

Informe anual

2023



Informe anual

2023





Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

COMITÉ NACIONAL

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Ricardo Bonilla González

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Jhenifer Mojica Flórez

Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Germán Umaña Mendoza

Director del Departamento Nacional de Planeación
Jorge Iván González

Representante del Gobierno en Asuntos Cafeteros
Jimena Velasco Chaves

Representantes Gremiales

Período 1º enero/2023 - 31 diciembre/2026

Jorge Alberto Posada Saldarriaga (Antioquia)

José Alirio Barreto Buitrago (Boyacá)

Eugenio Vélez Uribe (Caldas)

Daniilo Reinaldo Vivas Ramos (Cauca)

Juan Camilo Villazón Tafur (Cesar-Guajira)

Javier Bohórquez Bohórquez (Cundinamarca)

Ruber Bustos 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

Juan Camilo Becerra Botero

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 10.38141/10783/2023

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
2023

Comité Editorial Cenicafé

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.

Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

José Ricardo Acuña Z.

Ph.D. Biólogo. Fisiología Vegetal, Cenicafé

Diana María Molina 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

Manuela Scalzo S.

Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías

Página 17, Ninibeth Gibelli Sarmiento H.

Página 121, www.freepik.es - @master1305

Archivo Cenicafé

Impreso por

Cómo Citar:

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2023). Informe Anual Cenicafé 2023. <https://doi.org/10.38141/10783/2023>

CONTENIDO



RESUMEN EJECUTIVO

5



DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

15

Agroclimatología	17	Entomología	40
Biometría	25	Experimentación	51
Calidad	27	Fisiología Vegetal	53
Economía Agrícola	36	Fitopatología	65
		Fitotecnia	72
		Mejoramiento Genético	81
		Poscosecha	97
		Suelos	110



DISCIPLINAS DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN

117

Divulgación y Transferencia	119
Tecnología de Información y Comunicaciones	121



RECURSOS HUMANOS Y FINANCIEROS

123



RESUMEN

EJECUTIVO





Centro Nacional de Investigaciones de Café

Ciencia e Innovación científica para el presente y el futuro de la industria cafetera colombiana

Siguiendo con firmeza la directriz del Congreso Cafetero, que resalta la importancia de proporcionar a la caficultura colombiana un Servicio de Investigación Científica y Tecnológica diseñado específicamente para atender las necesidades expresadas desde los Comités Departamentales en la Comisión de Producción, junto con las valiosas contribuciones e ideas innovadoras surgidas de la constante vigilancia tecnológica al interior de la Federación Nacional de Cafeteros, Cenicafé implementó un Plan Operativo en sintonía con los objetivos de la Gerencia General, que se enfocan en la mejora continua de la rentabilidad a través de la calidad de la bebida y la sostenibilidad ambiental de los cultivos, y los de la Gerencia Técnica, que busca aumentar la productividad, optimizar los costos de producción y fomentar una cultura de mayor valor del café basada en su calidad.

Como resultado, en el año 2023, el equipo de colaboradores de Cenicafé llevó a cabo el proceso Desarrollar Investigación Científica, bajo un Sistema de Gestión Integral certificado, con la realización de más de 90 proyectos de investigación. Estos proyectos aportaron soporte técnico e innovación al Servicio de Extensión, que es su principal cliente, y ofrecieron soluciones a diversos desafíos relacionados con la producción y comercialización de café. Esto, a su vez, promovió la adopción de nuevas prácticas desde las fincas, con el objetivo de mejorar las oportunidades de los cultivadores para aumentar sus ingresos y contribuir al fortalecimiento de la producción nacional de café. Siguiendo la estrategia “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad” de la Gerencia Técnica, adelantando un trabajo altamente técnico, priorizando la seguridad y la salud, y enfocándose en la transferencia de resultados, los colaboradores del Centro continúan contribuyendo a la sostenibilidad económica, social y ambiental de la caficultura.

El siguiente es el resumen de los avances más notables durante este año.

Interpretando el efecto del clima en las zonas cafeteras

En los últimos 12 meses estuvieron presentes las tres fases de El Niño Oscilación Sur: La Niña, entre octubre de 2022 y enero de 2023; Neutro,

entre febrero y abril de 2023, y a partir de mayo, es consistente el desarrollo de El Niño. Dando alcance a la previsión de un evento El Niño débil a moderado, en los Boletines Meteorológicos generados mensualmente por Cenicafé se promovieron las acciones de adaptación, relacionadas con el cultivo y sus entornos. De otro lado, con el fin de revisar si las series históricas de lluvia pueden tener continuidad, el análisis comparativo de los datos observados de Estaciones Meteorológicas Convencionales y Automáticas (EMC y EMA) que funcionaron en paralelo entre el 2013 y 2021, indicó que las series de las EMA Cenicafé, La Catalina, Paraguacito, Granja Luker, La Bella, El Rosario, El Pílamó, Ospirma, Arturo Gómez, La Trinidad y Misiones pueden dar continuidad. Así mismo, con el propósito de mejorar la modelación del balance hídrico, el monitoreo de sus componentes permitió definir que las variaciones de la lluvia efectiva a nivel diario se dan desde el 30% para lluvias inferiores a 1 mm, y hasta el 97% para lluvias superiores a 20 mm de lluvia externa; de manera complementaria, al ajustar los parámetros de lluvia efectiva y evapotranspiración en el cálculo del índice de disponibilidad hídrica, se presenta una mejor representación

de la condición real del suelo. En la evaluación de la posible condición de sumidero de carbono de sistemas de producción cafeteros, mediante mediciones con la técnica *Eddy Covariance*, se cuantificó una tasa de captura anual superior a 4 t ha⁻¹ de C en el cuarto año de una zoca de café a libre exposición. Finalmente, como resultado de los proyectos del Sistema General de Regalías, el análisis de caracterización basado en indicadores agroclimáticos permitió discriminar el área cafetera de los departamentos de Cundinamarca y Santander en nueve y cinco zonas agroclimáticas diferentes, respectivamente, lo que facilitará la planificación de acciones para estos Comités Departamentales.

Generando variedades de café de talla mundial

A pesar de completar 30 meses en condición de La Niña, los niveles de infestación de roya en todo el país, determinados en las cuatro mediciones nacionales recientes, de más de 3.000 lotes cada una, indican que la resistencia de las variedades mejoradas sigue siendo efectiva. De manera permanente, el programa de Mejoramiento Genético de Cenicafe continúa con las actividades de conservación de germoplasma y con el proceso de desarrollo, evaluación y selección de poblaciones mejoradas. A la fecha, el programa posee poblaciones en diferente estado de avance generacional, enfocadas en características tales como: aquellas en las que se incorporan genes de resistencia a la roya diferentes a los del Híbrido de Timor 1343 CV2 (177 poblaciones), combinación de la resistencia a la enfermedad de las cerezas del café (CBD) proveniente del Híbrido de Timor y de Rumé Sudán (13 poblaciones), antibiosis a broca (74 poblaciones), e incremento del techo de producción (75 poblaciones). Durante este año se seleccionaron 22 progenies avanzadas por su resistencia a la roya y excelente desempeño agronómico, que además poseen fondos genéticos diferentes a los genotipos componentes de las variedades comerciales actuales. Siete de estas progenies involucran resistencia a la roya, calidad sensorial y productividad proveniente del germoplasma etíope. Las 15 progenies restantes provienen de cruzamientos interespecíficos con la especie *Coffea canephora*. Estas progenies están siendo ingresadas a la Colección de Trabajo, con el objetivo de evaluarlas en un futuro cercano en pruebas de adaptación regional.

Con referencia a las poblaciones mejoradas por su menor oviposición de broca, este año se incluyeron los resultados en un modelo de simulación del desarrollo del insecto plaga bajo un escenario de El Niño, encontrando que una reducción promedio del 32% de estados de broca retarda el crecimiento de la población

hasta dos meses. Esto significaría que durante el período de cosecha la infestación estaría por debajo del nivel de daño económico, con lo cual no sería necesaria la aplicación de control químico. Así mismo, el análisis de los registros históricos de evaluaciones de incidencia del Mal de las Cerezas del Cafeto (CBD) en poblaciones de *Coffea arabica* permitió identificar genotipos resistentes a diferentes aislamientos del patógeno *Colletorichum kahawae*, con potencial para el desarrollo de poblaciones resistentes a esta enfermedad. Con el propósito de proteger la propiedad intelectual de las variedades Cenicafe 1, Castillo® Zona Norte, Centro y Sur, y de variedad Tabi, se hizo la gestión documental ante el ICA para solicitar el correspondiente Registro Nacional de Cultivares, estableciendo las pruebas de Distinguibilidad, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) con las ocho progenies que serán objeto de este registro hasta el año 2026. Igualmente, mediante convenios con las Universidades de Cornell (USA) y de Viçosa (Brasil), se avanzó en la caracterización genómica de las líneas mejoradas desarrolladas en Colombia.

En estos 12 meses se distribuyeron 84,5 toneladas de semilla, cumpliendo el Acuerdo de Nivel de Servicio en un 86%. Entre los Comités que demandaron semilla se destacan Antioquia con 9.898 kg, seguido de Tolima con 9.661 kg, entre otros. Por variedad, el 50% fue de Cenicafe 1 y el 38% de Castillo® Zona Norte, Centro y Sur. Los resultados de las pruebas de Control de Calidad de la semilla en el laboratorio para este año cafetero indican que todos los lotes distribuidos tuvieron un porcentaje promedio de germinación del 89,1% y las pruebas de germinación en arena, arrojaron en promedio el 83,6% para todos los lotes.

Fortaleciendo la sostenibilidad del café mediante el manejo integrado

En el manejo de la broca del café se adelantan siete proyectos de investigación, con el fin de producir parasitoides africanos para el control de esta plaga, con la liberación de tres millones de las avispas *Phymatichus coffea* y *Prorops nasuta*, registrando parasitismos entre 56,3% y 7,7%, respectivamente, y logrando reducciones en infestación en el campo entre 51,1% y 77,5%. Se sigue optimizando un pie de cría en el laboratorio de estos parasitoides sobre sustratos artificiales y se estableció que la temperatura óptima de desarrollo de estas especies es de 25°C. Para el control de broca durante los 35 días de retención de pases en la cosecha de café se identificaron como fuentes de dispersión principal los frutos afectados de la parte aérea de los árboles, y como secundaria los frutos del suelo. Cuando la infestación en el campo supera el 2% y no hay control durante la retención, se registró un daño mayor al

22%, mientras que, con control, aplicando el hongo *Beauveria bassiana* y recolectando frutos del suelo, los niveles de daño son cercanos o menores al 5%. Se inició la validación del manejo del cultivo de café sin el uso de insecticidas químicos, donde este primer año se registraron mortalidades por *Beauveria bassiana* hasta del 93% cuando el producto posee la calidad esperada de concentración, germinación y pureza de inóculo. En esta validación, la infestación por broca en el año 2023 se ha mantenido en los niveles más bajos registrados desde 2012, sin la aplicación de insecticidas de síntesis química.

De otro lado, fueron evaluados híbridos de café entre líneas de Castillo® y E286, los cuales causaron en el campo mortalidades en la broca del 40% y reducciones de hasta 70% en la población de adultos, mostrando además características agronómicas sobresalientes por la expresión de vigor híbrido como lo es la producción acumulada de café, significativamente superior con respecto a los controles comerciales y excelente calidad de taza, con puntajes SCA entre 81,5 y 82,5, de manera que podría iniciarse un proceso de propagación masiva. Finalmente, se continúa la evaluación del silenciamiento de los genes alpha 1 y alpha 2 en café, asociados a los volátiles que atraen a la broca a los frutos, prosiguiendo con la evaluación de la eficiencia de la edición genética en plantas que han germinado de polen modificado.

Con respecto a otras plagas del café, fue evaluado el efecto de las cochinillas de las raíces en la producción del café, hallándose en lotes afectados pérdidas entre el 7% y el 25% de los árboles. Se encontró un 68% de disminución relativa de la producción acumulada de los árboles atacados por la especie *Neochavesia caldasiae*, y una reducción del 25% cuando predominaron las cochinillas enquistadas. En la evaluación de insecticidas de nueva generación para el manejo integrado de estas cochinillas de las raíces, se identificaron los productos dinotefuran y un botánico comercial con eficacias comparables con el testigo comercial tiametoxam. Estos productos muestran potencial en el control de las especies *Puto barberi* y *Dysmicoccus* sp. Finalmente, se identificaron aspectos de la biología del picudo quebrador de las ramas de café *Ecnomorhinus quasimodus*, el cual es una plaga nueva en café en el departamento de Nariño, entre 1.700 y 2.200 m de altitud en el macizo andino. Las hembras ovipositan sobre las ramas de café y las larvas barrenan la médula, debilitando ramas y quebrándose con los frutos. La poda sanitaria controla esta especie disminuyendo la infestación de 26% y 70% a 0,11% y 1,9%, en 12 meses en dos lotes, respectivamente. Este insecto presenta un parasitismo natural de más del 80% por avispa nativa de al menos tres especies. Así mismo, se mantiene y

caracteriza el cepario de hongos de Cenicafé, el cual cuenta con 318 cepas de microorganismos posibles fijadores de fosfato, fitopatógenos y entomopatógenos de los géneros *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Colletotrichum* sp, *Paecilomyces*, *Lecanicillium lecaniij* y *Mycena citricolor*, preservándolos exitosamente en tres medios de cultivo.

