destacados: CU1842xE286 (H1), CX2385xE554 (H2), CX2385xE286 (H3), y CX2848xE554 (H4). En 2018, estos híbridos fueron establecidos en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda). Tres de estos híbridos, muestran tolerancia a la broca del café. Con el fin de conservar sus características, estos materiales no pueden propagarse por semilla por lo que se inició su propagación masiva por cultivo de tejidos. Para esto, se realizaron cuatro nuevas siembras de explantes (hojas) obtenidas de las plantas de campo, en los meses de marzo, abril, julio y septiembre. Además, de siembras con hojas de plantas en etapa de invernadero y de plantas en cultivo de tejidos. De cada híbrido se han sembrado en promedio 200 explantes por mes, para un total de 1.100 explantes/híbrido (Figura 76a). La contaminación observada del material proveniente de campo es de 40% mientras en las hojas de invernadero ésta disminuye a 10%. Los explantes han empezado a producir tejido embriogénico (TE) luego de cuatro meses. Se empieza

a observar mayor respuesta del H3 con inducción de TE en el 12% de explantes vs 2%-5% de inducción de TE en H1 y H2.

A partir de las siembras de explantes en años anteriores se han producido 300 plantas, 100 de cada híbrido, éstas se encuentran en los invernaderos de Cenicafé, con entre tres y seis meses de edad. Además de plántulas en laboratorio, en medio de germinación, 600 de cada genotipo y alrededor de 2.000 embriones (Figura 76b, 76c y 76d). Se continuará con el cultivo usando biorreactores. Estos materiales se usarán para establecer lotes semicomerciales en tres estaciones experimentales.

En 2022, se establecieron, en la EE Naranjal (Chinchiná-Caldas), 60 plantas/F1 originadas de cruzamiento recíprocos de los cuatro híbridos: E286xCU1842(H1R), E554xCX2385(H2R), E286xCX2385 (H3R), E554xCX2848 (H4R) y E554xCU1842 (H5R). Se están evaluando sus características agronómicas y resistencia a la broca del café. Los datos agronómicos luego de 15 meses, muestra que los cinco híbridos tienen mayor altura, mayor número de cruces y mayor diámetro con respecto a los parentales, empezándose a observar vigor híbrido. Se destaca el H1R por precocidad en el crecimiento. Se determinó el efecto de las semillas de H1R y H3R en el desarrollo poblaciones de la broca y estas causan disminuciones

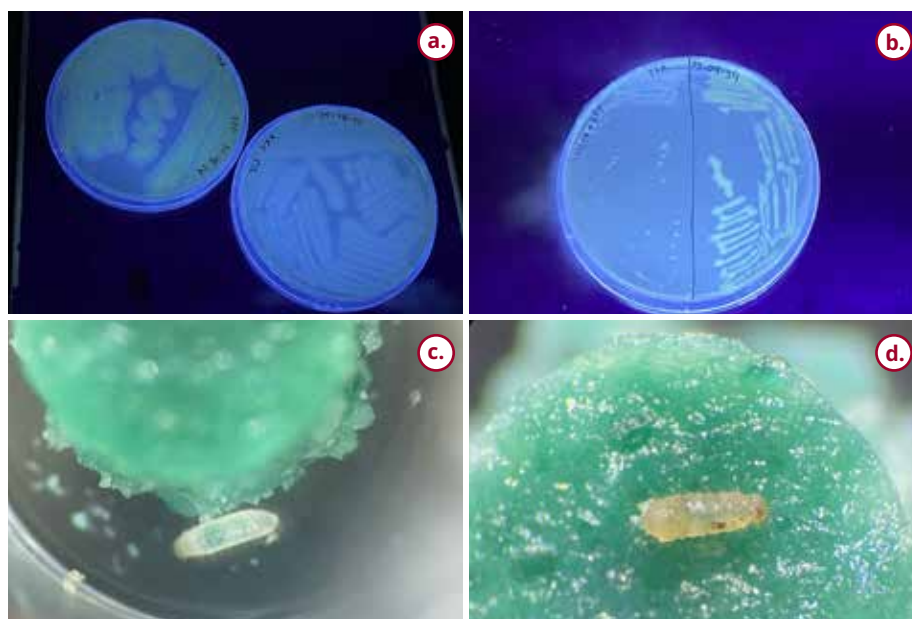


Figura 74. Fotografía macroscópica de bacterias simbiotas *Erwinia* **a.** y *Pantoea* **b.** transformadas con Plásmido pTn7-GFP (proteína verde fluorescente) vs bacterias no transformadas (wild type: WT) **c.** Larva de primer instar de broca del café mostrando ingesta y transporte de dieta artificial marcada con colorante azul y tratada con bacteria *E. coli* transformadas para la expresión de ARNi mananasa. **d.** Efecto de mortalidad en la broca del café debido a la ingesta de bacterias transformadas con dsRNAi para silenciamiento específico de mananasa.

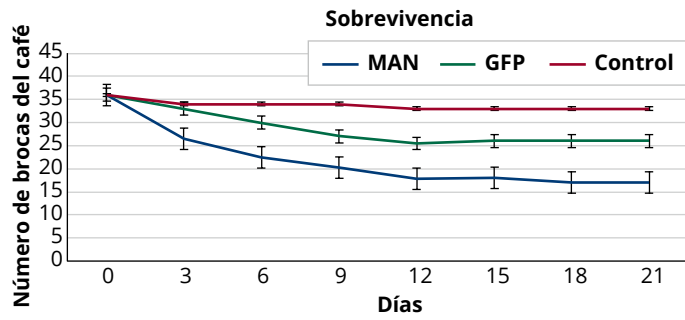


Figura 75. Efecto sobre la sobrevivencia de la broca del café de la ingesta de dietas artificiales conteniendo *E. coli* con dsRNAi para mananasa y para GFP y dietas control. Se observa una disminución del número de insectos vivos con un porcentaje de mortalidad del 52,8% para el tratamiento de mananasas, de 27,8% para el tratamiento con GFP y de 8,4% para el tratamiento de dieta control.

en las poblaciones del insecto de entre 19% y 28% con respecto a lo observado en Variedad Castillo®. En *C. liberica*, variedad tolerante la disminución es de 37%. Adicionalmente, se evaluaron otros materiales híbridos por resistencia a broca usando las semillas para preparar dietas. En dietas artificiales los híbridos CX2385xE057 y CX2848xE069 ocasionaron una mortalidad de 14% y 15% en los insectos frente a la variedad Caturra susceptible con 5% de mortalidad de las brocas y *C. liberica* tolerante que causó un 30% de mortalidad sobre las brocas. Con este proyecto se abre el camino para la propagación masiva de materiales híbridos de café con características sobresalientes y tolerancia la broca del café que puedan usar los caficultores colombianos.



Figura 76. Propagación *in vitro* de híbridos F1: CU1842xE286 (H1), CX2385xE554 (H2), CX2385xE286 (H3), y CX2848xE554 (H4). **a.** Siembra masiva *in vitro* de explantes (hojas), **b.c.** plántulas en laboratorio y **d.** plantas en invernadero de los híbridos regenerados por cultivo de tejidos a través de embriogénesis somática.



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

Se otorgó la patente a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia de la máquina despulpadora de café con separación de frutos verdes (Figura 77). Por tal razón, en esta etapa se realizó la etapa de industrialización de la máquina que incluyó el desarrollo de los planos para los modelos de 600, 1.200, 1.800 y 2.400 kg h⁻¹ de frutos de café. Al cierre de este informe hay dos empresas con licencia para la fabricación de las despulpadoras y de sus partes. Una de las empresas presentó los primeros modelos en Cafés de Colombia Expo 2024.

Evaluación de un sistema de paneles solares para suministro de energía eléctrica en beneficiaderos de café. POS102004

Se logró la puesta a punto para el funcionamiento 100% con energía eléctrica a través de paneles solares fotovoltaicos del beneficiadero de café, gracias a la instalación de un inversor de carga que distribuye la energía generada por el sistema de paneles solares. Este inversor no solo alimenta la planta durante el día, sino que también carga el sistema de baterías para asegurar su operación durante la noche. El sistema, completamente sostenible, utiliza energía solar para diversas operaciones clave dentro del proceso de beneficio del café. Entre ellas, se destacan el transporte de los frutos de café a la tolva de clasificación

hidráulica, el funcionamiento del tornillo sinfín que alimenta la despulpadora, la propia despulpadora, el tornillo sinfín que transporta el café despulpado al tanque de fermentación, el Ecomill LH-300, el tornillo de alimentación que lleva el café lavado al secador, el alimentador de cisco al quemador del secador, el ventilador del secador y las bombas del sistema de aguas. Además, se ha implementado un sistema de recolección de aguas lluvias para su uso en el proceso de beneficio, mientras que las aguas mieles y la pulpa del café se destinan a lechos de compostaje. El agua residual se trata a través de un filtro verde compuesto de pasto vetiver. Este beneficiadero se considera sostenible no solamente porque utiliza energía renovable sino también porque cumple con las siete prácticas clave para producción de café de alta calidad (7P®), usa muy poca agua para el proceso, tiene control total de la contaminación, tiene cero vertimientos, usa aguas lluvias para el proceso y el aseo de equipos, y también usa como combustible cisco de café o astillas de madera de café (bioeconomía circular), los cuales son combustibles carbono neutral (Figura 78).

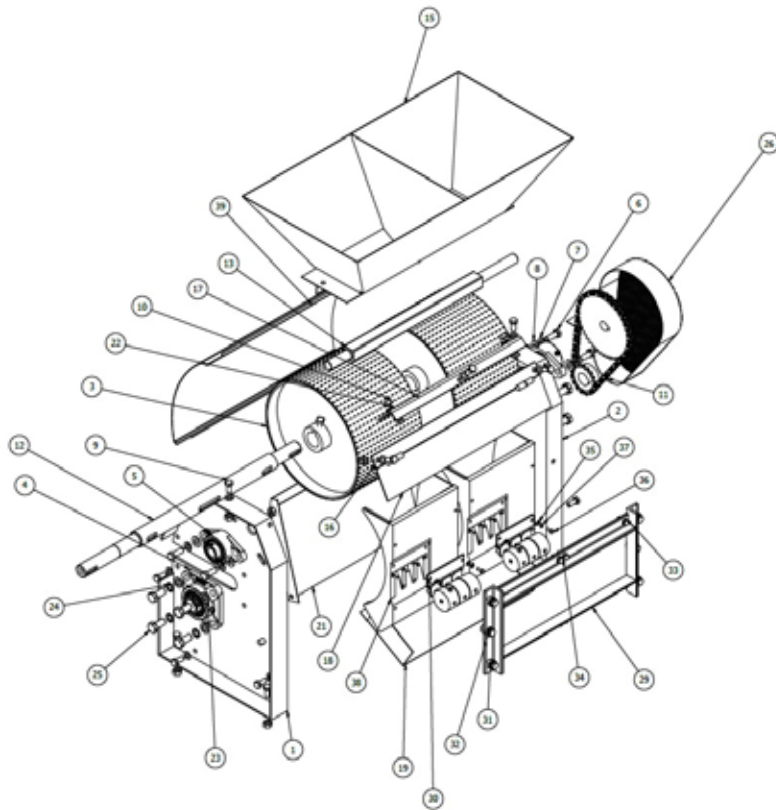


Figura 77. Despulpadora de café con separación de frutos verdes con capacidad para 1.200 kg h⁻¹.

Evaluación de las fermentaciones anaerobias sobre la calidad en taza. POS11008

Esta investigación corresponde a una de las actividades del proyecto de Ciencia y Tecnología ejecutado con recursos del Sistema General de Regalías del departamento de Huila, y tuvo inicio en Cenicafé a partir del mes de marzo de 2024. Esta investigación se está realizando con el fin de determinar el efecto de fermentaciones en diferentes condiciones sobre la calidad del café. Durante este año se adelantaron actividades correspondientes a la primera etapa de investigación, en la cual se realizaron fermentaciones en un cuarto con temperatura ambiente controlada a 20°C, mediante un diseño experimental de bloques completos al azar, en arreglo factorial 2 x 2, considerando dos tipos de materia prima: frutos de café y café despulpado, y dos condiciones de proceso: tanque abierto (fermentación semianaerobia) y tanque cerrado (Fermentación Anaerobia Autoinducida-SIAF, por sus siglas en inglés). En cada bloque se tuvo un tratamiento testigo que fue la fermentación con Fermaestro®. Se tuvieron tiempos de muestreo cada 24 horas hasta completar 192 horas. Las variables relacionadas con la evolución del proceso mostraron diferencias de acuerdo al tipo de materia prima,



Figura 78. Beneficiadero sostenible de café.

siendo el café despulpado, que presentó mayor consumo de glucosa y acidez, reflejada en la producción de ácido láctico y menores valores de pH. Los resultados parciales indican una pérdida considerable de la calidad física respecto al testigo con el tiempo de fermentación representada en disminución de materia seca entre 1,6% y 3,6%, disminución de almendra sana y aumento del factor de rendimiento, siendo la condición SIAF para frutos la que menores cambios en todas las variables presentó (Figura 79). Respecto a la calidad sensorial, el 83,1% de las muestras tuvieron una calificación entre 83 y 85 puntos SCA, siendo las muestras provenientes de la fermentación semianaeróbica en frutos las que mayores puntajes recibieron con mayor afectación sobre la calidad física.

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 evaluó el efecto de realizar diferentes condiciones de fermentación en la calidad del café en taza. El trabajo se concentró en dos actividades principalmente: la evaluación de diferentes métodos de fermentación y el uso de temperatura controlada en tres diferentes variedades de café, producidas en la Estación Experimental Pueblo Bello. La variable de respuesta para fue la calidad en taza (puntaje SCA). La determinación de las condiciones de operación

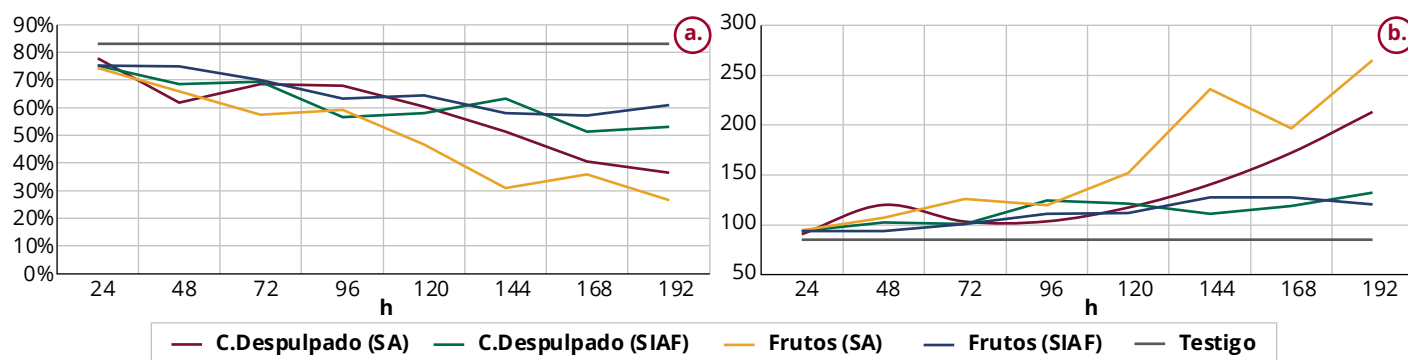


Figura 79. Valores promedio para almendra sana (a) y factor de rendimiento (b) en diferentes condiciones de fermentación, semianaerobia (SA) y fermentación anaerobia autoinducida (SIAF) en dos tipos de materia prima, café despulpado, respecto al tiempo de fermentación.

óptimos del biorreactor para la fermentación fueron temperaturas de control (15°C y 30°C) y parámetros de agitación (3 rpm/2 min/6 h). Mediante las fermentaciones con temperatura controlada en Pueblo Bello, utilizando las variedades Castillo®, Tabi y Cenicafé 1 se obtuvieron puntajes entre 81,1±4,6 y 83,8±1,4 puntos SCA, que clasificaron el café como especial. El control de temperatura produjo fermentaciones más largas que el testigo entre dos y 20 horas para alcanzar el 95% de remoción de mucílago bajo las dos condiciones de temperatura, respectivamente. Por otro lado, la variedad Cenicafé 1 fue la que mayor porcentaje de tazas obtuvo con más de 83 puntos SCA (68,4%), independiente de la temperatura de control, mientras que las fermentaciones a 30°C produjeron mayor proporción de tazas con calificación superior a 83 puntos SCA (61,5%). Por otro lado, la fermentación en fruto previa al despulpado presentó mayor puntaje respecto al café que se obtuvo con Fermaestro®, las posteriores evaluaciones en la Estación Experimental Pueblo Bello mostraron que en cuatro de los seis bloques realizados (66,6%) el método de fermentación evaluado superó al testigo, con puntajes superiores a éste, entre 0,25 y 1,25 puntos.

Evaluación de los tiempos de prolongación de la fermentación en la calidad en taza del café producido en el departamento del Huila. POS110007

Se ha encontrado que las fermentaciones prolongadas, en muchas ocasiones, le dan características especiales al café, sin embargo, los caficultores se encuentran con problemas de consistencia en la calidad, por la carencia de un método estándar. Por esta razón, este trabajo de investigación tiene como propósito utilizar el método Fermaestro® para establecer procesos estándar en los que se le adicionen características especiales al café a través de fermentaciones prolongadas, trabajando con sobrefermentaciones de 4 h, 8 h y 12 h adicionales, después de que el Fermaestro® determinó el punto

de finalización de la degradación del mucílago por fermentación natural. Hasta el momento se han evaluado 11 de 12 fincas totales. En la Tabla 34 puede verse que hasta el momento no se han encontrado diferencias en el puntaje obtenido en los análisis de calidad en taza según el protocolo 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 realizó un proceso estructurado de calibración y sincronización del sistema de visión artificial utilizado para analizar granos de café, el cual incluyó modificaciones en algunas partes como la tolva de almacenamiento de granos, las condiciones de los motores y la inclusión de un hardware adicional (Arduino) para el mejor manejo de las señales. Se concluye que el proceso de calibración del código, junto con las mejoras en la tolva y los motores, ha optimizado la eficiencia del sistema de inspección y clasificación de los granos de café. Estas mejoras han minimizado errores, mejorado la calidad del producto final y asegurado que el sistema opere de manera aceptable (Figura 80).

Tabla 34. Calificaciones promedio y rango de los resultados del análisis de calidad en taza de café de 11 fincas.

Tratamiento	Mínimo	Promedio	Máximo
+ 0 horas	80,75	83,56	86,25
+ 4 horas	80,75	83,58	85,50
+ 8 horas	81,25	83,67	86,25
+ 12 horas	80,75	83,67	85,25



Figura 80. Máquina selectora de granos de café lavado.

Evaluación de prototipo industrial Gravimet SM para el seguimiento de la humedad del café durante el secado mecánico, en fincas seleccionadas del departamento del Huila. POS103013

La determinación de la humedad final en el café es importante para reducir la cantidad de granos flojos o con falta de secado y sobre-secos o con exceso de secado. El método Gravimet SM, desarrollado por Cenicafé y publicado en 2014, permite de manera práctica y objetiva realizar seguimiento al contenido de humedad del café y determinar el momento en que el café llega a un contenido de humedad entre el 10% al 12%. Este método se basa en la conservación de la materia seca durante el proceso de secado mecánico de los granos de café. Su uso depende de la fabricación por los usuarios, lo que ha dificultado su adopción. Este proyecto tiene el objetivo de suministrar un dispositivo Gravimet SM diseñado para la fabricación industrial, realizado bajo los criterios de evaluación que faciliten la determinación de la humedad de manera objetiva, fácil y económica. Se plantearon dos etapas en esta investigación, en la primera se considera la evaluación de tres prototipos de Gravimet SM, a través de su evaluación en secadores comerciales y su comparación con el método de la estufa. La segunda etapa se evaluará este método en 20 fincas del departamento

del Huila. Los resultados parciales indican alta precisión del método, ya que los valores finales de humedad del café pergamino seco están entre 10,6 % y 11,3 % b.h. y 10,4% b.h (Tabla 35) para el método directo. Se espera contar con un prototipo que pueda ser producido de manera industrial, y con el cual se logró disminuir los problemas de humedad en las tandas de café que utilicen el Gravimet SM.

Diseño y evaluación de dos estructuras para secado solar de café. POS103011

Se evaluó el rendimiento de dos tipos de secadores solares con cubierta de policarbonato: uno alveolar y otro macizo, ambos modulares con un área de secado de 20 m². Se construyeron seis secadores distribuidos en dos ubicaciones en Huila: en Gigante y San Agustín, donde se instalaron, en cada una de las localidades, un secador con policarbonato macizo, un secador con policarbonato alveolar y un secador de túnel tradicional (testigo). Los ensayos realizados en Gigante han demostrado que los nuevos secadores reducen significativamente el tiempo de secado en comparación con los modelos tradicionales. Además, se ha desarrollado un sistema de control para la remoción de aire húmedo, que opera con un panel solar y almacena energía en una batería para su funcionamiento nocturno. Este sistema activa el ventilador cuando la humedad relativa o la temperatura dentro del secador son menos favorables que las condiciones externas, optimizando así el proceso de secado (Figura 81). Este proyecto forma parte del Sistema General de Regalías.

Evaluación de acelerantes para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. POS106007

Con el fin de disminuir el tiempo y el área necesaria para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico y obtener un producto estable y maduro que no genere problemas de fitotoxicidad durante su uso, se evaluaron, en una segunda etapa, a escala piloto,

Tabla 35. Valores promedio y desviación estándar para la humedad del café pergamino seco obtenida con los métodos Gravimet SM, directo e indirecto.