Para minimizar el efecto de la roya del cafeto, se continuó con la evaluación de variabilidad patogénica, genética y genómica de aislamientos recolectados en variedades de café susceptibles, resistentes y germoplasma de interés. Nuevos marcadores moleculares de ADN específicos han mostrado potencial para separar grupos genéticos del hongo *Hemileia vastatrix*, sumándose a los previamente evaluados. Un genoma ensamblado y anotado de *H. vastatrix* fue publicado, permitiendo la consulta de un importante recurso de referencia mundial para estudiar la diversidad genética y la evolución de la especie. Teniendo en cuenta las restricciones actuales y futuras para el uso de algunos de ingredientes activos recomendados para el control de la enfermedad motivadas principalmente por el Pacto Verde Europeo, para el control químico de la roya se están evaluando productos comerciales, definiendo estrategias de rotación, número de aplicaciones, intervalos y momentos óptimos de aplicación. Tres investigaciones están en curso, en convenio con compañías privadas, resultando en la recomendación de un producto comercial (Elatus), el cual cuenta con registro ICA para café. Con el ánimo de disponer de herramientas de manejo de CBD en caso de que la enfermedad sea detectada en Colombia, se concluyó el desarrollo de un nuevo método de detección del hongo causante, que puede ser usado en los laboratorios del ICA para la certificación de material vegetal de café que entre al país, y se avanzó en la evaluación del efecto de fungicidas de síntesis química y biológicos sobre aislamientos nativos de *Colletotrichum* spp *in vitro*.

En cuanto al manejo integrado de arvenses, existen opciones de herbicidas seguros, y con menores restricciones para su uso agrícola en el ámbito mundial, que permiten disminuir la dosis de glifosato hasta en 50%, y al mismo tiempo que mejoran la eficacia del control de arvenses en el cultivo del café.

Cultivando café en sistemas de producción resilientes y rentables

En la nutrición del café se corroboró que el suministro de fósforo durante la etapa de establecimiento del café puede incrementar la productividad del cultivo, al menos hasta la segunda cosecha, demostrando que son suficientes 9,0 g/planta de este nutriente,

independiente de la forma de aplicación del fertilizante (superficial, localizada a 5 cm de profundidad o incorporada en el suelo del hoyo). Esta aplicación de fósforo puede mejorar la relación café cereza:café pergamino seco y el factor de rendimiento en trilla. Para condiciones de El Tambo (Cauca), la tefrosia intercalada con el café y aplicada como abono verde, puede abastecer potencialmente el cultivo con el nitrógeno y potasio requeridos durante el primer año de establecimiento; con esta práctica se proporcionan otros nutrientes como azufre (17 kg ha^{-1}) y compuestos con potencial para mantener e incrementar la materia orgánica estable del suelo. Por su parte, en el municipio de Líbano (Tolima), la incorporación de la pulpa de café descompuesta al suelo del hoyo antes de la siembra contribuye al crecimiento de las plantas, siendo suficientes proporciones bajas de este abono orgánico (5% en volumen). El efecto del yeso como complemento del encalado en suelos ácidos fue ratificado para incrementar los niveles de calcio y azufre del suelo en tres localidades; sin embargo, todavía no se ha presentado efecto de esta enmienda en la producción de café un año después de su aplicación.

En el proyecto de evaluación de riego en café bajo sombra, establecido en Los Santos (Santander), se continúa con el monitoreo de la humedad del suelo y las condiciones ambientales para la aplicación de riego por goteo y aspersión. A este respecto, se destaca que en los cuatro años que lleva la investigación no se han aplicado los tratamientos, debido a que la humedad del suelo se ha mantenido en condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.

En cuanto a la emisión etileno en cuatro estados de maduración del fruto de café, se observó un 60% menos de este volátil en los frutos verdes en comparación con los maduros, los cuales mostraron la mayor emisión. Por su parte, el efecto del ácido Salicílico (1mM) como inhibidor de la síntesis de etileno fue evaluado en el laboratorio en los cuatro estados de maduración, observándose una reducción de su producción entre el 9% para frutos verdes, y el 18% en los maduros, concluyendo que en una concentración de 1mM el ácido salicílico mostró una baja inhibición del etileno en los frutos de café. En lo que respecta a la modelación del área foliar para cada una de las 48 líneas avanzadas de las futuras variedades comerciales de café, se obtuvieron los modelos alométricos con base en el largo y/o ancho de la hoja permitiendo estimar el área foliar. Además de encontrar tres tipos de hoja según la forma de la lámina y de la base, estos elementos pueden ser útiles para la identificación de líneas y/o variedades en el campo. Con el fin de mejorar los métodos de transformación genética, se evaluó la segregación del

gen bar a partir de plantas madre (T0) de *C. arabica*. En las progenies de las plantas transformadas con el método de Agrobacterium no se obtuvo ninguna planta positiva para la presencia del gen bar, mientras que en las progenies de las transformadas con el método de polen se observó en la descendencia la segregación del gen bar en una relación 3:1, indicando la inserción potencialmente estable de una sola copia del gen bar.

El registro de las floraciones es una actividad permanente, realizada en las ocho Estaciones Experimentales de Cenicafé, que ha permitido definir los mayores volúmenes de cosecha para el segundo semestre para las regiones norte y centro del país, mientras que la región sur presenta un patrón de cosecha en el primer semestre. En algunos años se presentan floraciones de alta magnitud, lo cual genera incrementos en la carga de frutos a nivel de la planta. Se determinaron las máximas cargas de frutos en cabeza de alfiler en seis árboles, con un promedio de 1.910 frutos/planta. Con el objetivo de definir la densidad de siembra de la variedad Cenicafé 1, hasta la fecha se ha reportado la máxima producción con 10.000 plantas/ha con registros de $650 @ \text{ha}^{-1}$ de cps en un sistema agroforestal establecido en Blonay-Norte Santander, y simultáneamente en Naranjal donde se evalúa el efecto de 14 densidades de siembra con la misma variedad, y se ha identificado el incremento en la producción conforme aumenta la densidad de siembra, alcanzando un acumulado de $1.571 @ \text{ha}^{-1}$ de cps con 10.412 plantas/ha. En el análisis económico de diferentes sistemas de manejo en el cultivo del café, se encontró que la producción acumulada, y por tanto, los ingresos son superiores para el sistema de zoca tradicional, mientras que los sistemas de zoca pulmón y calavera registraron 36% y 22% menos producción, respectivamente. El denominado sistema de safra cero reportó una producción acumulada 57% inferior respecto al referente de zoca tradicional. Los sitios perdidos en los lotes de las podas pulmón y calavera son superiores al 35%, debido a que no es posible realizar resiembras en esos esquemas de manejo del sistema de producción. Para clarificar la densidad de siembra de maíz SGBIOH2 intercalado sobre la producción de café, se determinó que, con 50.000 plantas de maíz por hectárea, se obtienen las máximas producciones de café de 230 kg/parcela de café cereza.

La determinación de la eficiencia técnica y asignativa de caficultores en el departamento de Caldas permitió concluir que los caficultores menos eficientes (<85%), presentaron costos unitarios superiores en 19,6%, y su productividad representó el 55% frente a las cifras obtenidas por los caficultores más eficientes en el período de estudio. La eficiencia técnica de los caficultores fue condicionada por las características

de los sistemas de producción, principalmente densidad de siembra, porcentaje del área establecida con variedades resistentes, porcentaje de área en levante y edad promedio de los árboles. Los recursos destinados a la recolección de café, a la fertilización del cultivo, especialmente en las fuentes de fertilizante utilizadas y en el fraccionamiento en las aplicaciones, y a los gastos administrativos y al manejo de arvenses, influyeron significativamente en la eficiencia asignativa de los productores.

Enfrentado los desafíos de la cosecha y el beneficio del café

Se está terminando la construcción de un beneficiadero sostenible que tiene por objetivo producir café de buena calidad a través de las 7 Prácticas (7P®) de manera responsable con el medio ambiente, incorporando energías renovables y otros conceptos ecológicos. Así mismo, en instalaciones de los Comités de Quindío y Cesar se terminó la construcción de dos beneficiaderos que sirven de modelo para cumplir con las 7P® y con la legislación ambiental. En esta misma línea, fue diseñado un sistema hidromecánico de clasificación y transporte para beneficiaderos de altas producciones, y se trabaja para mejorar la eficiencia en la descomposición de la pulpa, lo que reducirá los requerimientos de áreas para procesar subproductos. También en procesamiento, ante la necesidad de tener un combustible alternativo al cisco de café, fue evaluada una máquina chipeadora para astillar tallos provenientes del zoqueo de café, y se encontraron varias oportunidades de mejora para su uso en la caficultura, en cuando a mano de obra previa requerida, en rendimiento y en la seguridad de los operarios. Finalmente, nuevos materiales para hacer el secado solar más eficiente y económico fueron probados, y se dio un impulso importante a las máquinas que utilizan visión artificial para la selección de frutos y granos.

En cuanto a la estimación de pérdidas económicas en el proceso de beneficio de café, los resultados parciales indican que no realizar ninguna clasificación del café en el proceso de beneficio puede resultar en una reducción del ingreso por carga de café (125 kg) de hasta un 10%. Adicionalmente, una máquina despulpadora descalibrada o en mal estado puede llevar a una pérdida de hasta un 20% de café pergamino seco. Estas prácticas son fundamentales para evitar pérdidas económicas significativas en el beneficio de café.

Elevando la calidad desde la finca hasta la taza

Entre los avances en un tema de gran demanda de la caficultura, como es el caso de los cafés diferenciados, se adelantaron caracterizaciones de dinámicas microbianas durante la fermentación para diferentes ubicaciones, altitudes y variedades, y se utilizó un biorreactor con temperatura controlada, contribuyendo significativamente al conocimiento de esta etapa del beneficio y que permiten avanzar en el concepto de Fermentación Controlada para obtener atributos especiales de manera consistente. En la caracterización de calidad por ecotopos, el 97,8% de las muestras provinieron de variedades resistentes, donde el 64% no presentaron defecto sensorial y los ecotopos 102A y 309A obtuvieron puntajes totales mayores a 86 puntos. También se estudió el grado de madurez del fruto y su comportamiento en procesos poscosecha como la reserva del fruto y la fermentación prolongada. Extender la fermentación del mucílago en 20 horas adicionales al tiempo estimado con el Fermaestro™ en estados de madurez avanzado del

fruto y con temperatura de 20°C, genera defecto fermento con 87,5% de frecuencia.

La calidad del café en los departamentos de Cesar y Quindío fue caracterizada y con esta información se establecieron diferentes estrategias para corregir las prácticas de beneficio, lo que evidenció un mejoramiento en las variables de calidad del café. En el departamento de Cesar se incrementó en un 19% las muestras sin defecto sensorial con respecto a la primera cosecha de evaluación. La técnica NIRS permitió la clasificación del café almendra verde y pergamino, con y sin defecto sensorial, el primero con porcentaje de acierto de 83,5% y el segundo de 93,5%, respectivamente. Estos modelos están disponibles en laboratorios de Almacafé. Con esta misma metodología se está caracterizando espectralmente el café producido en el país, comparándolo con el proveniente de otros países, con el objetivo de desarrollar modelos de predicción que permitan identificar mezclas intra e interespecíficas. Se evaluó el efecto de diferentes empaques y condiciones de almacenamiento para el café almendra verde durante 365 días, encontrándose en Santa Marta, Manizales y Chinchiná el deterioro de la calidad a través del tiempo independiente del empaque. En el páramo de Letras (Caldas) se mantuvo la calidad en el 50% de los empaques al final de la evaluación.

Transformando la caficultura mediante tecnología de información

Continuó el avance en el desarrollo de la nueva versión del Sistema de gestión de proyectos de Cenicafé (SIGA), implementando funcionalidades y módulos, y entrando en fase de prueba por los investigadores. Paralelamente

entró a funcionar el SIQ (Sistema de Información de Calidad Sensorial), que soporta todo el trabajo de registro del Panel de Catación de Cenicafé, y se implementó de nuevo la plataforma agroclimática básica, manteniendo el apoyo a los investigadores del Centro en la elaboración de mapas y procesamiento de información geográfica. Adicionalmente, se ha completado la actualización del segundo anillo de fibra del Edificio 1, que interconecta los centros de cableado de Mantenimiento, Administración y Datacenter a una velocidad de 40 Gbps mediante switches Juniper. También se ha llevado a cabo la adecuación de los centros de cableado de los Edificios 2 y 3 para asegurar que cumplan con las normas y estándares de cableado estructurado más recientes, mejorando de paso la accesibilidad física, disminuyendo la temperatura de operación y aumentando el desempeño de la Red LAN.

Buscando el mejor rendimiento, se ha realizado la migración del servidor Oracle a una versión más reciente de Windows Server y motor de base de datos. Además, se implementó un cambio fundamental en la seguridad de nuestros servidores públicos mediante la adopción de un proxy inverso con Modsecurity y la implementación de un esquema de protección JWT para agroclima.cenicafe.org. Se ha desplegado una plataforma de monitoreo y seguridad utilizando herramientas como Wazuh, Kibana y Elastic Search, lo que permitirá supervisar de manera proactiva la infraestructura, adicionando una capa de seguridad para detectar posibles amenazas, y se continúa fortaleciendo la administración de la infraestructura tecnológica para garantizar un funcionamiento óptimo mediante la gestión y administración de servidores, el mantenimiento de las redes LAN y WIFI, el Firewall, y la implementación de las mejores prácticas en la gestión de TI.