Dispositivo evaluado	Según Gravimet		Rango		Método directo		Método indirecto	
	Promedio	D.E.	Mín.	Máx.	Promedio	D.E.	Promedio	D.E.
Gravimet SM1	10,6%	2,2%	8,8%	12,6%	10,4%	1,8%	9,4%	1,3%
Gravimet SM2	11,3%	2,6%	9,7%	13,4%				



Figura 81. Secadores solares con diferentes materiales y estructuras.

cuatro acelerantes comerciales seleccionados en la primera etapa, utilizando dos tipos de sustratos (pulpa sola y pulpa mezclada con mieles de la tecnología Ecomill®). El proceso de transformación se evaluó durante 24 semanas, realizando un volteo semanal y análisis físico-químicos (relación C/N, humedad, pH, conductividad eléctrica, densidad aparente y temperatura) y determinando el volumen de lixiviados generados durante el proceso de producción del abono orgánico. A través de la experimentación realizada se identificó, con base en las variables principales y complementarias, que el acelerante conteniendo la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y hongos del género *Trichoderma* spp. presentaron una transformación de la materia seca un 18,66% superior al testigo (pulpa de café sin acelerantes). El valor de la temperatura se estabilizó, en los tratamientos a base de pulpa de café, a partir de la semana 6, y el pH a partir de la semana 22. En promedio, los lixiviados generados durante todo el proceso de transformación de la pulpa en abono orgánico representaron el 40,60% del peso inicial. Al momento, se están realizando las pruebas de caracterización físico-química, respirometría, fitotoxicidad y el cálculo de los rendimientos de proceso en los abonos obtenidos, para determinar el mejor tratamiento.

Manejo de aguas mieles, con recirculación completa, mediante procesadores de pulpa tipo invernadero. POS104012

Con el fin de generar una estrategia que permita cero descargas líquidas (eliminación de vertimientos) para el manejo de las aguas residuales del café en su mezcla con la pulpa, durante las etapas de almacenamiento y producción de abono orgánico, se

evaluó en procesadores de pulpa tipo invernadero la deshidratación y transformación de la pulpa sola y mezclada con arvenses, sobre las cuales se adicionaron, según el tratamiento, mieles de la tecnología Ecomill®, los dos y cuatro enjuagues provenientes del lavado en tanques de fermentación. Se determinó, para masas de pulpa de café fresca de 75,0 kg de peso y 1,0 m de altura y con diferentes adiciones de aguas residuales, pérdidas promedio de agua, para cuatro meses de proceso, que variaron entre 0,509 L d⁻¹ (por evaporación) en el tratamiento relativo (solo pulpa) y 1,624 L d⁻¹ (por evaporación e hidratación), y en el tratamiento 5 (pulpa de café + 10% de arvenses secas + adición de los cuatro enjuagues provenientes del lavado de café en el tanque de fermentación), correspondientes a pérdidas de 0,007 L de agua/kg de sustrato inicial-d y 0,020 L de agua/kg de sustrato inicial-d, respectivamente. Las mayores pérdidas de agua del sustrato inicial durante los cuatro meses de proceso son equivalentes, en volumen, a la evaporación del mucílago que se genera de forma simultánea con la pulpa y a la evaporación del agua utilizada en un proceso de beneficio con consumo de hasta 4,5 L de agua/kg de cps, que abarcaría tecnologías como el Ecomill®, el Becolsub y el lavado del café en los tanques de fermentación, permitiendo que se alcance el objetivo de cero vertimientos.

Evaluación del efecto en la calidad en taza de frutos verdes almacenados previamente al proceso de beneficio, bajo diferentes condiciones de fermentación y secado controlado. POS101032

En el tercer trimestre del año 2023 se culminó la etapa experimental de la investigación en la cual se evaluaron diferentes condiciones en el proceso de fermentación del café y secado controlado, partiendo de frutos verdes almacenados previo al proceso de beneficio. En cada tratamiento se evaluó la calidad en taza, la calidad física, el contenido de ácidos orgánicos por HPLC y la predicción de los contenidos de cafeína, ácidos clorogénicos, lípidos, sacarosa y trigonelina mediante el método de espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS. Lo anterior con el fin de determinar si es posible mejorar la calidad en taza de los frutos verdes almacenados o si por el contrario y de acuerdo a sus características químicas deben explorarse otras opciones de valorización. Según los resultados de los análisis sensoriales realizados no se evidenció un efecto en la calidad en taza, con un puntaje promedio obtenido en la escala SCA de 53 puntos. Respecto a los datos obtenidos utilizando el método de espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS,

se evidencia que los contenidos promedio de cafeína (1,33%), sacarosa (7,33%), lípidos totales (12,26%) y trigonelina (0,98%), se encuentran dentro del rango obtenido para granos de café provenientes de frutos maduros. De igual forma, se evidenció un contenido superior en CQA totales (6,02%) para los granos de café provenientes de frutos verdes almacenados en comparación con los frutos maduros testigo (3,74%). En cuanto a los ácidos orgánicos estos presentaron valores similares en los tratamientos y en el testigo.

Dado que con los tratamientos evaluados no se logró obtener una calidad en taza adecuada, no se realizará la siguiente etapa de investigación la cual consistía en realizar mezclas del mejor tratamiento encontrado en la etapa 1. Sin embargo, los resultados obtenidos permiten evidenciar el potencial que tienen estos frutos verdes para la obtención de bebidas con alto contenido de antioxidantes y como materia prima para la extracción de compuestos para elaboración de farmacéuticos, cosméticos o fitoquímicos.



Evaluación de alternativas para el control químico de arvenses de hoja ancha de interferencia alta en el cultivo del café. SUE 103008

Se avanzó en la evaluación de alternativas para el control de arvenses de hoja ancha en el cultivo del café. Esta investigación se realiza desde el 2021 en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito, en siembras nuevas y renovaciones por zoca de café variedades Cenicafe 1 y Castillo®. Se evalúan diez tratamientos (g de ingrediente activo por hectárea): 1) metsulfuron-metilo 15 + glifosato 720, 2) bensulfuron-metilo 50 + glifosato 720, 3) carfentrazona-etilo 30 + glifosato 720, 4) metsulfuron-metilo 15 + glifosato 1.080, 5) bensulfuron-metilo 50 + glifosato 1.080, 6) carfentrazona-etilo 30 + glifosato 1.080, 7) glifosato 720, 8) glifosato 1.080, 9) glifosato 1.440 y 10) manejo manual-mecánico. Las aplicaciones se realizan 15 a 21 días después de un corte con guadañadora, con equipo de aspersión de bombeo manual, boquilla Teejet 8001, regulador de presión (CFV de 21 psi) y pantalla protectora, a un volumen de agua entre 200 a 250 L ha⁻¹. Se presentan los resultados del primer año de producción de café cereza (Figuras 82 y 83 para Naranjal y Paraguaicito, respectivamente). En los dos sitios, los tratamientos presentaron efecto sobre la producción ($p \leq 0,05$), el menor promedio se alcanzó con el tratamiento 10, el cual se diferenció estadísticamente de los demás tratamientos. En ninguna de las localidades, se encontraron diferencias en la producción entre los tratamientos 1 al 9 (prueba de Tukey al

5%). Los herbicidas metsulfuron-metilo, bensulfuron-metilo y carfentrazona-etilo en mezcla con glifosato, resultaron viables para el control de arvenses de hoja ancha, favorecen la disminución de las dosis de glifosato entre el 50% al 25%, sin afectar la producción, lo anterior siempre que se usen de acuerdo con las recomendaciones técnicas. El control manual-mecánico de arvenses con guadañadora, como única opción de manejo, puede afectar en forma negativa la producción.

Evaluación de alternativas para el control químico de arvenses gramíneas de interferencia alta en el cultivo del café. SUE 103009

Se inició una investigación para evaluar alternativas de control de arvenses gramíneas en el cultivo de café. El experimento se está realizando en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito en siembras nuevas y renovaciones por zoca de

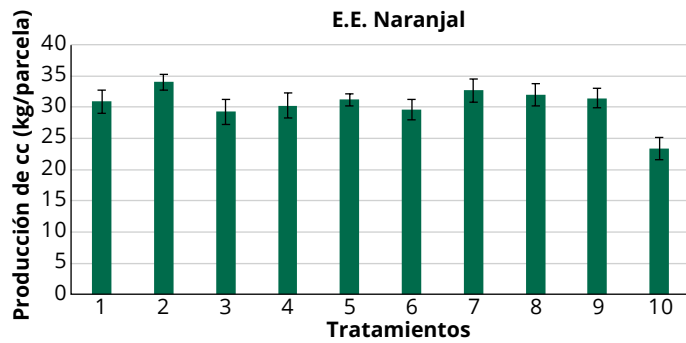


Figura 82. Valores promedio de la producción de café cereza (cc), evaluada durante junio de 2023 a junio de 2024, en respuesta a diferentes tratamientos de control de arvenses en la Estación Experimental Naranjal. Las barras indican el error estándar.

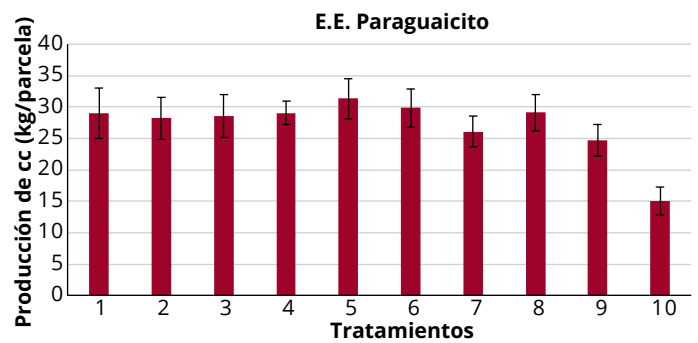


Figura 83. Valores promedio de la producción de café cereza (cc), evaluada durante febrero de 2023 a junio de 2024, en respuesta a diferentes tratamientos de control de arvenses en la Estación Experimental Paraguaicito. Las barras indican el error estándar.

café Variedades Cenicafé 1 y Castillo®. Se evalúan nueve tratamientos (g de ingrediente activo por hectárea): 1) Cletodim 180, 2) Cialofop-butil 360, 3) Cletodim 180 + quizalofop-P-etil 90, 4) glifosato 1.080 + cletodim 120, 5) Glifosato 1.080 + cialofop-butil 270, 6) Glifosato 1.080 + (cletodim 120 + quizalofop-P-etil 60), 7) Glifosato 1.080, 8) Glifosato 1.440, 9) Control manual-mecánico. El predominio inicial de gramíneas fue de *Panicum laxum* en Naranjal y *Paspalum conjugatum* en Paraguaicito, poblaciones tolerantes y susceptibles a glifosato, respectivamente. Las aplicaciones se realizaron con equipo de aspersión de bombeo manual, boquilla Teejet 80-01, regulador de presión (CFV de 21 psi) y pantalla protectora, a un volumen de agua entre 200 a 250 L ha⁻¹. Se midió el control de arvenses gramíneas basado en el porcentaje de cobertura 28 días después de la aplicación. Se presentan los resultados de la primera aplicación, en Naranjal (Figura 84) los valores menores de cobertura de gramíneas se lograron con los tratamientos 1, 2, 3, y 6, estos fueron iguales entre sí y diferentes a los tratamientos 8 y 9, mientras el tratamiento 6

se diferenció en forma favorable del tratamiento 7. En Paraguaicito (Figura 85) los tratamientos que utilizaron glifosato obtuvieron los menores valores de cobertura de gramíneas por tratarse de especies susceptibles a éste; sin embargo, en los tratamientos 1, 2 y 3 se registraron niveles de cobertura de gramíneas bajos, menores al 18%, y en las dos localidades, favorecieron el establecimiento de arvenses nobles. Se evidencian opciones novedosas para sustituir al glifosato en el manejo de arvenses gramíneas principalmente las tolerantes a glifosato.