Por su parte, el Centro de Documentación continúa con la ejecución del proyecto de cambio tecnológico de la biblioteca y la generación de mayor visibilidad académica de las publicaciones de Cenicafé con los siguientes resultados: Apoyo en el proceso de renovación de Reconocimiento como Actor de Ciencia a Cenicafé (Resolución 0702 de 2023), propuesta e implementación de CRediT NISO Z39.104-2022 y definición de Tipos de Artículos para la Revista Cenicafé. Igualmente, continúa con la edición y publicación de las Memorias Seminarios Científicos en la plataforma año 2021 (28 Seminarios), 2022 (21 Seminarios), 2023 (21 Seminarios). El nuevo espacio para publicaciones, publicaciones.cenicafe.org, sigue en el proceso de migración de la información a la fecha con 515 publicaciones registradas, digitalización de 293 PDF (OJS y KOHA), 90 solicitudes de información atendidas, 864 chats corporativos atendidos, estudio

y registro de 23 patentes de los años 1981-2022, recepción y registro de donación de 150 libros del Fondo Cultural Cafetero.

En la divulgación de resultados al Servicio de Extensión, se publicaron los Avances Técnicos del No. 543 al 554, la Revista Cenicafé Volumen 73 No.2 de 2022 y Volumen 74 No. 1 de 2023, los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 86 al 97, los Boletines Fitosanitarios de la Caficultura Colombiana No 5 al 8, el Informe Anual de Cenicafé del año 2022, y el Anuario Meteorológico Cafetero 2021. Adicionalmente, se entregaron los libros Informe Anual de Actividades de Cenicafé 2022; Aplicación de la economía circular en el proceso de beneficio de café con cero residuos; Indicadores e índices de la calidad físico-química del agua en microcuencas cafeteras; Los insectos visitantes florales del cultivo del café en Colombia, y la Colección Colombiana de Café: Conservando la diversidad genética para una caficultura sostenible. Se produjeron cuatro afiches con información técnica incluyendo el Calendario de Floración 2023, Arvenses nobles de la zona cafetera, Conozca las abejas del cultivo del café y Componentes de la tecnología filtros verdes.

Durante el 2023 Cenicafé participó en la 4ª Feria de Maquinaria Agrícola – Bucaramanga, en la Feria Cafestival en Concordia, Antioquia del 19 al- 21 de Agosto, la Feria de cafés especiales en Santander de Quilichao (Cauca) del 24 al 26 de Agosto, Feria Expo Tolima del 25 y 26 de agosto, en la Feria Expoeje 2023 realizada en Montenegro, Quindío del 1 al 3 de septiembre, y en la Feria Cafés de Colombia EXPO 2023, del 19 al 22 de Octubre. Adicionalmente, durante la vigencia se recibieron 2.427 visitantes en 80 actividades presenciales, de las cuales se pueden resaltar 50 visitas de caficultores y del gremio, destacándose más de 200 líderes cafeteros líderes cafeteros y niños pilos de Tolima, Huila, Cauca, Risaralda, Antioquia, Norte de Santander, Cesar-Guajira, Cundinamarca, Santander, Magdalena, Boyacá, Caldas, Quindío, Magdalena y Oficinas Coordinadoras, en el marco de las giras de Institucionalidad Cafetera.

Durante la vigencia la página www.cenicafe.org tuvo 970.000 vistas y 2.900.000 interacciones. El 82,6% de las personas que consultaron la página son de Colombia, perteneciendo el resto a México, Perú, Estados Unidos y Venezuela. La página agroclima.cenicafe.org tuvo 314.000 vistas y 939.000 interacciones. En Youtube se realizaron 31 Seminarios Científicos virtuales y conferencias técnicas, se publicó un video de Un Minuto de Avance Cenicafé, 21 Cafetips y Cenicafé Conciencia, y cinco Tutoriales y video de la Reserva Planalto, con 91.000 vistas y 1.025.480 interacciones; 60,6%

de consultas son de Colombia. Como estrategia virtual para la divulgación de las publicaciones, tecnologías y eventos, se utilizaron las cuentas de Twitter de Cenicafé (@Cenicafe), con 6.881 seguidores (aumento del 18,4%) y 185.012 visualizaciones de las publicaciones con aumento del 36,2% con relación al año anterior. Instagram (Cenicafé) con 8.012 seguidores (aumento del 33% con respecto al 2022) y 221.231 visualizaciones de las publicaciones con un aumento del 64,4%. La cuenta de Facebook (Cenicafe FNC) cuenta con 11.382 seguidores con un aumento del 55,1% con relación al año anterior, Facebook tuvo 1.078.165 visualizaciones de las publicaciones durante la vigencia del informe, con un aumento del 10,6% frente al año anterior. Adicionalmente, se enviaron aproximadamente 320.000 correos electrónicos motivando el ingreso a las diferentes secciones del portal, y se entregaron 86.966 ejemplares impresos a Comités de Cafeteros, caficultores y demás colaboradores de la FNC.

Durante el período octubre 2022 y septiembre 2023 Cenicafé tuvo más de 4.200.000 visualizaciones de sus publicaciones a través de las páginas web, redes sociales, correos electrónicos y entrega física de las publicaciones.

Investigando con un soporte logístico competitivo

Para cumplir con su papel de Bien Público de los caficultores, el principal ingreso de Cenicafé es la transferencia que le realiza la Federación de Cafeteros (FNC) para el desarrollo de los proyectos de Investigación y Experimentación Científica. El presupuesto de Cenicafé en el año 2023 ascendió a \$26.014 millones de recursos transferidos por la FNC, \$6.415 millones por aprovechamientos y \$6.000 millones por concepto de convenios de cofinanciación con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales, para un total de \$38.429 millones. Al cierre del período, se contaba con 187 colaboradores, el 62% hombres y 38% mujeres hacen parte de las diferentes Disciplinas de Investigación y Apoyo. El 54% de los colaboradores tiene formación superior y de estos, el 68% tiene formación pos gradual, incluyendo 17 profesionales con PhD, 33 con Maestría y 19 con especialización.

Desde los componentes de Calidad, Ambiental y Seguridad y Salud, se gestionó, coordinó e implementó el plan de capacitación del Centro, con 73 capacitaciones, y donde con el apoyo del COPASST, la Unidad Administrativa y Financiera del Centro, y los Responsables de los Programas ambientales del Sistema de Gestión Integral, se realizaron campañas de impacto, como la jornada de siembra de árboles, la caminata Ecológica por la Reserva Forestal Protectora de Planalto, el Día de campo del Sistema de Gestión Integral y la Campaña de Orden y Aseo, en la que las 12 Disciplinas de Investigación y otras áreas del Centro participaron y contribuyeron en una jornada de embellecimiento.

En este período se tramitaron 1.973 órdenes de compra, por valor de \$14.125 millones, correspondientes a negociaciones con 434 proveedores, y se gestionaron 43 procesos contractuales. También se realizó la evaluación a 172 proveedores y se realizó la verificación de 5.019 activos tangibles, adquiridos con recursos propios y de convenios, de los cuales se logró inventariar el 96,4%. Para apoyar el proceso de Desarrollar Investigación Científica, el área de mantenimiento atendió requerimientos de las disciplinas asegurando

el correcto funcionamiento de equipos e infraestructura. En particular, para garantizar la operatividad de las estaciones meteorológicas y la metrología de los instrumentos de medición utilizados en las mismas, se realizaron 434 visitas técnicas y se desmontaron 23 estaciones meteorológicas automáticas y 21 convencionales.

Desde su establecimiento en 1938, Cenicafé ha sido testigo y un actor fundamental de 85 años de desafíos y oportunidades para la caficultura de Colombia. Los colaboradores del Centro han desempeñado un papel crucial en la coordinación de esfuerzos de parte de la Gerencia Técnica, junto con el Servicio de Extensión y el Sistema de Información Cafetero (SICA), así como con toda la institucionalidad cafetera, para generar un impacto positivo a nivel nacional. Su misión ha sido proteger y fomentar la tradición cafetera de Colombia, así como mantener el reconocimiento internacional de nuestro país como una fuente de café suave de excelente calidad. También ha trabajado en la exploración de nuevas dinámicas relacionadas con regulaciones de mercado, amenazas de plagas y enfermedades, enfoques ambientales, medidas de inocuidad y demandas comerciales. Todo esto se ha realizado en una búsqueda constante por procurar la prosperidad de los caficultores, la conservación de los recursos naturales y el cumplimiento de los marcos legales. A través de la ciencia, Cenicafé sigue manteniendo a los productores como el eslabón principal en la generación de riqueza para todos los involucrados en esta gran industria.

Álvaro Gaitán B.

Director

Noviembre de 2023



DISCIPLINAS DE **INVESTIGACIÓN**





Agroclimatología

Monitoreo meteorológico y servicio agroclimático. ACL101007

Durante el período estuvieron presentes las tres fases de El Niño Oscilación Sur, entre octubre de 2022 y enero de 2023, La Niña, Neutro entre febrero y abril de 2023 y, a partir de mayo, es consistente el desarrollo de El Niño. En particular, las estaciones meteorológicas principales experimentaron cambios asociados a esas fases, en los primeros seis meses, entre octubre de 2022 y marzo de 2023, respecto de la normal climatológica, la precipitación se incrementó y las temperaturas disminuyeron, lo contrario sucedió entre abril y septiembre (Tablas 1 y 2). En los Boletines Meteorológicos, dando alcance a la previsión de un evento El Niño débil a moderado, se promovieron las acciones de adaptación, relacionadas con etapas de almácigo, siembra y cosecha y las labores de fertilización y manejo fitosanitario. La red meteorológica operó con 291 estaciones entre convencionales y automáticas, con presencia en 20 departamentos cafeteros, se fortaleció el plan de visitas de inspección, que tuvieron un cumplimiento superior a 90% y fue acompañada por visitas de seguimiento trimestral que realizó el Servicio de Extensión.

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

Se realizó un análisis comparativo de los datos de precipitación observados por 43 estaciones meteorológicas convencionales (EMC) y automáticas (EMA) que funcionaron en paralelo entre el 2013 y 2021, para comprobar la consistencia de los datos, con el propósito de definir la continuidad de la serie histórica de la EMC. Para el análisis estadístico se tuvo en consideración el sesgo promedio (EMC - EMA), el porcentaje de días en los que la diferencia entre las precipitaciones diarias menores a 5,0 mm fuera $\pm 0,5$ mm, el porcentaje de días en los que la diferencia entre las precipitaciones diarias mayores a 5,0 mm fuera $\pm 10\%$, la suma del porcentaje de datos dentro de los rangos para el total de la serie y el índice de concordancia de Willmott. En la determinación de la continuidad de la serie, además de los resultados del análisis estadístico, se contempló el porcentaje de datos eliminados de la serie cuando se aplicó el control de calidad. El control de calidad

empleado, permitió identificar los datos asociados a taponamiento parcial y total del pluviómetro de la EMA y el desplazamiento de los datos diarios de la EMC, en algunos períodos de la serie en paralelo. Los resultados indican que las series de las EMA Cenicafé, La Catalina, Paraguaicito, Granja Luker, La Bella, El Rosario, El Pílamó, Arturo Gómez, La Trinidad y Misiones (Figura 1), que funcionaron en paralelo con la EMC, pueden utilizarse aplicando el control de calidad.

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

En el cuarto año de una zoca de café a libre exposición, con monitoreo de la técnica Eddy Covariance (EC), se estimó una captura de 613 g m^{-2} de C (Tabla 3), lo que permite cuantificar en 49 meses de edad del cultivo, una captura acumulada de 20 t ha^{-1} de C. En cuanto a otros balances, además de carbono, se observa como la energía se disipa en mayor proporción como calor latente, 65% de la radiación neta ($252,9 \pm 3,385 \text{ W m}^{-2}$) y, en intercambio gaseoso, el coeficiente de cultivo fluctuó entre 0,9 y 1,1 (Tabla 4), consistente

Tabla 1. Comportamiento de la lluvia acumulada semestral, respecto de la Normal Climatológica.

Precipitación (mm)	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	El Tambo
Normal acumulado Oct - Mar	1990 - 2019	700	709	1.150	1.479	1.086	1.220	1.331	1.453
Anomalía mm	Oct/2022 - Mar/2023	54	176	104	26	762	379	477	332
Magnitud del cambio %		8%	25%	9%	2%	70%	31%	36%	23%
Normal acumulado Abr - Sep	1990 - 2019	1.342	811	1.495	1.460	1.099	1.063	867	625
Anomalía mm	Abr - Sep/2023	-207	-21	-279	-289	-110	-280	-184	-74
Magnitud del cambio %		-15%	-3%	-19%	-20%	-10%	-26%	-21%	-12%

Tabla 2. Comportamiento de la temperatura media semestral (°C), respecto de la Normal Climatológica.