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

El fósforo (P), después del nitrógeno, es el macronutriente primario más requerido en el cultivo de café durante el primer año luego de la siembra. Este proyecto tuvo como objetivo evaluar el efecto de alternativas de fertilización con fósforo durante la etapa de establecimiento de café. La fase de campo se llevó a cabo en las Estaciones Experimentales

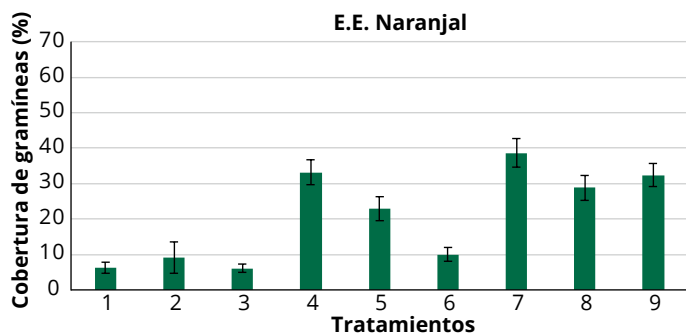


Figura 84. Valores promedio del porcentaje de cobertura de arvenses gramíneas de interferencia alta, evaluada 28 días después de la aplicación de diferentes tratamientos de control de arvenses en la Estación Experimental (E.E.) Naranjal. Las barras indican el error estándar.

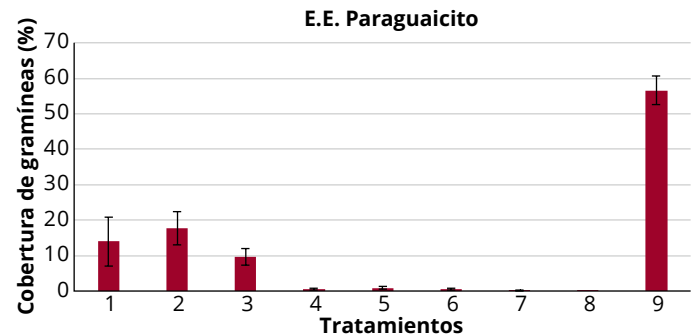


Figura 85. Valores promedio del porcentaje de cobertura de arvenses gramíneas de interferencia alta, evaluada 28 días después de la aplicación de diferentes tratamientos de control de arvenses en la Estación Experimental (E.E.) Paraguaicito. Las barras indican el error estándar.

Naranjal, La Trinidad, Paraguaicito y El Tambo. En las primeras tres localidades, el proyecto se inició en el año 2019 y finalizó en el 2023; entretanto, en El Tambo la vigencia se extendió hasta el año 2024. Bajo el diseño de bloques completos al azar se evaluó el efecto combinado de tres dosis de fósforo- P_2O_5 (9, 18 y 27 g/planta) y cuatro formas de aplicación: i-superficial a los 2 y 10 meses después de la siembra (mds), ii-localizada en el momento de la siembra alrededor del colino a 5,0 cm de profundidad, iii-mixta, 50% localizada y 50% superficial a los 10 mds, y iv-incorporada al suelo del hoyo en la siembra. Adicionalmente, se contó con dos tratamientos testigo, uno sin aportes de P durante la etapa vegetativa (testigo relativo) y otro que en ningún momento se fertilizó con P (testigo absoluto). Para El Tambo, en los dos primeros años hubo efecto de la dosis de fósforo, mientras que en los años 2023 y 2024 y el acumulado de los cuatro años, no se detectó efecto significativo de los tratamientos (Figura 86). Para los dos primeros años fue suficiente la dosis más baja (9 g/planta). En esta localidad el fósforo disponible en el suelo se incrementó conforme a las dosis, siendo más altos los niveles cuando el fertilizante se aplicó en forma localizada y localizada-superficial.

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®, 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. En esta vigencia se

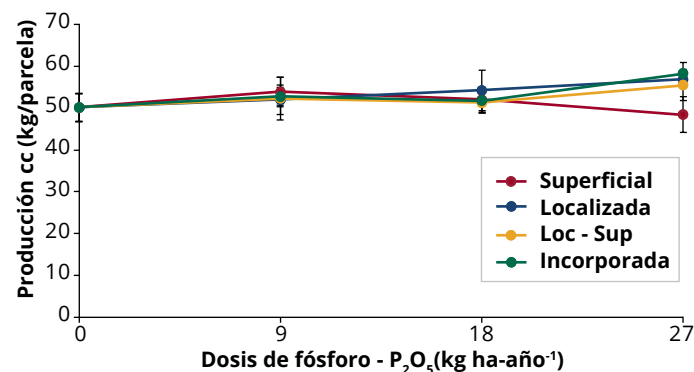


Figura 86. Producción acumulada de café cereza (cc), obtenida en respuesta a dosis de fósforo, en la Estación Experimental El Tambo durante los años 2019 a 2024. Las barras indican el error estándar.

suspendió la medición diaria del potencial mátrico del suelo, debido a que los equipos sufrieron deterioro y no se justificaba su reemplazo, sumado a que en los registros que se llevaron durante las tres vigencias pasadas, las condiciones deficitarias solo se presentaron en las épocas que preceden a la floración. Se continuó con el registro diario de la lluvia mediante la Plataforma Agroclimática Cafetera y se inició un seguimiento a la lluvia decadiaria como indicador de las necesidades de aplicación de riego, teniendo como referencia los valores históricos de lluvia diaria de los años 2001 a 2022. Con este seguimiento se identificó que las ventanas móviles de lluvia no alcanzaron valores acumulados decadiarios inferiores a los históricos en tres períodos seguidos, por lo cual no fue necesario suplir agua lluvia con riego. No se presenta la producción de café cereza por parcela, ya que la diferencias en producción no pueden atribuirse a una respuesta a la aplicación de riego.

Evaluación del efecto del yeso en la producción de café en suelos ácidos. SUE104039

La alternativa más común para corregir la acidez del suelo es el encalado; sin embargo, la acción de esta práctica por lo general alcanza solamente la capa más superficial del suelo. Mediante el uso de yeso (sulfato de calcio di-hidratado) es posible neutralizar aluminio intercambiable en las capas más profundas. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del yeso, como complemento del encalado, en la producción de café en suelos ácidos. Para esto, en el primer semestre del año 2021 se establecieron campos experimentales con la variedad Cenicafé 1 en las Estaciones Experimentales El Rosario (Antioquia), Paraguaicito (Quindío) y San Antonio (Santander), y en el primer trimestre de 2022 se aplicaron los tratamientos, conformados por cuatro dosis de yeso (1, 2, 3 y 4 t ha⁻¹) y un testigo sin la adición de esta enmienda. Los resultados obtenidos hasta el mes de junio de 2024 no revelan efecto de la aplicación del yeso en la producción de café (Figura 87).

Evaluación del efecto de diferentes proporciones de pulpa de café aplicadas en la siembra sobre la producción de café. SUE104040

Las bondades de la aplicación de pulpa descompuesta en las plantas de café han sido evaluadas en las diferentes etapas del cultivo. Sin embargo, en la siembra, la recomendación de su aplicación se indica para suelos con bajos contenidos de materia orgánica (menor al 6%) sin especificar

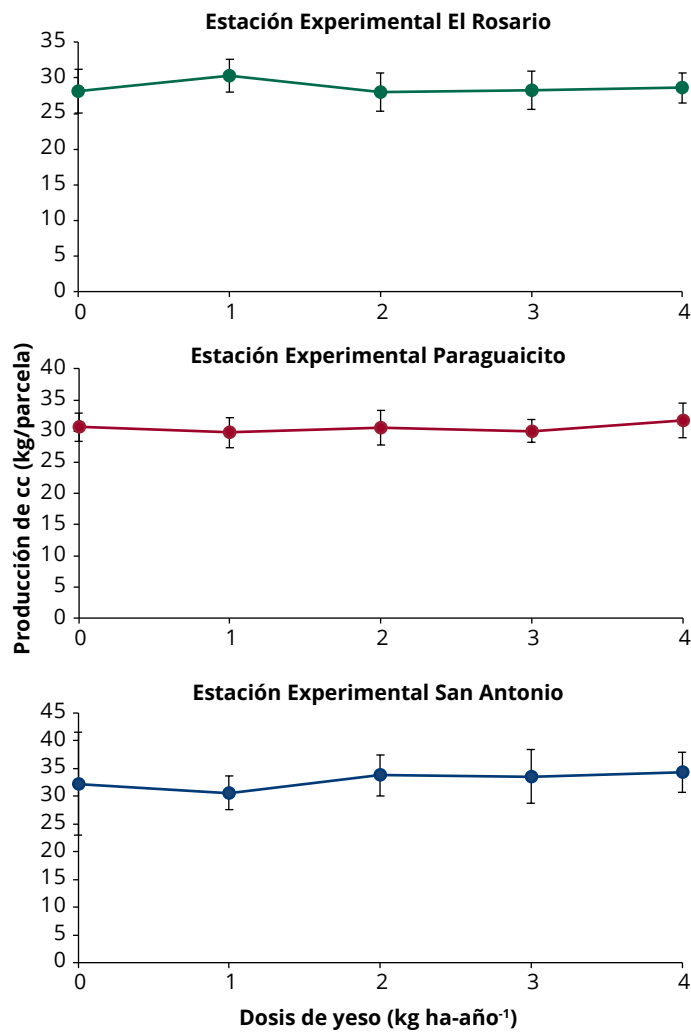


Figura 87. Producción de café cereza (cc), obtenida en respuesta a dosis de yeso, en tres Estaciones Experimentales durante los años 2022 a 2024. Las barras indican el error estándar.

una dosis. Con base en lo anterior, se dio inicio a un proyecto de investigación con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes proporciones de pulpa de café aplicadas en la siembra sobre la producción de café. Los tratamientos consisten en las siguientes seis proporciones de mezcla de suelo:pulpa de café descompuesta: 75%:25%, 80%:20%, 95%:15%, 90%:10%; 95%:5% y 100%:0%. Los campos experimentales se establecieron durante el año 2021 en las Estaciones Experimentales (EE) Paraguaicito, Naranjal, La Trinidad y San Antonio, los cuales, a la fecha, alcanzaron una edad entre 29 y 36 meses de edad. Para este informe se presentan los resultados de la producción de café cereza, obtenida en el año 2023 en Naranjal. En esta localidad se presentó efecto significativo de los tratamientos, al respecto, el promedio obtenido con la aplicación de 25% pulpa de café descompuesta fue 38% mayor que el testigo sin aplicación de este abono orgánico (Figura 88).

Evaluación del efecto de la aplicación de leguminosas como abono verde durante la fase de levante del cultivo del café, en la producción. SUE 104041

Se viene evaluando el efecto de abonos verdes en la producción de café durante los primeros años del ciclo productivo, en las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito y El Tambo. Los tratamientos consistieron en suministrar la biomasa fresca (abono verde) de guandul o tefrosia (3.000 g/planta-año), intercaladas con el café durante 18 meses de crecimiento del cultivo, en combinación con tres niveles de nitrógeno (N) según el análisis de suelos (0%, 50% y 100%). A partir de los 24 meses después de la siembra, el café se fertilizó por igual en todos los tratamientos (sin abonos verdes), con base en las recomendaciones de un análisis de suelos tomado en el mes 22. En Naranjal y Paraguaicito, durante el primer año del ciclo productivo (2023) la producción obtenida con los abonos verdes fue menor con respecto a los tratamientos sin la aplicación de estos abonos, el efecto negativo en producción se relacionó con la sombra que ejercieron estas especies durante el crecimiento del café, sumada a la baja radiación solar generada por el fenómeno de “La Niña” entre agosto-2021 y enero-2023 (Figura 89). Para el primer semestre de 2024, la producción alcanzada con guandul fue mayor que los tratamientos sin abono verde en Naranjal (Figura 90). En El Tambo, donde se evalúa la aplicación de tefrosia, hubo efecto de las dosis de N en la producción registrada hasta junio de 2024, sin presentarse efecto del abono verde (Figura 91).

Estimación del contenido de carbono orgánico del suelo en la zona cafetera colombiana. SUE105003

En abril del año 2024 inició a una investigación para estimar el contenido de carbono orgánico del suelo en la zona cafetera colombiana, con los parámetros estipulados

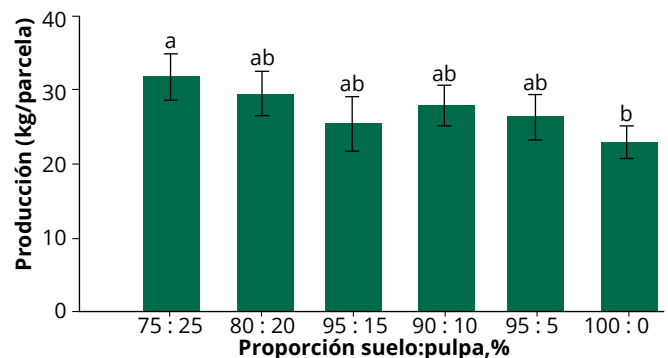


Figura 88. Promedio de producción anual de café cereza en la EE Naranjal. Letras no comunes indican diferencia estadística entre tratamientos, según prueba Tukey al 5%.

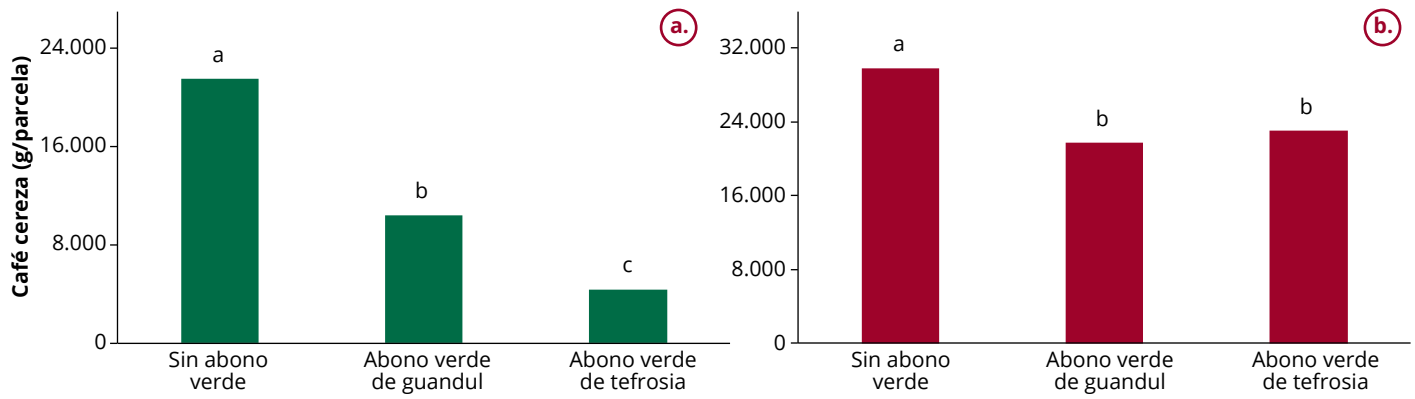


Figura 89. Producción de café cereza en Naranjal (a.) y Paraguaicito (b.), efecto de los tratamientos para el primer año del ciclo productivo. Las barras corresponden a los promedios de los tratamientos con las tres dosis de N evaluadas. Promedios con letras diferentes, indican diferencias estadísticas según prueba Tukey al 5%.

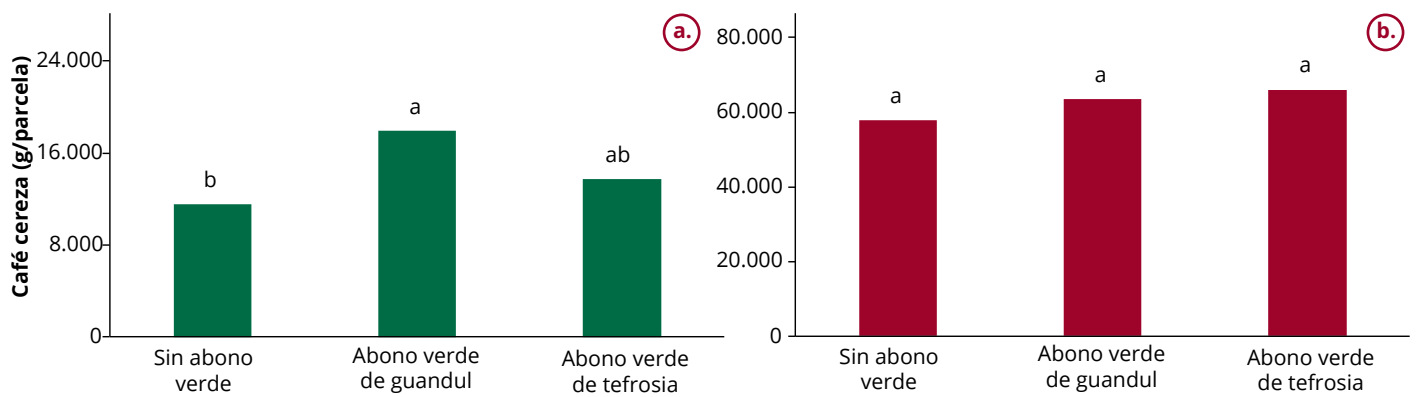


Figura 90. Producción de café cereza en Naranjal (a.) y Paraguaicito (b.), durante el primer semestre del segundo año productivo. Las barras corresponden a los promedios de los tratamientos con las tres dosis de N evaluadas. Promedios con letras diferentes, indican diferencias estadísticas según prueba Tukey al 5%.

por la FAO para un nivel III. En los cuatro años que durará la investigación se tomarán 600 muestras de suelo en lotes plantados en café ubicados en 22 departamentos. En esta vigencia, con la colaboración del Servicio de Extensión, se tomaron muestras de suelo en 34 lotes cafeteros del departamento de Caldas, distribuidos en 23 municipios cafeteros. En cada lote se tomaron cuatro muestras con cilindro de 30 cm de profundidad y 2,0 kg de muestra en bolsa, para su posterior análisis en el laboratorio. Además, con suelos de Naranjal y Paraguaicito, se avanzó en el ajuste metodológico para la cuantificación de carbono orgánico total por el método de calcinación, con una temperatura de 360°C por dos horas, con lo cual se logró una incineración completa del carbono y se garantiza la estabilidad de los minerales, con este método se tuvo un ajuste de valores relativos con el método patrón de oxidación, y se espera llegar a un modelo al aumentar el tipo de suelos y el número de muestras. También se avanzó en la cuantificación del contenido de carbono orgánico total en los diferentes tamaños de las partículas del suelo, y se encontró que las partículas inferiores a 45 µm presentan los mayores

contenidos, mientras que las que se encuentran entre 0,50 y 0,25 mm presentan los menores, lo cual es importante conocer antes de llegar a un método de diferenciación físico entre carbono orgánico asociado y particulado.

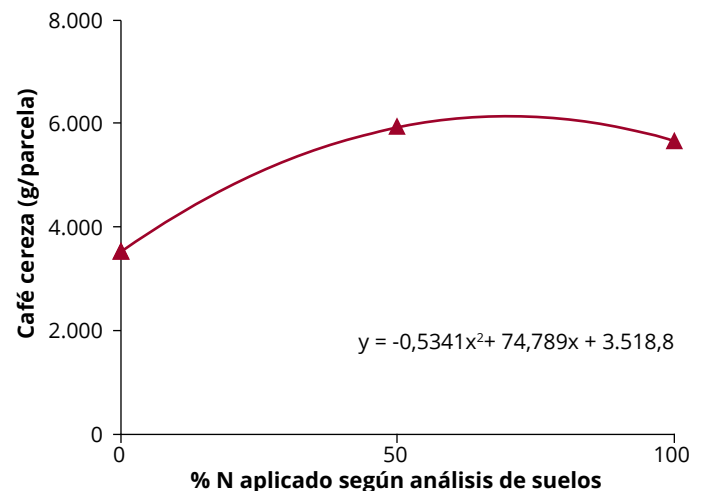


Figura 91. Respuesta del café en producción a la aplicación de N, durante el primer año del ciclo productivo en El Tambo.

Evaluación de alternativas de fertilización para minimizar la pérdida de nutrientes por lixiviación en situaciones de lluvia excesiva. SUE105004

En junio de 2024 se dio inicio a una investigación que tiene como objetivo evaluar alternativas de fertilización para minimizar la pérdida de nutrientes por lixiviación en situaciones de lluvia excesiva. Esta investigación está asociada al proyecto Colombia Agroalimentaria Sostenible, el cual es financiado por el Fondo Verde del Clima y el Gobierno de Colombia. En la vigencia se seleccionaron los lotes experimentales en Naranjal y Paraguaicito para realizar las evaluaciones de lixiviación en el campo en los próximos cuatro años, también se recolectó suelo de la Estación Experimental de Naranjal y se llevó a Cenicafé-Planalto para hacer el montaje de las columnas de lixiviación en tubos de PVC de 10 cm de ancho por 35 cm de profundidad, este montaje consta de 32 tratamientos, conformados por diferentes fuentes, dosis e interacciones, con y sin encalado. Al cierre de la vigencia se tienen las columnas de suelo saturadas con agua por capilaridad y las de que requieren de cal en proceso de estabilización, para la aplicación de los tratamientos en los próximos días.

Estimación del contenido y las fracciones del carbono orgánico del suelo, y sus variaciones ante la variabilidad climática. SUE105006

El secuestro del carbono orgánico del suelo en tierras agrícolas constituye una de las soluciones basadas en la naturaleza más efectivas para la mitigación y adaptación al cambio climático. Esta captura puede afectarse por las propiedades del suelo, el clima y las especies vegetales presentes en el sistema. Esta investigación, asociada al proyecto Colombia Agroalimentaria Sostenible y financiado por el Fondo Verde del Clima y el Gobierno Nacional, tiene como objetivo estimar el contenido y las fracciones del carbono orgánico del suelo, y sus variaciones ante la variabilidad climática. Para la vigencia se empleó la

información histórica de los resultados del análisis de suelos (344.652 registros) para diagnosticar el contenido total del carbono orgánico del suelo de 22 departamentos y 459 municipios de la zona cafetera de Colombia.