Precipitación (mm)	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	El Tambo
Oct/22 - Mar/23	Normal promedio	20,7	19,5	20,3	21,1	20,2	21,5	21,8	18,6
	Anomalía °C	- 0,3	- 0,3	- 0,7	- 0,6	- 0,4	- 0,6	- 0,3	- 0,5
Abr - Sep/23	Normal promedio	21,5	19,8	20,6	21,3	20,5	21,8	22,2	19,1
	Anomalía °C	0,8	0,7	1,1	0,4	0,5	0,5	0,9	0,5

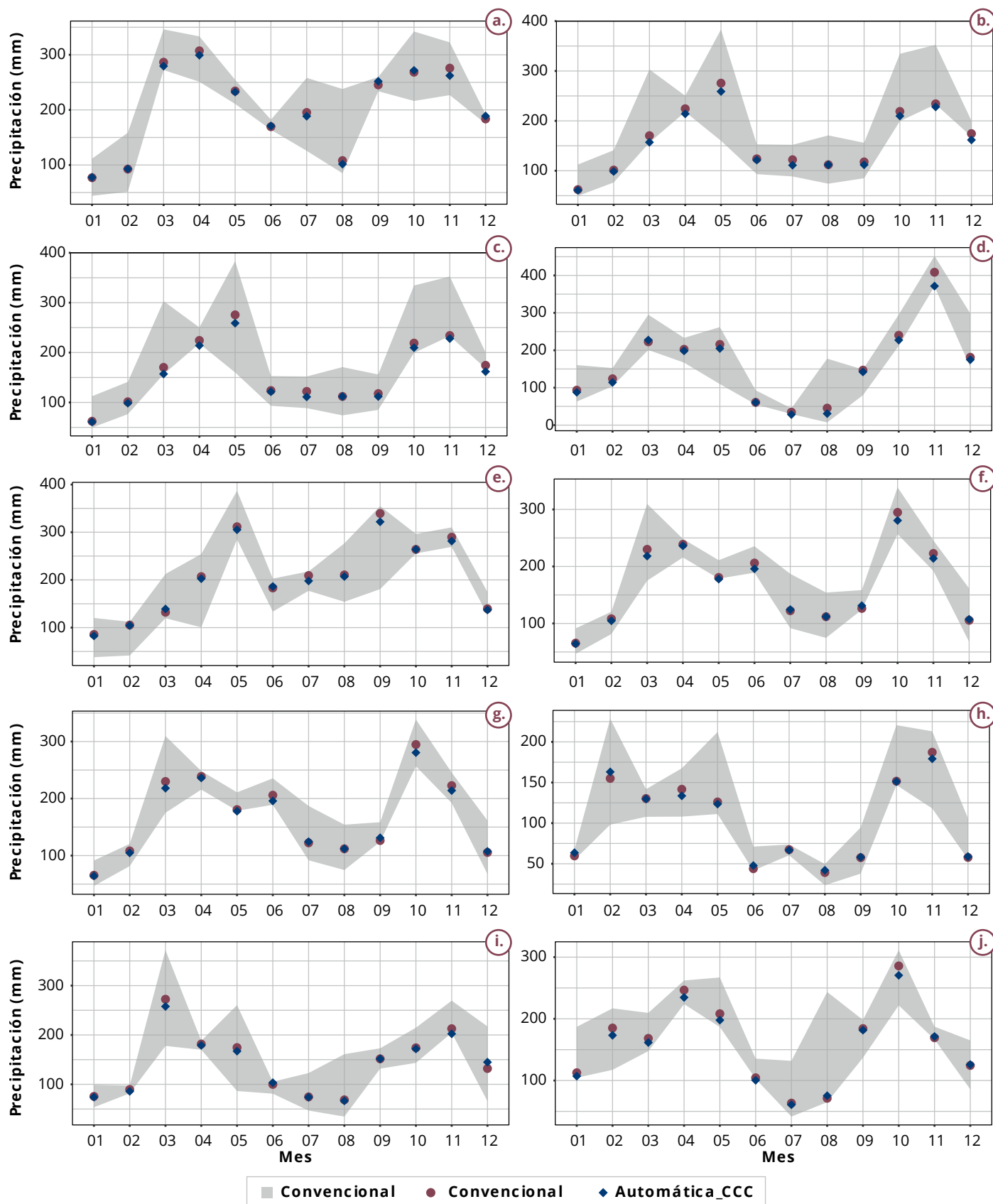


Figura 1. Precipitación mensual media en los años de estudio, de estaciones meteorológicas convencionales y automáticas aplicando el control de calidad (CCC). La densidad del gráfico corresponde al error. Estaciones automáticas que pueden dar continuidad a la serie de precipitación de la estación convencional aplicando control de calidad a los datos **a.** Cenicafé, **b.** La Catalina, **c.** Paraguaitico, **d.** Granja Luker, **e.** La Bella, **f.** El Rosario, **g.** El Pílamo, **h.** Misiones, **i.** Arturo Gómez y **j.** La Trinidad.

con el calculado a través de la etapa reproductiva de los cafetos ($1,01 \pm 0,048$). Otras variables fenológicas, muestran un alto grado de correlación, como el tiempo térmico con el número de pares de ramas ($R^2 0,97$), el índice de área foliar ($R^2 0,80$) y el carbono de los órganos sumideros ($R^2 0,93$) (Figura 2); las ecuaciones que mejor describen esta relación son las polinómicas cuadráticas. En ambos métodos, indirecto EC y directo, a partir de muestreos, se observa una tasa de captura anual superior a 4 t ha^{-1} de C.

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

Se realizó el monitoreo de los componentes del balance hídrico en tres localidades para diferentes densidades de siembra y edades de cultivo. Bajo todos los rangos de lluvia externa, etapas de cultivo y densidades, se presenta lluvia efectiva a nivel diario, desde el 30%, para lluvias inferiores a 1,0 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 (Tabla 5). La humedad del suelo en las tres localidades estuvo cerca y por encima de capacidad de campo, con períodos deficitarios de corta duración y cantidad. La evapotranspiración de referencia calculada durante el período de estudio para Manuel Mejía varió entre 0,1 y 6,61 mm día^{-1} , en Naranjal entre 0,5 y 6,24 mm día^{-1} y en Paraguaicito entre 0,1 y 6,21 mm día^{-1} . En cuanto al déficit de presión de vapor, en la estación Manuel Mejía el valor promedio fue de 8,0 hPa, con valores promedio diarios máximos de 17,8 hPa, en Naranjal el valor promedio fue de 13,6 hPa, con un valor máximo de 25 hPa y mínimo de 3,8 hPa, y en Paraguaicito fue 12,3 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 incrementa. Al comparar el Índice de Disponibilidad Hídrica - IDH con las mediciones de la humedad del suelo, se observó que el IDH indica condiciones deficitarias con un decada de anticipación respecto a la condición real.

Identificación de zonas cafeteras con características agroclimáticas similares. ACL103007 - 103008

Las investigaciones se realizaron con el objetivo de discriminar las áreas cafeteras de Cundinamarca y Santander, en zonas con características agroclimáticas similares. Se tomó información climatológica, de suelo

Tabla 3. Emisión y captura de carbono mensual, en un sistema de zoca de café a libre exposición solar.

Mes - año	g C m ⁻²			
	INCE	PPB	RECO	INCE Acumulado
jul-22	- 48,5	- 494,9	446,4	- 1.466
ago- 22	- 77,2	- 493,4	416,2	- 1.543
sep-22	- 76,1	- 402,6	326,6	- 1.619
oct-22	- 61,3	- 395,6	334,3	- 1.681
nov-22	- 85,7	- 420,1	334,4	- 1.766
dic-22	- 79,0	- 410,8	331,8	- 1.845
ene-23	- 81,1	- 443,8	362,6	- 1.926
feb-23	- 32,0	- 383,7	351,8	- 1.958
mar-23	- 19,6	- 446,6	427,0	- 1.978
abr-23	- 25,7	- 446,7	421,1	- 2.004
may-23	- 17,8	- 622,7	604,9	- 2.021
jun-23	- 9,5	- 613,1	603,6	- 2.031
Total jul 2022 - jun 2023	- 613,4	- 5.574,1	4.960,8	

Tabla 4. Evolución mensual de las evapotranspiraciones de cultivo y de referencia y el coeficiente del cultivo, en un sistema de zoca de café a libre exposición solar (EE, corresponde al error estándar).

Mes - año	ETc	EE ETc	ETo	EE ETo	Kc	EE Kc
jul-22	3,4	0,10	3,6	0,18	0,94	0,04
ago-22	3,1	0,08	3,1	0,14	1,00	0,05
sep-22	3,3	0,13	3,2	0,14	1,03	0,04
oct-22	2,9	0,14	3,0	0,18	0,98	0,06
nov-22	2,9	0,16	3,1	0,19	0,92	0,05
dic-22	3,0	0,14	3,0	0,19	1,02	0,05
ene-23	3,1	0,14	3,0	0,20	1,03	0,07
feb-23	3,2	0,20	3,3	0,19	0,98	0,05
mar-23	3,1	0,18	3,0	0,20	1,05	0,06
abr-23	3,2	0,20	3,3	0,22	0,99	0,05
may-23	3,7	0,17	3,8	0,24	1,00	0,04
jun-23	3,5	0,14	3,3	0,17	1,05	0,05

y sistema productivo. Se describió y analizó temporal y espacialmente las variables biofísicas a partir del uso de técnicas estadísticas, geoestadísticas y juicio experto.

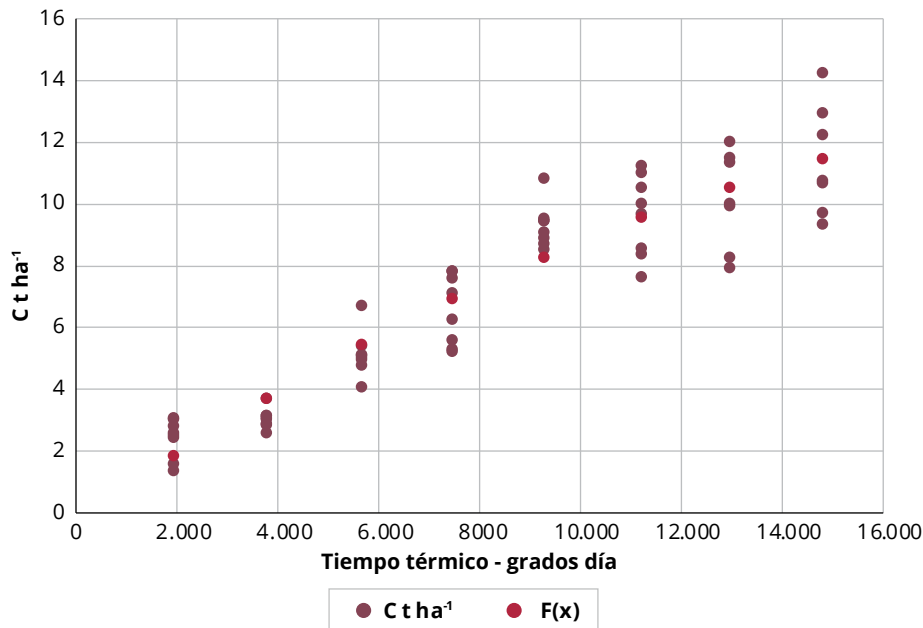


Figura 2. Evolución de la captura de carbono de una zoca de café a libre exposición solar, cuantificado a partir de muestras de los órganos sumideros.

Con base en el promedio histórico climático se realizó la clasificación de los indicadores agroclimáticos de precipitación anual acumulada, brillo solar anual acumulado, amplitud térmica y déficit hídrico y tiempo térmico en fases de floración y desarrollo del fruto.

Cundinamarca

El estudio de la dinámica de la estructura productiva del cultivo, entre los años 2007 y 2017, mostró una disminución del número de fincas del 26,15% y una reducción en 5,7 puntos porcentuales en el área dedicada al cultivo por predio, causando una contracción del 26,67% en el área cultivada con café. En La Niña frente al año Neutro se aumenta la precipitación en 462 mm, disminuye el brillo solar en 3,4% y la temperatura media en 0,38°C. Por el contrario, en El Niño respecto al Neutro, disminuye la lluvia (595 mm), aumenta el brillo solar (146 h año⁻¹) y la temperatura media (0,61°C). Se observó que el comportamiento de estas anomalías varía dependiendo de la vertiente de la cordillera Oriental. El análisis de los indicadores permitió discriminar el área cafetera en nueve zonas agroclimáticas diferentes (Figura 3). El análisis de las clasificaciones mostró una gran dependencia del tiempo térmico en floración y desarrollo del fruto, la precipitación anual acumulada y los decadas con déficit hídrico en floración.

Santander

En la dinámica del sistema productivo del café entre los años 2007 y 2017, se encontró una disminución en el número de predios cafeteros (-0,34%), aunque hubo un aumento del 22,73% del área dedicada a café por finca y de 9.133 ha (22,26%) en la superficie cafetera. En el análisis de las variables climatológicas se identificaron cambios asociados a los escenarios de contraste 2013 (Neutro), 2011 (evento La Niña) y 2015 (evento El Niño). En La Niña respecto al Neutro hubo aumento de la precipitación de 565 mm año⁻¹, disminución del brillo solar en un 8,5% y de la temperatura en 0,51°C. Por el contrario, El Niño tuvo una disminución de la lluvia de 182 mm, un

aumento de la insolación de 102 h año⁻¹ y de 0,34°C en la temperatura media. Considerando el juicio experto, se realizó su agrupación y el análisis de la distribución espacial. Con base al análisis de los indicadores, se identificaron cinco zonas con características agroclimáticas similares para el cultivo del café en el departamento (Figura 4), la clasificación se explica principalmente por el comportamiento diferencial del tiempo térmico en el desarrollo del fruto, el déficit hídrico en la prefloración y la precipitación anual acumulada.