Modelación del balance de nutrientes en los sistemas de producción de café ante la variabilidad climática. SUE105007

La diferencia entre las cantidades de nutrientes que ingresan al sistema y las que salen se conoce como balance de nutrientes. Esta investigación, enmarcada en el proyecto Colombia Agroalimentaria Sostenible y financiado por el Fondo Verde del Clima y el Gobierno Nacional, tiene como objetivo modelar el balance de nutrientes en los sistemas de producción de café ante la variabilidad climática. Durante este período se midió la biomasa seca de café en tres Estaciones Experimentales. En El Tambo se obtuvo la información para la etapa de almácigo y plantas de 1, 2, 3 y 4 años de edad, y en Naranjal y El Rosario se determinó la biomasa en el almácigo y plantas que tenían 1 y 4 años. Adicionalmente, en Naranjal se determinó la materia seca de un ciclo de frijol y maíz. Las plantas del almácigo, desarrolladas bajo condiciones de Naranjal, tuvieron una mayor biomasa que El Rosario y El Tambo (Figura 92). La materia seca de las hojas de estas plantas representó más del 50% de la materia seca total; siendo relativamente similares los pesos del tallo y las raíces. La biomasa de café a los 12 y 48 meses, registrada en las Estaciones Experimentales Naranjal y El Rosario, fue mayor que en El Tambo (Figura 93). Las raíces representaron entre 11% y 16% de la biomasa total, el tallo entre 16% y 27%, las ramas primarias entre 12% y 16%, las ramas secundarias entre 0% y 4%, las hojas de las ramas primarias entre 5% y 47%, las hojas de las ramas secundarias entre 6% y 8% y las hojas caídas entre 7% y 31%. La biomasa de maíz se estimó en 20,6 t ha⁻¹, distribuida así: raíces 5,5%, tallo 26%, hojas 19,5%, tusa 7,5%, capacho 8,2% y semillas 33,2%. La materia seca de frijol fue de 6,4 t ha⁻¹, distribuida así: raíces 4,5%, tallo y ramas 25,9%, hojas, 44,6%, vainas sin semilla 16,3% y semillas 42,3%.

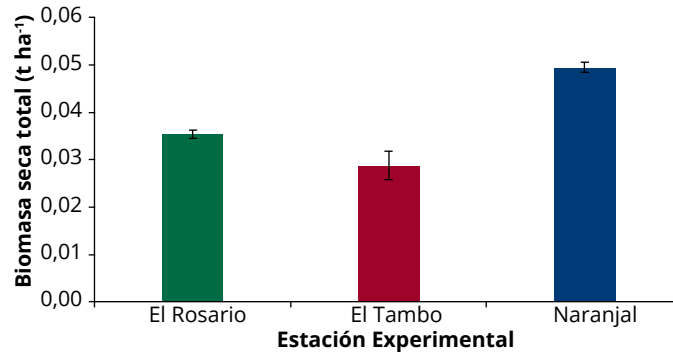


Figura 92. Biomasa seca total de plantas de café al finalizar la etapa de almácigo, evaluada en tres Estaciones Experimentales (EE) de Cenicafé. Estimación realizada para una densidad de 7.140 plantas/ha. Las barras indican el error estándar.

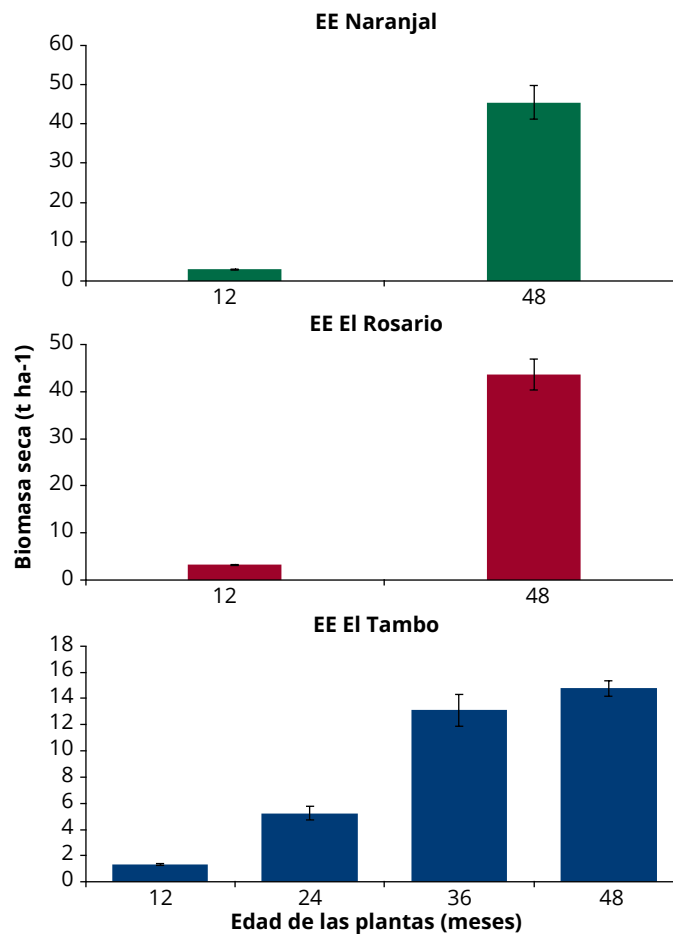


Figura 93. Biomasa seca total de plantas de café con diferentes edades, evaluada en tres Estaciones Experimentales (EE) de Cenicafé. Estimación realizada para una densidad de 7.140 plantas/ha. Las barras indican el error estándar.



Disciplinas de apoyo
a la investigación





Divulgación y Transferencia

Dentro de las actividades desarrolladas por la Disciplina de Divulgación debe destacarse el cambio de imagen de Cenicafé, para lo cual fue necesario realizar un estudio riguroso de la imagen que abarcaba los 86 años de Cenicafé, así como el desarrollo del manual de uso de marca y la estrategia de comunicación de la nueva marca. Durante la vigencia del 1° de octubre de 2023 al 30 de septiembre de 2024 la Disciplina de Divulgación realizó las siguientes publicaciones y actividades:

Publicaciones:

- Avances Técnicos del No. 555 al 564.
- La Revista Cenicafé Volumen 74 No.2 de 2023 con 6 artículos científicos y Volumen 75 No. 1 de 2024 con 7 artículos.
- Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 98 al 109.
- Boletines Fitosanitarios de la Caficultura Colombiana No 5 al 8.
- Informe Anual de Cenicafé del año 2023.
- El libro Indicadores e índices de la calidad físico-química del agua en microcuencas cafeteras.
- Los Boletines técnicos: No .48. Rearing Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei*, and its parasitoid *Phymastichus coffea*, the

Togolese wasp, in natural and artificial diets y el No. 49 Construya y opere una biocama para el manejo y tratamiento de las aguas contaminadas con agroquímicos.

Participación en Ferias

Durante el 2024 Cenicafé participó en la Feria del Café del Nororiente Colombiano en Bucaramanga del 9 al 11 de mayo -la Feria de cafés especiales del Cauca en Popayán el 15 al 17 de Agosto, -Feria Expoeje 2024 realizada en Montenegro, Quindío del 5 al 7 de septiembre, y la Feria de Cafés de Colombia Expo 2024, realizada en Bogotá, del 2 al 5 de octubre, a la cual asistieron más de **28.000** visitantes y donde la Gerencia Técnica de la FNC (Cenicafé y el Servicio de Extensión) participaron con un espacio donde hablaron sobre bioeconomía circular de los subproductos del beneficio de café y la mosca soldado negra.

Visitas

Durante la vigencia se recibieron 4.796 visitantes en 137 actividades presenciales,

de las cuales se pueden resaltar las visitas de caficultores y del gremio. En este año más de **2.000 caficultores y líderes cafeteros** de los departamentos de Antioquia, Huila, Tolima, Cundinamarca, Cauca, Santander, Caldas, Risaralda, Quindío y Valle visitaron las instalaciones del Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé y la Estación Experimental Naranjal, en el marco de las giras de Institucionalidad Cafetera.

Distribución de publicaciones y redes sociales de Cenicafé

www.cenicafé.org y agroclima.cenicafe.org

La página de Cenicafé tuvo **2.900.000** eventos o interacciones con las publicaciones. El 64,4% de las personas que consultaron la página son de Colombia, el 4,6% de Estados Unidos, el 4,3% de México, 4,2% de Nicaragua y 4,1% de Perú. Con respecto a la página Agroclima.Cenicafé.org tuvo **168.000** eventos o interacciones con las publicaciones. El 90% de las personas que consultaron la página son de Colombia, el 3,9% de Estados Unidos, el 0,9% de Alemania e Indonesia, 0,7% de Chile y el 0,6% de Francia.

Youtube

Se realizaron 35 **Seminarios Científicos presenciales y con transmisión virtual y conferencias técnicas**. Se publicaron 20 videos de **Un Minuto de Avance Cenicafé, Cafetips y Cenicafé Conciencia**, y se hicieron 5 **transmisiones nacionales de la Gerencia Técnica para el Servicio de Extensión de la FNC**, con 7.630 seguidores y **1.300.000** impresiones, de las cuales el 45% son de las transmisiones en vivo, 34,7% de los videos y 20,2% de los Tips. A través del canal de YouTube Cenicafé cuenta con 55,4% de consultas en Colombia, 4,0% provenientes de Perú, 2,1% de México, 0,5% de Venezuela y 0,3% de Ecuador.

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 7.463 seguidores y **93.356** visualizaciones de las publicaciones. Instagram (Cenicafe) tiene 12.000 seguidores y **121.597** visualizaciones de las publicaciones.

La cuenta de Facebook (Cenicafe FNC) cuenta con 17.000 seguidores y **2.389.942** visualizaciones de las publicaciones durante la vigencia del informe.

Durante este período Cenicafé abrió sus cuentas en TikTok con 982 seguidores y **26.012** visualizaciones de los contenidos, así como la cuenta en LinkedIn con 2.000 seguidores y **47.895** impresiones.

Correos electrónicos

En el 2023 se enviaron aproximadamente **287.000** correos electrónicos motivando el ingreso a las diferentes secciones del portal, esto se hizo mediante el volante Tome Nota a los suscriptores del portal; también se enviaron correos a los extensionistas invitándolos a participar en los seminarios científicos.

Distribución física

En cuanto a la distribución física de publicaciones se entregaron 14.936 ejemplares (Cartilla plan 2000, Avances Técnicos No. 544 al 549, 551 y 554 y libros de: Filtros verdes, Informe anual, Insectos visitantes florales, colección Colombiana de café y Bioeconomía circular), dichas publicaciones fueron entregadas entre los Comités de Cafeteros, caficultores y demás colaboradores de la FNC. Durante el período octubre 2023 y septiembre 2024 Cenicafé tuvo más de **7.348.738 de visualizaciones** de sus publicaciones a través de las páginas web, redes sociales, correos electrónicos y entrega física de las publicaciones (Figura 94).

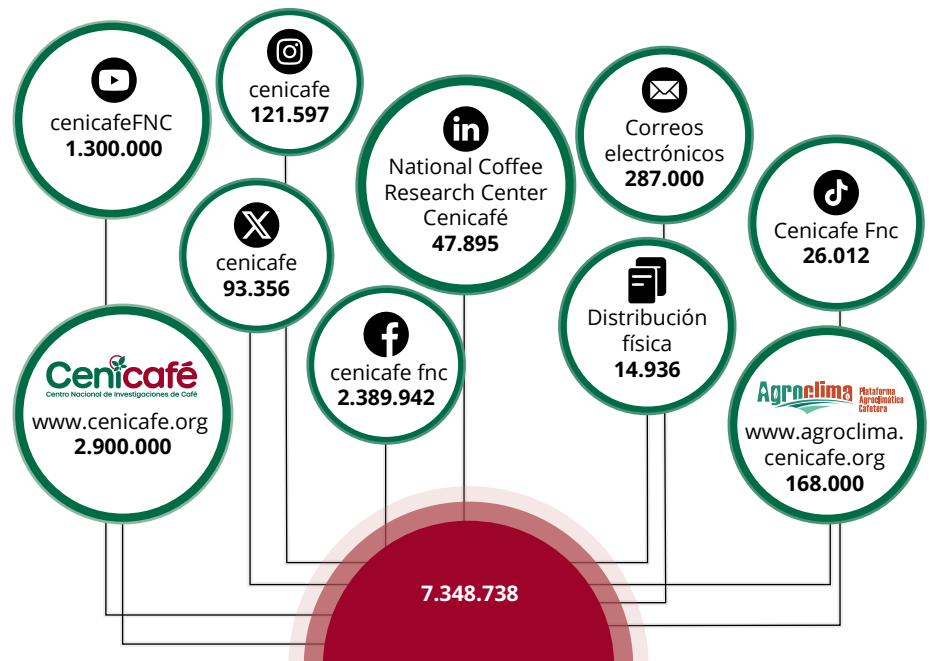


Figura 94. Visualizaciones de las publicaciones de Cenicafé en redes sociales y portales.



En la Disciplina de TIC de Cenicafé, en sus respectivos grupos de trabajo, a lo largo del año 2024, en los Sistemas de Información, se realizó la migración de la plataforma agroclimática (agroclima.cenicafe.org) a una nueva versión del gestor de contenido Liferay, con el fin de tener una infraestructura web con mayor seguridad informática y más actualizada. Además, se finalizó la migración del SIGA con su respectiva capacitación a los investigadores del Centro, con el fin de que existiera retroalimentación (Figura 95). Con respecto a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se continuó con el procesamiento de datos geográficos, la administración de ArcGIS Server y el desarrollo de cartografía para las investigaciones, la Gerencia Técnica y la Dirección de Cenicafé.

Respecto a la infraestructura, se han gestionado múltiples máquinas virtuales (VM), garantizando la escalabilidad y el uso eficiente de los servidores físicos. Se ha mantenido y mejorado la red LAN para garantizar una conectividad confiable y segura en todas las instalaciones de Cenicafé. Además, se implementó una arquitectura de red con Alta Disponibilidad (HA) con un switch de CORE redundante, garantizando fiabilidad, eficiencia y seguridad de la red en la organización. También se adoptó y mantuvo Docker

como solución para la implementación y gestión de aplicaciones. Esto ha permitido una mayor flexibilidad en el despliegue de servicios. La seguridad informática ha sido un pilar fundamental en la gestión de la infraestructura tecnológica. A su vez, se desarrollaron e implementaron nuevas políticas de seguridad para enfrentar las crecientes amenazas cibernéticas.

El Centro de Documentación y Biblioteca Alberto Machado Sierra ha avanzado en su proyecto de modernización tecnológica. Este año, un aporte fundamental ha sido la actualización y los nuevos desarrollos de la plataforma de publicaciones (publicaciones.cenicafe.org), no solo para Cenicafé, sino también para la Institucionalidad Cafetera, con el objetivo de dar visibilidad a todo el contenido generado por la Federación (Figura 96).



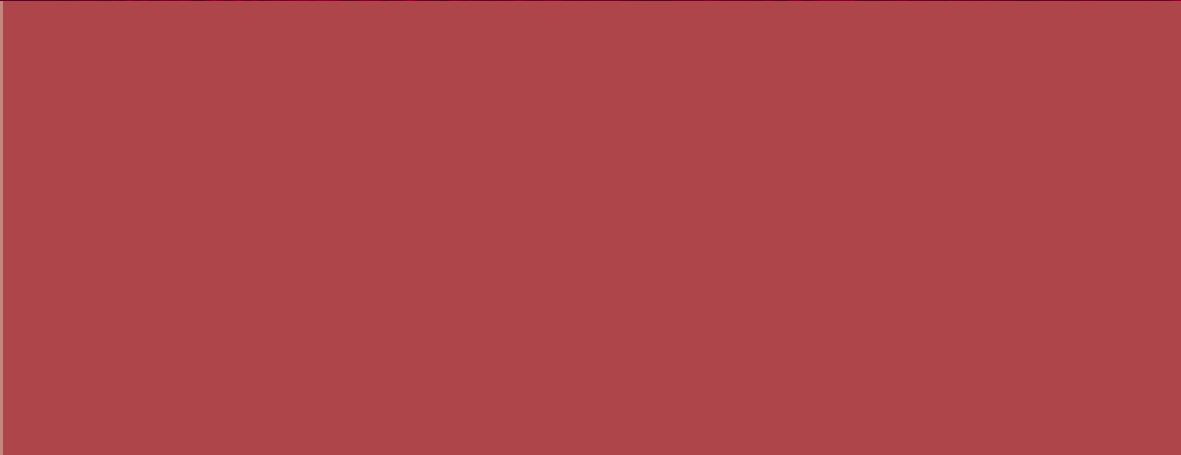
Figura 95. Interfaz del Sistema de Información - SIGA.



Figura 96. Publicaciones en el portal publicaciones.cenicafe.org.



Recursos humanos
y financieros





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 2024 asciende a \$38.915 millones, que corresponden a \$27.003 millones de recursos transferidos por la FNC, \$1.812 millones por aprovechamientos, \$5.300 millones relacionados con la entrega de semilla de variedades mejoradas de café a los Comités Departamentales de Cafeteros y \$4.800 millones por concepto de convenios de cofinanciación con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales (Figura 97).

Los costos de nómina fija son los que mayor participación tienen en el presupuesto de Cenicafé (Figura 98), con un 41% del total. El presupuesto aprobado para convenios de cofinanciación, representan el 12% y solo pueden ser ejecutados en las actividades de investigación acordadas con los aportantes.

El presupuesto de convenios de cofinanciación para 2024 asciende a \$4.800 millones, de los cuales \$2.768 millones corresponden a 11 convenios que han estado vigentes durante el año y \$2.032 millones a proyectos que se encuentran en proceso de formulación y gestión (Tabla 36).

En cuanto al talento humano, al cierre del período, se contaba con 192 colaboradores, el 63% hombres y 37% mujeres. El 55% de los colaboradores cuenta con formación superior y de éstos, el 69% tiene formación de posgrado, de los cuales 19 profesionales tienen

doctorado, 32 maestría y 22 especialización (Figura 99).

Durante este período, el Centro brindó apoyo en tiempo y recursos para que diez colaboradores continuaran con sus estudios de doctorado, maestrías y especializaciones. Adicionalmente, se realizaron 61 capacitaciones, sin incluir los seminarios científicos.

En este período, se realizaron campañas de impacto, tales como:

- **Voluntariado Institucional.** 50 colaboradores contribuyeron al mejoramiento de las instalaciones de la Escuela Alto del Zarzo – Vereda Hoyo Frío, donde fueron beneficiados 48 niños.
- **El tesoro del café en Cenicafé.** Alrededor de 70 hijos de trabajadores sembraron árboles y disfrutaron del mundo del café y la investigación.
- **Celebración 85 años de Cenicafé y cierre de año.** En diciembre del 2023,

150 trabajadores tuvieron la oportunidad de celebrar en el Parque del Café, los 85 años de Cenicafé.

- **Voluntariado Institucional.** En mayo, en la Estación Experimental Naranjal, los empleados sembraron, fertilizaron y recolectaron café y sembraron 75 especies nativas.
- **Jornada Saludable.** Cerca de 100 colaboradores participaron en la Jornada de la Salud, con actividades como yoga, rumba terapia, tamizaje visual y de riesgo cardiovascular y se promovieron los espacios deportivos.
- **Campaña empoderamiento.** Con fotografías de hijos de los trabajadores, se desarrolló la campaña “Por ti y por los que te esperan en casa” sobre medidas de seguridad en las labores.

En este período se tramitaron 1.992 órdenes de compra, por valor de \$17 mil millones, correspondientes a negociaciones con 415 proveedores. En materia de gestión de contratos, se radicaron 59 procesos contractuales.

Se realizó la evaluación a 173 proveedores que en 2023 suministraron bienes o servicios de alto impacto para los procesos, obteniendo una calificación promedio de 4,83. El 99,5% de los proveedores evaluados está dentro del rango de confiables y altamente confiables.

Se gestionó la actualización de documentos legales de los proveedores y se realizó la gestión de consulta al área de Gestión del Riesgo en Oficina Central de 1.517 proveedores y sus representantes legales en las Listas Públicas de Control.

Se realizó la verificación de los activos, la actualización de los

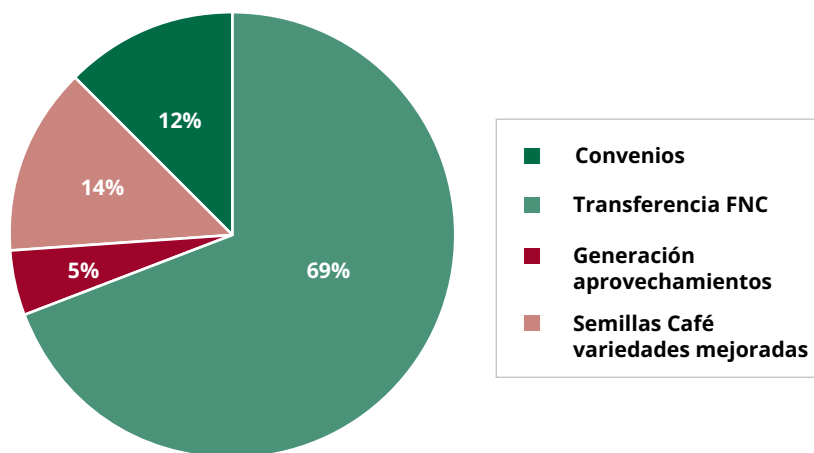


Figura 97. Composición del presupuesto total de Cenicafé 2024.

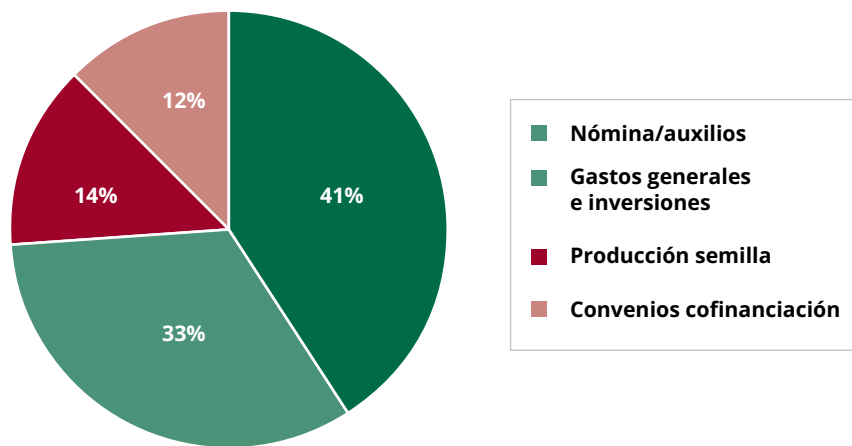


Figura 98. Presupuesto recursos propios por concepto.