La información relacionada con las características agroclimáticas de ambos departamentos y la zonificación resultante, se dispuso para el público en general, por medio de un aplicativo web que puede ser consultado en <https://agroclima.cenicafe.org/caracterizacion-agroclimatica>.

Tabla 5. Coeficientes de regresión lineal según estación, etapa de cultivo y rango de lluvia externa. Coeficiente de determinación (R²), Coeficiente de regresión (b1), Sesgo (BIAS) y Error máximo absoluto (MAE).

Estación	Etapa	Rango lluvia externa	R ²	b1		p_valor	Número de datos	BIAS	MAE
Manuel_Mejía	Reproductiva	0-1 mm	0,74	0,59	***	2,03E-54	180	18,9	0,14
		1-5 mm	0,84	0,77	***	8,34E-98	243	2,0	0,71
		5-10 mm	0,87	0,83	***	1,87E-66	146	0,2	1,73
		10-20 mm	0,93	0,90	***	2,72E-64	110	1,2	2,41
		>20 mm	0,96	0,92	***	2,67E-84	119	0,4	4,14
Naranjal	Reproductiva	0-1 mm	0,68	0,46	***	2,69E-16	61	13,7	0,12
		1-5 mm	0,83	0,63	***	2,22E-22	54	5,3	0,69
		5-10 mm	0,88	0,70	***	5,13E-21	43	0,3	1,52
		10-20 mm	0,84	0,66	***	1,27E-20	49	-2,4	3,62
		>20 mm	0,85	0,66	***	4,65E-13	29	-2,4	7,51
Paraguaicito	Reproductiva	0-1 mm	0,67	0,40	***	1,15E-52	211	20,4	0,11
		1-5 mm	0,87	0,70	***	8,44E-88	195	1,1	0,56
		5-10 mm	0,92	0,80	***	2,17E-60	106	0,9	1,19
		10-20 mm	0,93	0,82	***	5,98E-58	97	1,2	2,32
		>20 mm	0,97	0,88	***	9,29E-89	111	1,5	4,21
Naranjal	Vegetativa	0-1 mm	0,88	0,69	***	1,75E-45	95	11,0	0,11
		1-5 mm	0,98	0,86	***	4,96E-127	155	2,2	0,30
		5-10 mm	0,97	0,89	***	8,98E-63	80	-0,6	0,71
		10-20 mm	0,95	0,91	***	4,41E-73	109	-0,4	1,51
		>20 mm	0,99	0,97	***	1,27E-72	74	0,8	1,90
Paraguaicito	Vegetativa + Maíz	0-1 mm	0,55	0,29	***	7,19E-10	49	5,0	0,10
		1-5 mm	0,9	0,58	***	2,05E-18	34	1,1	0,40
		5-10 mm	0,9	0,59	***	6,95E-09	16	-1,6	1,16
		10-20 mm	0,96	0,71	***	1,52E-14	19	0,9	1,52
		>20 mm	0,95	0,75	***	3,00E-18	26	2,0	4,49

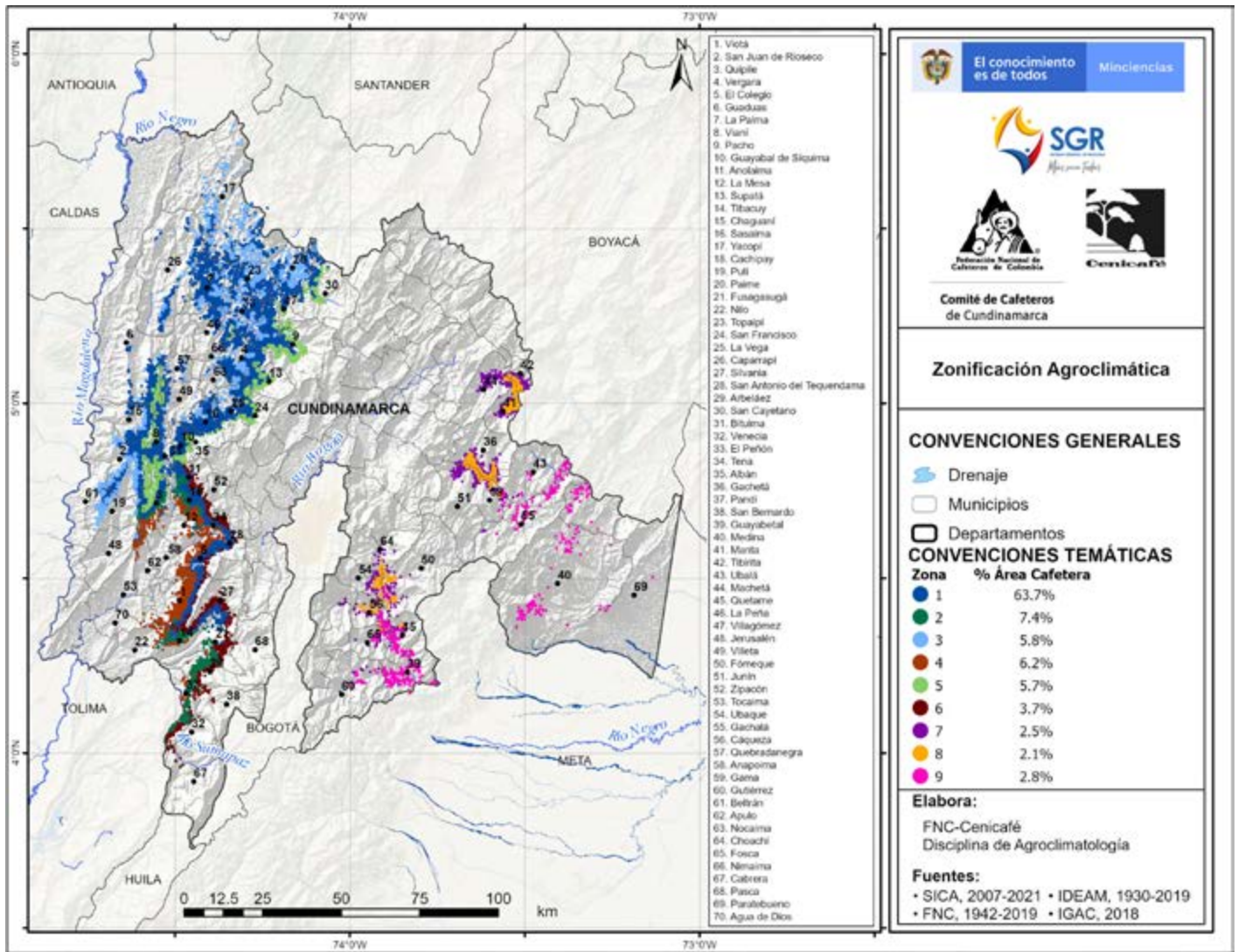


Figura 3. Zonificación agroclimática cafetera del departamento de Cundinamarca.

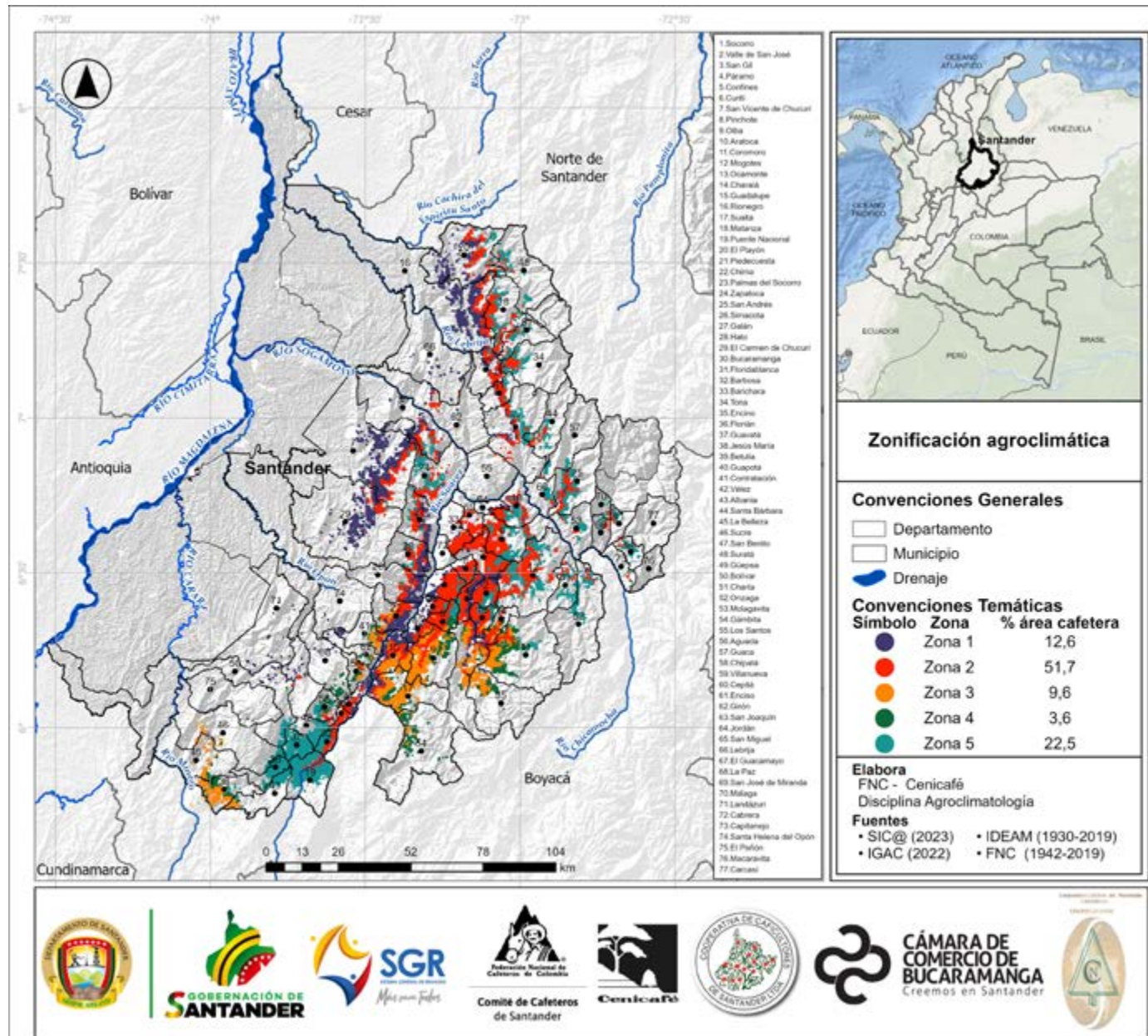


Figura 4. Zonificación agroclimática cafetera del departamento de Santander.



Biometría

Durante el período de septiembre de 2022 a septiembre de 2023, el equipo de la Disciplina de Biometría apoyó la formulación de 21 propuestas de investigación de las diferentes Disciplinas de investigación, manteniendo el promedio anual de 20 nuevas investigaciones en el centro. El tiempo promedio desde la solicitud de la asesoría hasta la entrega de comentarios y sugerencias metodológicas fue de 32 días, y el 75% de las solicitudes se atendieron en 35 días o menos, algunas de ellas tuvieron al menos tres sesiones de retroalimentación.

Se realizaron análisis estadísticos de 60 bases de datos correspondientes a investigaciones y actividades en curso, 47,3% de estas investigaciones fueron de tipo explicativo/correlacional, seguidas por investigaciones descriptivas (Tabla 1). Se utilizaron diversos métodos estadísticos, incluyendo modelos no lineales, análisis de componentes principales, análisis de supervivencia, análisis de varianza (Anava) y modelos lineales generalizados, entre otros (Figura 1). El tiempo promedio de respuesta desde la solicitud del análisis hasta la entrega de los resultados fue de 17 días, con un rango de 1 a 118 días, atendiendo el 75% de las solicitudes en 19 días o menos.

En términos de formación, se ofreció un curso de métodos estadísticos para los colaboradores del centro durante dos sesiones de capacitación. Además, se brindó apoyo en reuniones relacionadas con la identificación de mezclas de café y temas de Agroclimatología. El equipo de Biometría asistió a investigadores en la revisión de artículos científicos, abordando temas de métodos estadísticos y la interpretación de resultados. Durante el período, se revisaron en total 19 artículos, y en 13 de ellos, se participó como coautor.



Figura 5. Representación visual de palabras que representan los diferentes análisis estadísticos.

Tabla 6. Distribución porcentual de análisis estadísticos por tipo de investigación.

Tipo investigación	Análisis estadístico	Porcentaje
Exploratoria (17,5%)	Multivariado	31,1
	Índices biodiversidad	18,8
	Pruebas concordancia	18,8
	Heurística	12,5
	Métodos agrupación	12,5
	Minería datos	6,3
Descriptiva (35,2%)	Estimación	37,5
	Pruebas concordancia	18,8
	Métodos agrupación	9,4
	Regresión no lineal	9,4
	Análisis Supervivencia	6,3
	Multivariado	6,2
	Distribución probabilidad	3,1
	Heurística	3,1
	Muestreo	3,1
	Regresión lineal	3,1
	Explicativa/ Correlacional (47,3%)	Modelo Lineal Generalizado
Anava		20,9
Distribución probabilidad		11,6
No paramétrica		9,3
Lattice		7,0
Correlación		4,7
Estimación		4,7
Medidas repetidas		2,3
Métodos agrupación		2,3
Modelo regresión riesgos proporcionales de Cox		2,3
Razón de riesgos (hazard ratio)		2,3
Regresión lineal		2,3



Calidad

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

En el 2022-2023 están en ejecución diez proyectos de investigación y adicionalmente se realiza el panel de catación para el análisis sensorial del café. De las investigaciones, tres están asociadas a la caracterización de la calidad de los ecotopos cafeteros y de los departamentos de Cesar y Quindío, a través de proyectos financiados por el Sistema General de Regalías. Está en desarrollo el proyecto asociado a la composición química del café en la determinación del contenido de acrilamida e identificación de los procesos de tueste que la generan. En esta misma línea, se finalizó el desarrollo de la función discriminante para clasificar la calidad sensorial del café almendra verde y pergamino seco mediante la técnica de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS). Se está adelantando una nueva investigación en NIRS para determinar mezclas de café *C. arabica* de otros orígenes. Dentro de las investigaciones asociadas al almacenamiento del café, se finalizó la evaluación de diferentes empaques y condiciones de almacenamiento. 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 y la fermentación prolongada. 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.

En el departamento de Cesar se observó un incremento del 19% en el número de muestras sin defecto sensorial con respecto a la primera cosecha de evaluación y adicionalmente del 18,8% en el número de muestras con puntajes superiores a 83 puntos SCA (Specialty Coffee Association). Respecto a la calidad sensorial del departamento del Quindío, se observó un incremento, en la última cosecha evaluada en el proyecto, en el porcentaje de muestras que obtuvieron puntajes por encima de 83 puntos SCA, pasando del 8,5% al 25% y en esta última se registraron muestras con puntajes superiores a 85. Se desarrollaron los modelos de clasificación de café con y sin defecto sensorial con un

acuerdo global para café almendra verde de 83,5% y para café pergamino seco de 93,5% con la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano NIRS. Prolongar la fermentación del mucílago en 20 horas adicionales al tiempo estimado por Fermaestro™ en estados de madurez avanzado del fruto y con temperatura de proceso de 20°C, afecta los puntajes de cinco atributos sensoriales y genera defecto fermento con un 87,5% de frecuencia. Se almacenó café almendra en cuatro localidades, utilizando ocho empaques y se evaluó su calidad durante 365 días. En Santa Marta, Manizales y Chinchiná se evidenció deterioro de la calidad a través del tiempo independientemente del empaque. En condiciones del Páramo de Letras se mantuvo la calidad en el 50% de los empaques al final de la evaluación.

Caracterización de la calidad física, sensorial y química del café producido en los ecotopos cafeteros colombianos. CAL 101005

Se han analizado un total de 748 muestras de café correspondientes a 362 del muestreo del año 2021, 374 del segundo muestreo en el año 2022 y 12 del último muestreo

programado. 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 resistentes como Castillo®, Colombia, Cenicafé 1 y Tabi. 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 del mucílago y secado del café. Resaltan los ecotopos 102A, 308A y 309A, que obtuvieron puntajes totales mayores a 85 puntos, valores que clasifican el café como excelente(Figura 6).

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

Esta investigación está enmarcada dentro del Proyecto: Desarrollo experimental para el mejoramiento de la competitividad del sector cafetero del departamento de Cesar financiado por el Sistema General de Regalías

Cesar, que tiene como objetivo principal diagnosticar la calidad física, sensorial y composición química del café procedente del departamento y para lo cual se plantearon tres actividades específicas: caracterización de las fincas, muestreo y monitoreo de la calidad física, química y sensorial, e identificación de las características de los contenidos de los principales compuestos químicos del café verde. El análisis de cada variable se realizó con base en los resultados obtenidos durante dos cosechas de producción, en muestras procedentes de 160 fincas cafeteras, seleccionadas de forma proporcional a los 12 municipios cafeteros beneficiarios del proyecto, y de forma aleatoria

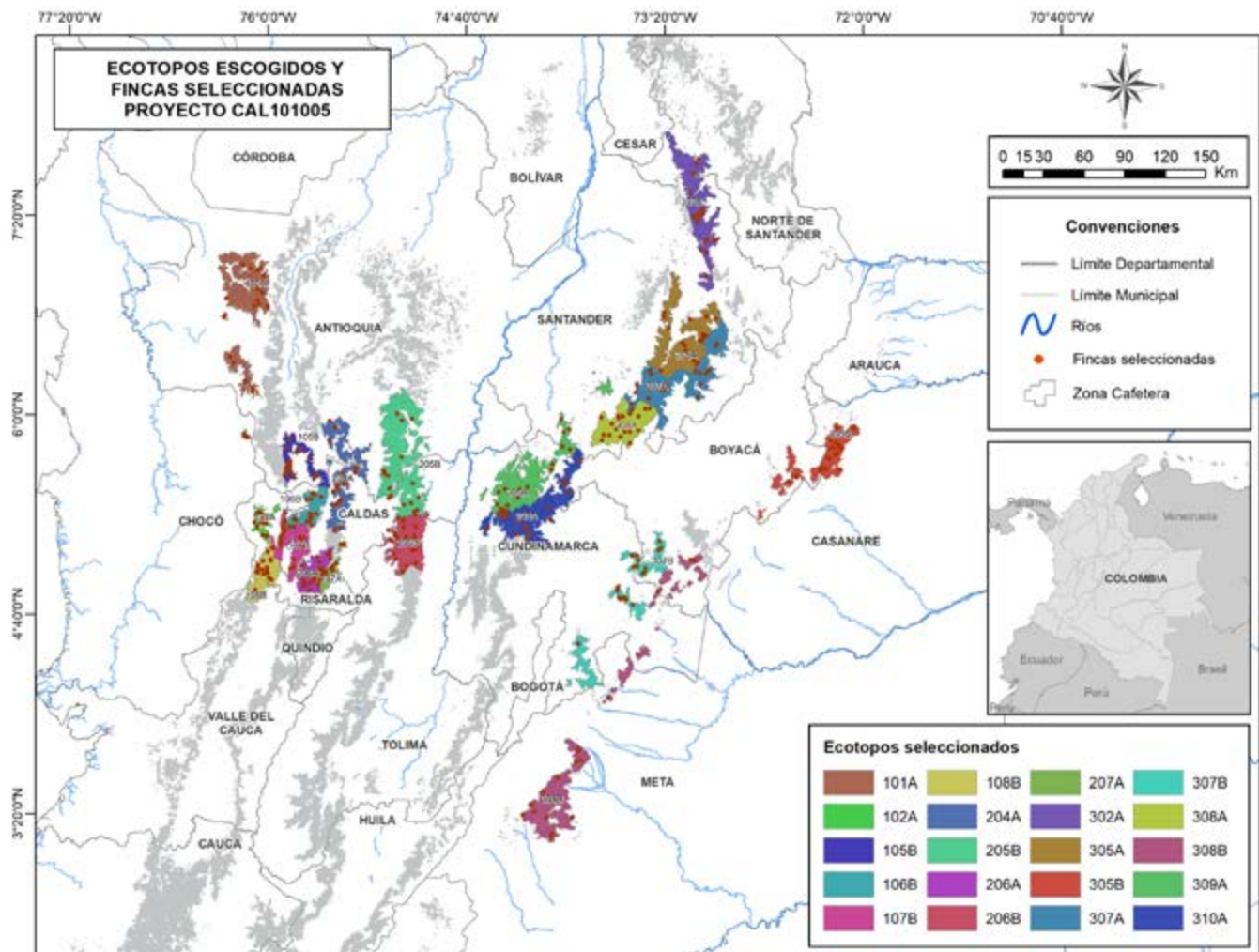


Figura 6. Ecotopos y fincas seleccionadas en el proyecto CAL101005.

a partir de un muestreo inicial de 1.658 caficultores que entregaron su muestra durante la primera cosecha del proyecto. En los análisis físicos se evidenció, con respecto a la primera cosecha, un incremento del 23% en el número de muestras dentro del rango de humedad del 10% a 12%, recomendado para garantizar la conservación del producto. El porcentaje promedio de almendra sana fue del 79,7%. En cuanto a la composición química, el ácido oleico presentó contenidos superiores a los reportados por otros autores con un contenido promedio para el departamento de $11,7 \pm 1,2\%$. Los demás compuestos químicos se encontraron dentro de los valores reportados por otros autores para *C. arabica*. Dentro de la exploración de la relación lineal mediante la prueba de correlación de Pearson, se evidenció una asociación positiva con el puntaje total SCA superior al 25% entre los compuestos químicos Ácido 3,5-dicafeoilquinico (3,5-diCQA) y Ácido 5-cafeoilquinico (5-CQA) e inversa con los compuestos Ácido 3-cafeoilquinico (3-CQA), Ácido 4-cafeoilquinico (4-CQA) y Ácido 5-cafeoilquinico (5-CQA). Ácido 4,5-dicafeoilquinico (4,5-diCQA) Respecto a la calidad sensorial, se observó un incremento del 19% en el número de muestras sin defecto sensorial con respecto a la primera cosecha de evaluación (Figura 7) y del 18,8% en el número de muestras con puntajes superiores a 83 puntos SCA, evidenciando el impacto del proyecto en la mejora de la calidad producida en el departamento a través de la implementación de las buenas prácticas y controles durante el procesamiento vía húmeda.

CAL 10101007. Clasificación del café almendra verde con y sin defecto sensorial utilizando la técnica NIRS

Esta investigación evaluó la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) para la clasificación del café almendra verde y pergamino seco, con y sin defecto sensorial. Para esto se analizaron 3.030 muestras de café pergamino seco (cps) y 3.866 muestras de café almendra. Se conformaron dos grupos, el primero con muestras con defecto sensorial - CDS, compuesto por los defectos sensoriales más frecuentes en el país, y el segundo grupo por muestras sin defecto sensorial - SDS, el cual contempló la diferenciación de tres perfiles de calidad. Las muestras fueron analizadas sensorialmente por el panel de catación de Almacafé y de Cenicafe utilizando catadores certificados Q-Grader y la escala SCA. Con estos resultados se construyeron y validaron cuatro modelos discriminantes aplicando la regresión lineal de cuadrados medios residuales RMS X Residual. Dos modelos clasifican, el café pergamino seco y el café almendra, con y sin defecto sensorial con un promedio de acierto global de 93,5% y 82,5%, respectivamente. Los otros dos modelos

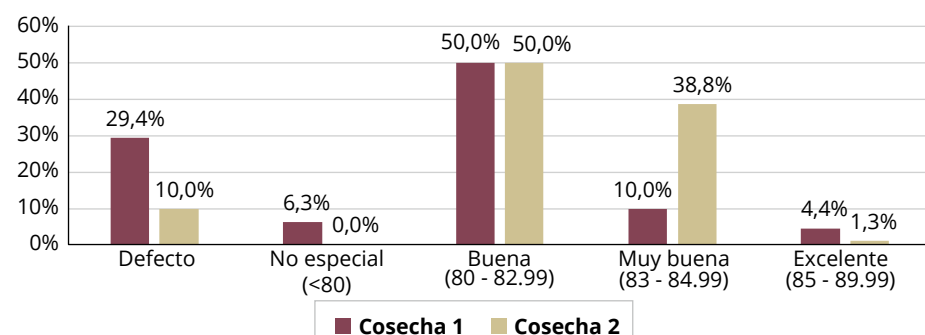


Figura 7. Porcentaje de muestras según la calidad sensorial del café, de acuerdo con la escala SCA, para el departamento de Cesar.

clasifican, por perfil sensorial de acuerdo al puntaje total de la escala de calidad SCA, los perfiles 1 y 2 ($> 82,25$) y el perfil 3 ($79,0-82,0$); para el café pergamino seco se obtuvo un promedio de acierto global de 91,5% y para el café almendra verde el 95,0% de acierto. Lo anterior confirma que la técnica NIRS, tiene la capacidad de identificar el café con y sin defecto (Figura 8) y clasificar por perfil sensorial el café pergamino seco como en el café almendra verde.

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

Se analizaron 672 muestras de café pergamino seco (cps) procedentes de tres cosechas de 224 fincas de caficultores del Quindío, seleccionados de forma proporcional y aleatoria a los 12 municipios cafeteros del departamento (Figura 9). En los análisis físicos se evidenció que el 76% de las muestras se encontraban dentro del rango de humedad entre el 10% y el 12%, el porcentaje promedio de granos supremo fue del 68,3% para todas las muestras evaluadas y el contenido promedio de almendra sana fue de 75,2%. En cuanto a la composición química, el ácido oleico presentó contenidos superiores a los reportados por otros autores, con un contenido promedio para el departamento de $11,84 \pm 1,12\%$. Los demás compuestos químicos se encontraron dentro de los valores reportados por otros autores para *C. arabica*. Al caracterizar la fracción lipídica en su composición de ácidos grasos, se observaron diferencias estadísticamente significativas en los contenidos según las zonas agroclimáticas definidas para el departamento. Respecto a la calidad sensorial, se observó que

durante la primera cosecha el 78,6% de las muestras no presentaron defecto sensorial, en la segunda cosecha hubo una disminución al 62% de muestras sin defecto sensorial y en la tercera cosecha de evaluación, se presentó un aumento del 4,9% en las muestras sin defecto con respecto a la segunda cosecha. Se destaca el incremento en la última cosecha de evaluación en el porcentaje de muestras que obtuvieron puntajes mayores 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.