Tabla 36. Convenios Nacionales e Internacionales

Entidades Nacionales	Convenios	Millones \$	% Total
BAYER S.A.	2	83	1,7%
GOWAN	1	84	1,7%
CIAT	2	1.663	34,7%
Convenios nacionales	5	1.830	38%
Entidades Internacionales	Convenios	Millones \$	% Total
USDA	2	462	9,6%
SYNGENTA	2	41	0,9%
ANGLO AMERICAN WOODS	1	213	4,4%
LESPROJEKT SLUZBY SR	1	221	4,6%
EN FORMULACIÓN/GESTIÓN		2.032	42,3%
Convenios internacionales	6	2.970	62%
Total	11	4.800	100%

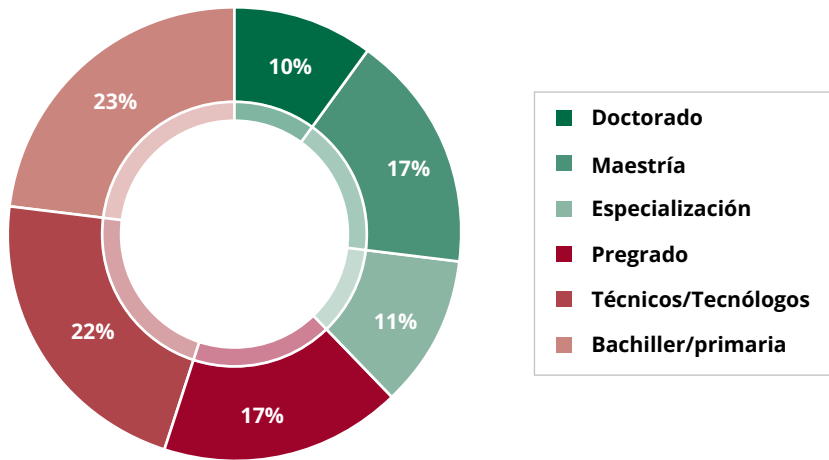


Figura 99. Formación personal nómina.

registros y la verificación del inventario. A septiembre 30, Cenicafé cuenta con 4.937 activos tangibles, adquiridos con recursos propios y de convenios, de los cuales se logró inventariar el 86%.

El área de mantenimiento gestionó el mantenimiento oportuno de los equipos, parque automotor, red climática e infraestructura.

Se realizó el mantenimiento de los inmuebles, entre ellos:

- Obra civil para la estabilidad de vía Granja-Cenicafé.
- Adecuación a los intercambiadores de calor de silos en Beneficiadero de Semilla.

- Adecuaciones eléctricas e iluminación en Estaciones Experimentales La Trinidad, El Rosario, Naranjal y La Catalina.
- Adecuación del centro de comunicaciones del Edificio 1.
- Sistema de bombeo de café lavado en estación La Catalina.
- Adecuación del techo de la edificación de empaque de semilla.

Dentro del proceso efectuar la gestión metrológica, en la Tabla 37 se registra el total de equipos a los que se les realizó mantenimiento, así como los instrumentos de medición y equipos críticos.

Para garantizar el adecuado funcionamiento de las estaciones meteorológicas y la metrología de los instrumentos de medición, se realizaron 435 visitas técnicas y se desmontaron 11 estaciones meteorológicas automáticas y 11 convencionales.

Tabla 37. Cantidades y costos mantenimientos.

Objeto	Mantenimientos internos	Mantenimientos externos	Costo Mill. \$
Infraestructura	366	145	546,9
Equipos	464	692	704,5
Vehículos	110	318	274,9
Total	940	1.155	1.526

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.
Wílmor 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.
Jeison Alexander Hoyos G., Técnico en Informática

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., Ph.D. en Ingeniería
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
Paola Andrea Calderón T., Tecnóloga en Producción Agropecuaria Ecológica

Wilson Vargas L.
Víctor Manuel Castañeda G.
María Lucila Cardona G., Pasante

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.
Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.
Luis Miguel Constantino C., Biólogo, M.Sc.
Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo
Claudia Patricia Martínez D., Bacterióloga
Luis Eduardo Escobar S., Agrónomo
Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café
Carlos Sebastián Quimbayo D., Biólogo
Carlos Alberto Quintero A.
Claudia Bibiana Tabares B.
Fáber de Los Ríos P.
José Robín García C.

Gloria Patricia Naranjo E.
Ramón Antonio Montoya C.
Paula Andrea Figueroa V., Pasante
David Mauricio Guzmán J., Pasante
Sergio Rodríguez A, Pasante

Fisiología Vegetal

Tatiana María Saldaña V., Ing. Agrónomo, 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
Mario Franco A.

Fitopatología

Marco Aurelio Cristancho A., Microbiología, Ph.D.
Rosa Lilia Ferrucho, Ing. Agrónoma, Ph.D.
Gustavo Adolfo Marín R., Ing. Agrónomo, M.Sc.
Carlos Alberto Zuluaga E., Técnico en Mantenimiento de Computadores y Redes de Datos
José Didier Bermúdez G., Tecnólogo en Producción Agropecuaria
Sergio Alejandro Valencia A., Tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias
Yoni Alejandro González A. Técnico Producción de Cafés Especiales
José Gilmar Carmona V.
Jesús David Ortiz M., Pasante
Lians An Yibeth González G., Aprendiz

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.
Valentina Cruz O., Pasante

Mejoramiento Genético

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Diana María Molina V., Bacterióloga, Ph.D.
Carmenza E. Góngora B., Microbióloga, Ph.D.
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
Sandra Patricia Velarde M., Tecnóloga en Procesamiento de Alimentos
Omar Villarreal
Diana Marcela Giraldo V.
Nicolás Duque S., 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.
Álvaro Guerrero A., Ing. Electrónico/Electricista, M.Sc.
Eduardo Duque D., Ing. Mecánico, Ph.D. en Tecnologías Sostenibles
Laura Vanessa Quintero Y., Ing. Química, M.Sc.
Juan Carlos Vargas R., Arquitecto
Carol Vanessa Osorio V., Ing. de Alimentos*
Willy Fernando Rojas B. Ing. Agroindustrial*
Cristian Camilo Arboleda O., Biólogo
José Miguel Ospina T., Tecnólogo en Producción Agropecuaria Ecológica
Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
Jorge Alexander Londoño C., Técnico en Soldadura
Juan Carlos Ortiz F.
Samuel Osbaldo López G.
Cristian David Rendón L.
Samuel Castañeda
Jaylith Melissa Valencia Q., Aprendiz
Camila Buitrago Z. Pasante
María Camila Quiroz S. Pasante
Ricardo López B., Pasante

Suelos

Sivavosh 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.
Diana Lisseth Manrique L., Química
Karen Daniela Murillo S., Técnico en Producción de Cafés Especiales
Eliana Gómez A., Tecnóloga Química
Juan Manuel Rendón R., Tecnólogo Químico
Jaroliver Cardona G.
Ange Camila Rodríguez R., Pasante
Jhon Alexis Henao C., Pasante

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.
José Gerónimo Londoño L., Aprendiz

Estación Experimental El Tambo

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

Estación Experimental El Rosario

León Darío Caicedo R., Agrónomo, Esp.

Estación Experimental La Catalina

Héctor Flabio Álvarez A., Ing. Agrónomo

Estación Experimental La Trinidad

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Estación Experimental Paraguaito

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.

APOYO A LA INVESTIGACIÓN

Divulgación y Transferencia

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónoma, Esp., M.Sc.
Jair Montoya T., Administrador de Empresas, M.Sc.
Carmenza Bacca R., Diseñadora Visual
Óscar Jaime Loaiza E., Diseñador Visual
Luz Adriana Álvarez M., Diseñadora Visual
Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero
Manuela Davila P., Pasante
Oriana Villar, Pasante
Alejandra Velásquez M., Comunicadora Social y Periodista

Tecnología de la Información y Comunicaciones

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico
Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.
Juan Camilo Espinosa O., Ing. Topográfico, M.Sc.
Miguel Alfonso Castiblanco C., Bibliotecólogo/Ing. de Sistemas, Esp., M.Sc.

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.
Miguel Ángel Salamanca Q., Ingeniero de sistemas
Paula Andrea García M., Ingeniera Ambiental, Esp.
Jennifer Largacha M., 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
Kelly Johanna Agudelo G., Administradora de Empresas
Ana María Giraldo B., Abogada
Nancy Elena Pérez M., Contador

Gestión Contable

Jorge Eduardo Dávila M., Contador Público, Esp.
Jesús Danilo González O., Contador, Esp.
Daniela López O., Contadora, Esp.

Gestión de Bienes y Servicios – Compras y Contratación

Ángela Jaramillo G., Prof. en Comercio Internacional, Esp.
Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial
Lina María Giraldo, Administrador Financiero
Lina María Buitrago A., Administrador de Empresas
Santiago Benjumea V. Ing. Industrial
Camilo Ramírez M., Administración 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
Angie Paola Zapata C., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios – Mantenimiento

Paulo Alejandro Arias C., Ing. Electricista, Esp.
María Alejandra López R., Ing. Mecatrónica, Esp.
Jonatan Gómez S., Ing. Electrónico
José Gildardo Aguirre O., Ing. Industrial
Robinson Guzmán G., Técnico Electricista
Jorge Hernán Marulanda E., Tecnólogo en Electrónica
Gabriel Hernando Ortiz C., Tecnólogo en Gestión Bancaria y
Financiera
Oscar Alejandro Buitrago C., Tecnólogo en Electricidad Industrial
Jorge Antonio Arias A., Técnico en Producción de Café
Albert Johane Agudelo L., Tecnólogo en Electrónica - Técnico en
Instalaciones de Redes Internas
Luis Fernando Pérez L., Técnico en Plantas Industriales

José Alexander Marín A., Técnico en Administración de la Producción de Café

Steven Saldarriaga V. Técnico en Informática

Freddy Alexander Sánchez O.

Uriel López P.

Fredy Hernán Osorio C.

Jhon Fredy Rojo G.

Ferney Cifuentes R.

Amy Buitrago S., Aprendiz

Eduardo Alfonso Ramírez G., Pasante

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

Luisa Fernanda Murcia P., Pasante

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, Esp.

Leydi Tatiana Rincón R., Administración de Empresas, Esp.

Carolina Herrera A., Administración de Empresas, Esp.*

* Personal adscrito a la nómina variable del Comité de Huila, quienes desarrollan actividades de investigación y apoyo en los Proyectos de Regalías bajo el direccionamiento de Cenicafé.


Cenicafé
Centro Nacional de Investigaciones de Café



www.cenicafe.org