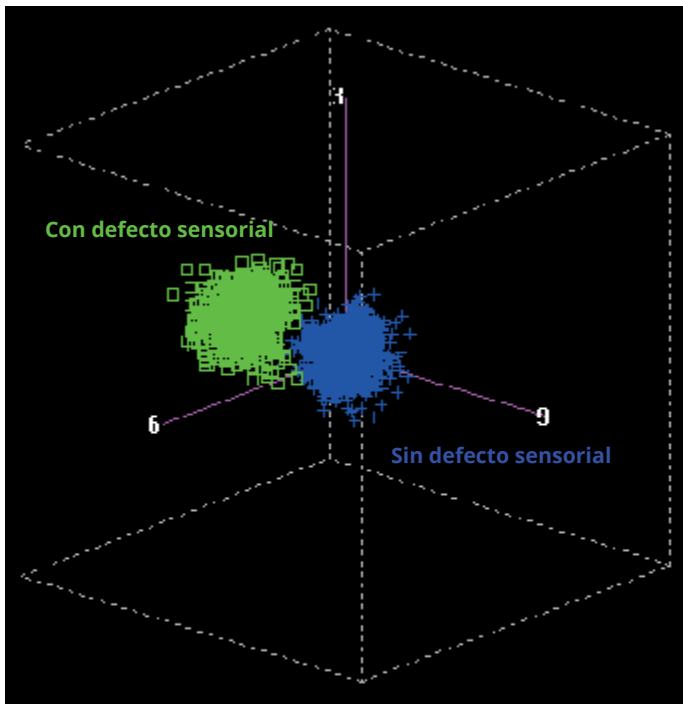


Figura 8. Análisis de componentes principales de café almendra con y sin defecto sensorial.

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

Se inició la investigación relacionada con la caracterización espectral de café de *C. arabica* producido en el país y de *C. arabica* proveniente de Brasil, con el objetivo de establecer si la técnica NIRS permite desarrollar modelos de predicción que identifiquen mezclas de café respecto al origen. Se realizó un primer acercamiento con el Instituto Agropecuario ICA, con el apoyo de la Inspecciones Cafeteras (FNC) y Almacafé, para acceder a muestras de café que ingresen al país de otros orígenes, lo que ha

permitido el análisis espectral de 15 muestras de Brasil y se desarrolló el análisis en las diferentes proporciones de mezclas establecidas en la metodología. Se realizó un análisis espectral mediante componentes principales y se encontró que el comportamiento espectral de las muestras evaluadas es diferente para los dos orígenes (Figura 10). Adicionalmente se está realizando la caracterización espectral del café de la especie *C. canephora* proveniente de países como Brasil y Vietnam. Se han recibido un total de 310 muestras y estas se han analizado bajo diversas proporciones de mezclas. Lo anterior con el fin de desarrollar un modelo que discrimine la presencia o ausencia de este tipo de café.

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

Este estudio evaluó tres grados de madurez del fruto y su comportamiento durante la fermentación del mucílago, bajo dos temperaturas y dos prolongaciones del tiempo, estableciendo las características de calidad física, sensorial y composición química del café. En los granos de café sometidos a los tratamientos, se evidenció el efecto del tiempo de prolongación para los ácidos oxálico, quínico, cítrico, glucosa y fructosa, en dos de los tres grados de madurez evaluados. La interacción de las condiciones del proceso (tiempo x temperatura) aumentó el contenido de fructosa y glucosa en el estado de madurez 2, siendo más evidente a 20°C. Los tratamientos asociados al estado de madurez más avanzado, con mayor temperatura y mayor tiempo de prolongación de la fermentación disminuyen los puntajes de cinco atributos sensoriales y genera defecto fermento con un 87,5% de frecuencia (Figura 11). La composición química del mucílago es dinámica durante la fermentación y permite el desarrollo e interacción de microorganismos que modifican los perfiles de ácidos orgánicos y azúcares que se asocian con la calidad del café. Con el fin de determinar la dinámica de estos compuestos en el mucílago y el grano durante las fermentaciones prolongadas, se realizó un seguimiento de estos durante el proceso. Se determinó que los ácidos: cítrico, málico, quínico y succínico dependen de la matriz evaluada, presentando mayores concentraciones en el grano (Figura 12). Estos ácidos se confirmaron como los mayoritarios dentro los ácidos evaluados y las mayores concentraciones de estos en el grano durante la fermentación no estuvieron influenciados por el tiempo, temperatura o estado de madurez del fruto. El ácido tartárico y láctico están correlacionados de manera directa con el tiempo de prolongación de la fermentación, mientras que el ácido acético está correlacionado inversamente.

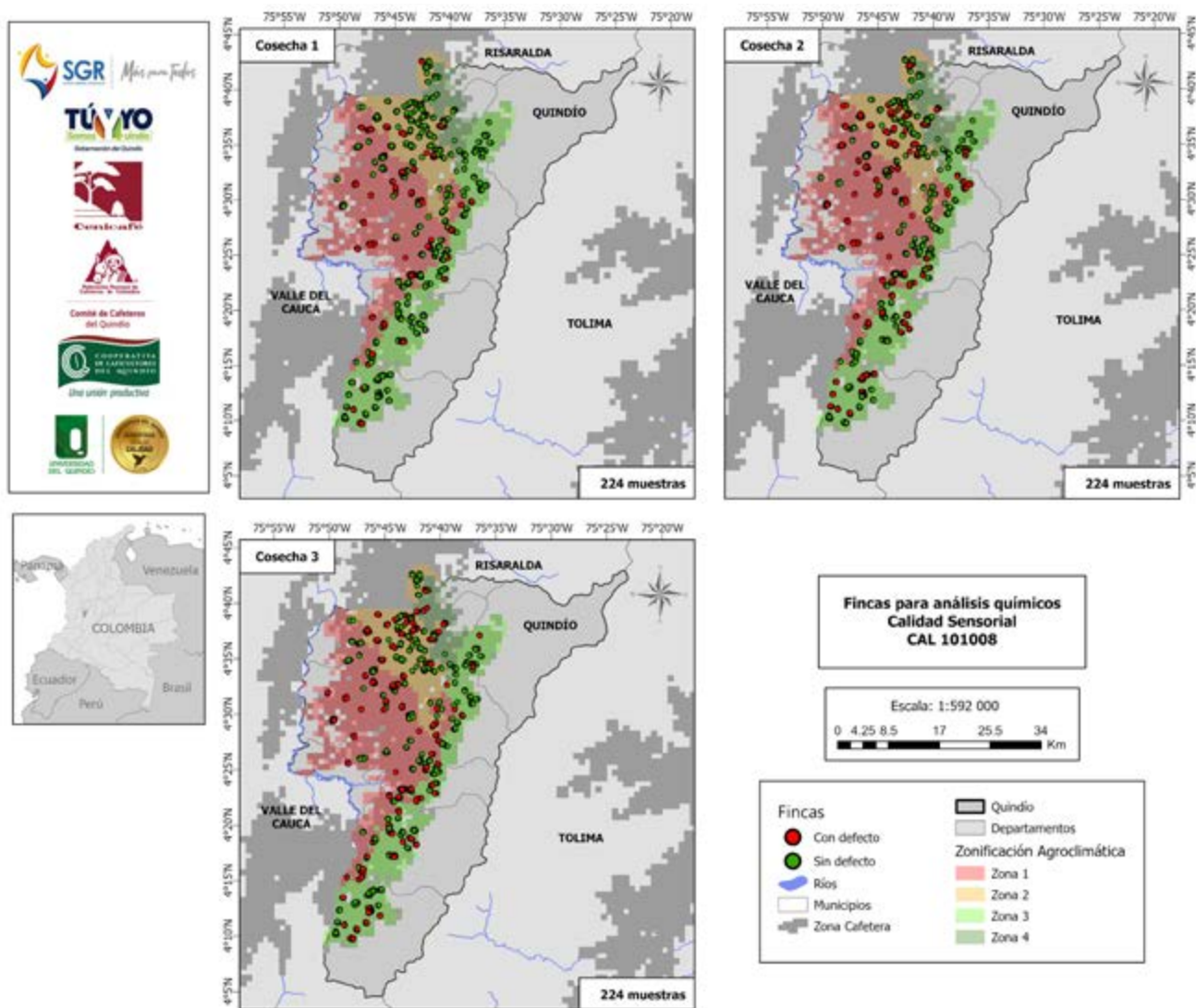


Figura 9. Selección de fincas área análisis químicos de la calidad sensorial del departamento del Quindío.

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

Se evaluó el efecto de diferentes empaques y las condiciones de almacenamiento, en la calidad física, química y sensorial del café almendra verde. Los tratamientos, consistieron en almacenar café almendra durante 365 días, en los siguientes empaques: polietileno (PE), polipropileno (PP), fibra natural (FN) y papel (P): PE-Max, PE-doble capa, PE-Multicapa, PP-VDC, PE-EVOH, PE-PAV, Fibra natural (FN) y Papel-Multicapas (P-Mc) en condiciones del Páramo de Letras con temperatura promedio de 10,3°C, humedad relativa del 77%; Santa Marta con 28,4°C y humedad relativa del 80%; y el cuarto frío de Cenicafé con temperatura promedio de 11,3°C y humedad relativa del 72%. En condiciones de Letras, donde la temperatura y humedad relativa se mantuvieron constantes a través del período de

evaluación, la calidad sensorial de la bebida (puntaje total SCA), se mantuvo durante 365 días en el café empacado en PE-EVOH, PE-PAV, PE-doble y PP-VDC (Tabla 7). Para las demás localidades, el puntaje SCA se afectó significativamente en diferentes períodos de tiempo, independientemente del tipo de empaque. Mientras que, para Santa Marta, caracterizada por presentar mayor temperatura y humedad relativa, hubo afectación en el puntaje SCA a partir de los 120 días, en cuarto frío experimentación, dicho efecto se reflejó a los 240 días. En condiciones de Naranjal, el puntaje SCA se redujo en función directa y proporcional 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 (Figura 13). Mientras que las concentraciones de los ácidos grasos araquídico y oleico permanecieron constantes entre los tratamientos y tiempos (2,82% y 11,7%), las de los esteáricos y palmíticos disminuyeron

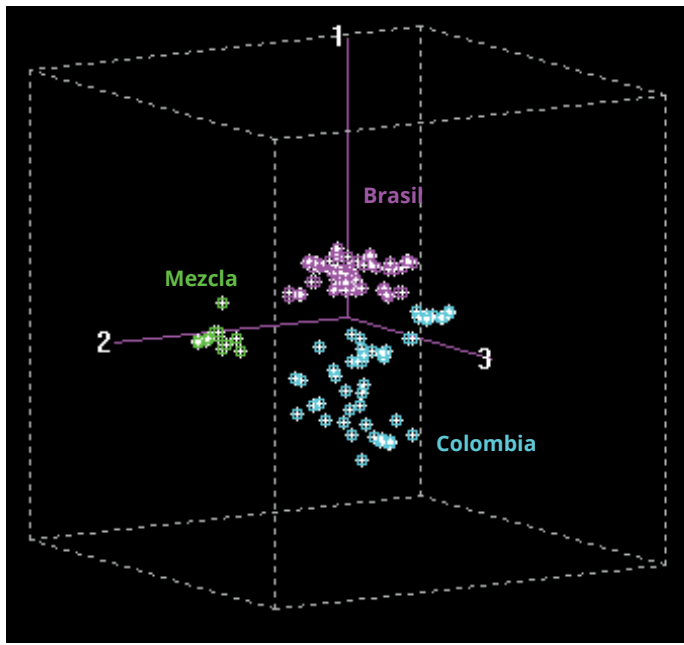


Figura 10. Análisis de componentes principales de café especies *C. arabica* origen Colombia y Brasil.

a los 60 días y el linoleico aumentó su contenido 42,2%. El almacenamiento promovió la concentración de trigonelina (en FN y P-Mc), ácidos clorogénicos totales y cafeína, pero disminuyó la sacarosa a 7,2%. El efecto del tipo de empaque para preservar la calidad del café durante 365 días, estuvo condicionado por las condiciones ambientales de almacenamiento.

Determinación del contenido de acrilamida en café tostado e identificación de los procesos de tueste que la generan. CAL104013

En conjunto con la Universidad Tecnológica de Pereira, se ha generado un convenio de cooperación con el fin de implementar una metodología para la determinación de acrilamida en café tostado, con base en la norma ISO 18862 del 2016 “Coffee and coffee

products — Determination of acrylamide — Methods using HPLC-MS/MS and GC-MS after derivatization”, empleando la técnica de cromatografía de gases acoplada a un detector selectivo de masas previa derivatización de la muestra y confirmatorio por espectrofotometría de masas multidimensional (MS-MS). Los ensayos se han enfocado en la extracción del compuesto de interés, limpieza, bromación y determinación por cromatografía de gases acoplado a un detector selectivo de masas. A la fecha se han evaluado diferentes protocolos de extracción, con presencia de interferencias que dificultan su cuantificación. El metabolito no ha sido confirmado y los picos hallados se detectan por encima de lo que exige la norma, no detectables a ppb (Figura 14).

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

Con el fin de evaluar el efecto de mezclar café despulpado de diferentes días, se está desarrollando esta investigación en cuatro tratamientos con mezclas de café despulpado de la misma proporción de hasta cinco días de procesamiento. Hasta la vigencia se han realizado dos repeticiones. Cada día se contó con un testigo para identificar la calidad del café ingresado y adicionalmente se tuvo un testigo relativo de mezclas de café despulpado de cinco días, almacenado bajo agua. Se estimaron el mucílago, los grados Brix, pH, temperatura y acidez titulable. Al café pergamino seco de cada tratamiento, se le realizaron análisis físicos y sensoriales, para estimar la proporción de almendra sana, la presencia de granos negros y vinagres y de los demás defectos físicos. En el análisis sensorial se cuantificaron todos los atributos por la metodología SCA. Se estimaron al café verde obtenido y al mucílago, los ácidos orgánicos, los azúcares y compuestos volátiles. Para cada tratamiento y testigos, se estimaron el promedio y coeficiente de variación

Tabla 7. Promedio del puntaje total SCA, por efecto del empaque y tiempo de almacenamiento en el Páramo de Letras.

Días Almacenamiento	Puntaje total (SCA) promedio															
	FN		P-Mc		PE-EVOH		PE-Max		PE-Multi		PE-PAV		PE-doble		PP-VDC	
0	81,9	a	81,9	a	81,9	a	81,9	a	81,9	a	81,9	a	81,9	a	81,9	a
60	81,0	a	80,9	a	81,4	a	82,7	a	81,8	a	80,6	a	82,3	a	80,9	a
120	80,7	a	81,5	a	80,8	a	81,9	a	80,5	a	80,3	a	80,6	a	80,6	a
240	80,5	a	80,6	a	81,0	a	81,6	a	81,1	a	80,4	a	81,9	a	80,7	a
365	53,4	b	54,2	b	81,4	a	54,0	b	63,0	b	81,4	a	71,8	a	81,4	a

*letras no comunes indican diferencia estadística entre los diferentes empaques para cada tiempo de evaluación según prueba de comparación múltiple de Bonferroni al 5%.

con las variables de interés y complementarias. Preliminarmente, los valores promedio de almendra sana para los tratamientos han estado entre el 72,1% y 77,5% y para los testigos control han sido de 77,2%. Los valores de puntaje total para los testigos diarios y el control han estado entre 80,0 y 81,9 puntos, y para los tratamientos se han obtenido valores entre 53 y 54 puntos con el defecto fermento identificado (Tabla 8).

Panel de catación de Cenicafé. CAL 106004

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 9.484 muestras de

café provenientes de proyectos de investigación, donde la calidad sensorial es una variable de respuesta. Cada resultado corresponde al promedio de la evaluación de mínimo tres catadores.

Durante este período se han recibido 1.227 muestras de café, provenientes de proyectos de las disciplinas de Calidad, Suelos, Fisiología, Fitotecnia, Entomología, Mejoramiento Genético y Poscosecha (Tabla 9). De las muestras evaluadas el 71,5% no presentaron defectos sensoriales y el defecto que se presentó en mayor proporción fue el terroso (9,7%). De las muestras que no presentaron defectos sensoriales el 66,7% de las muestras tuvieron un puntaje total que estuvo en rango entre 80 y 81,5 puntos, que según la clasificación SCA, corresponden a café bueno y el 11,2% presentaron una calificación mayor a 82,5 puntos (Figura 15).

Tabla 8. Valores promedio máximo y mínimo obtenidos para la variable puntaje total, mezclas de café despulpa en varios días.

Tratamientos	Puntaje total SCA			Descripción de la bebida
	Promedio	Máximo	Mínimo	
Testigo control	80,8	81,55	80,10	Sin Defecto
Mezcla 2 días	53,8	54,10	53,50	Fermento
Mezcla 3 días	54,3	54,25	54,25	Fermento
Mezcla 4 días	53,8	54,25	53,40	Fermento
Mezcla 5 días	53,8	54,40	53,20	Fermento
Testigo relativo agua	54,2	54,30	54,00	Fermento

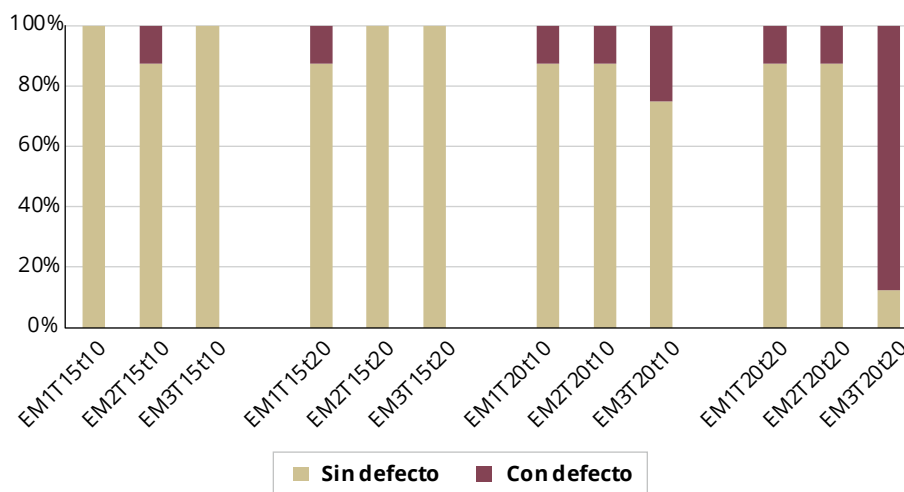


Figura 11. Respuesta de la calidad sensorial del café respecto a las fermentaciones prolongadas del mucílago. Tratamientos: EM: estado de madurez (1, 2 y 3); T: temperatura (15 °C y 20°C); t: tiempo de prolongación (10 y 20 horas).

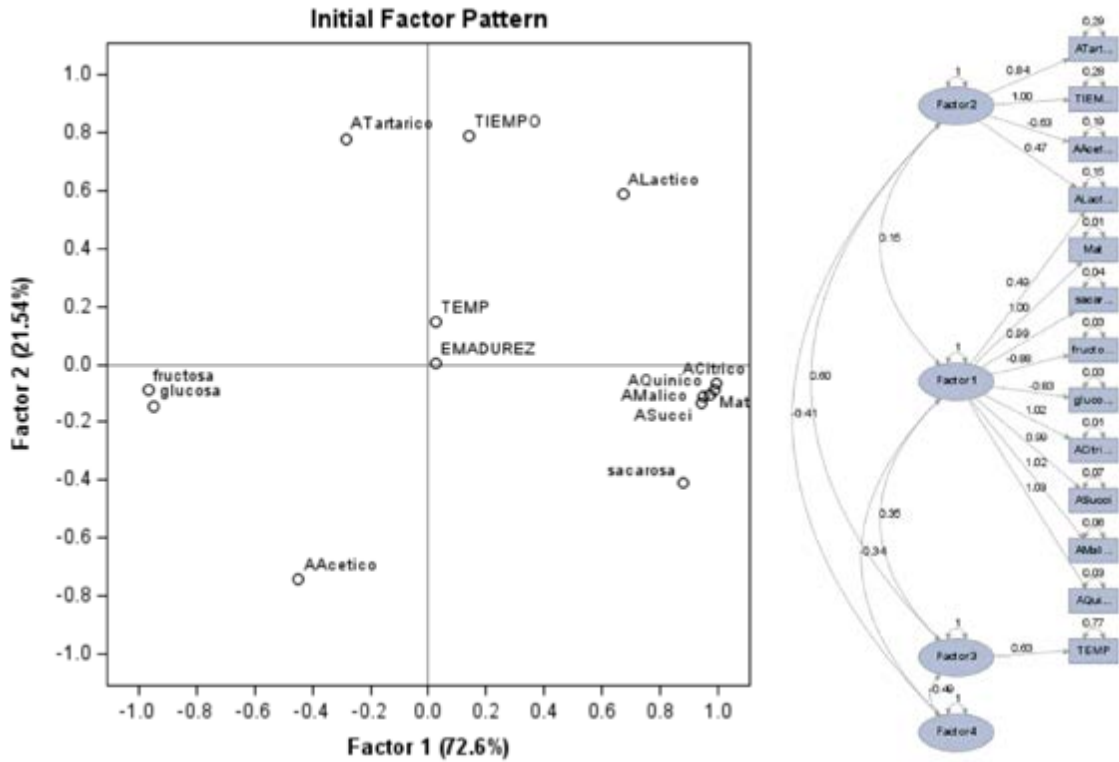


Figura 12. Diagrama de factores y diagrama de relaciones de la cinética de ácidos orgánicos y azúcares durante fermentaciones prolongadas del mucílago de café.

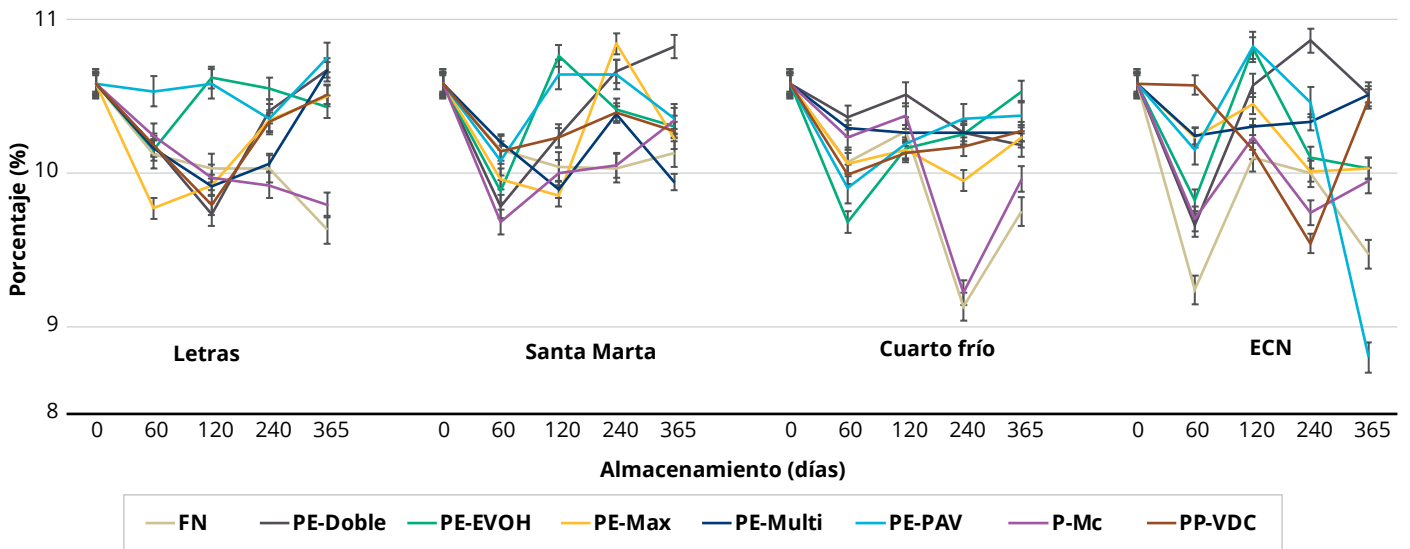


Figura 13. Promedio del porcentaje del contenido de lípidos totales para las muestras de café durante 365 días de almacenamiento.

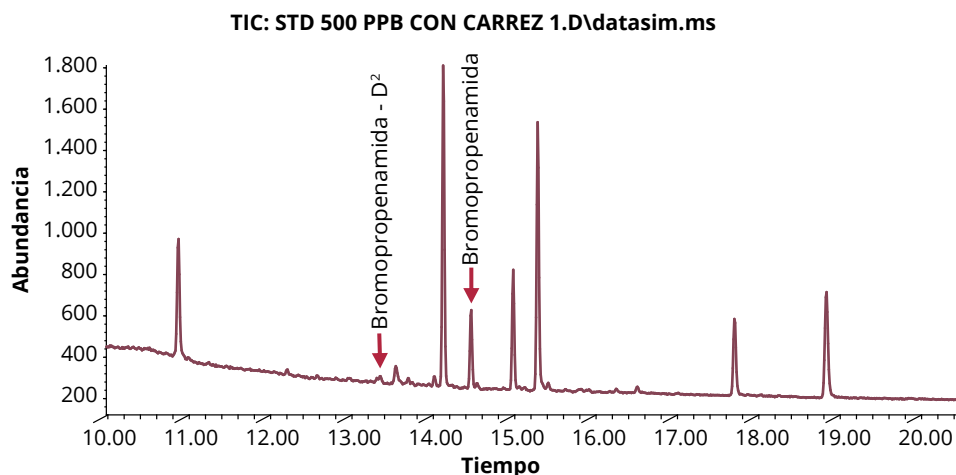


Figura 14. Cromatograma de una mezcla de estándares con 500 ppb de acrilamida y adición de 10 µg mL⁻¹ de estándar interno (acrilamida deuterada); m/z = 149 ion de cuantificación para acrilamida y m/z = 153 para el estándar interno.

Tabla 9. 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	Total
Calidad	366	142	662	562	318	1.720	881	4.651
Entomología		10	85	136	199	16	7	453
Experimentación	10	12	18	18				58
Fisiología	3	2		186	30			221
Fitopatología			48					48
Fitotecnia		48	20			9	45	122
Mejoramiento Genético	181	564	250	631	557	169	146	2.498
Poscosecha	9	45	178	293	148	178	148	999
Suelos	108	115	121	61	18	11		434
Total	677	938	1.382	1.887	1.270	2.103	1.227	9.484

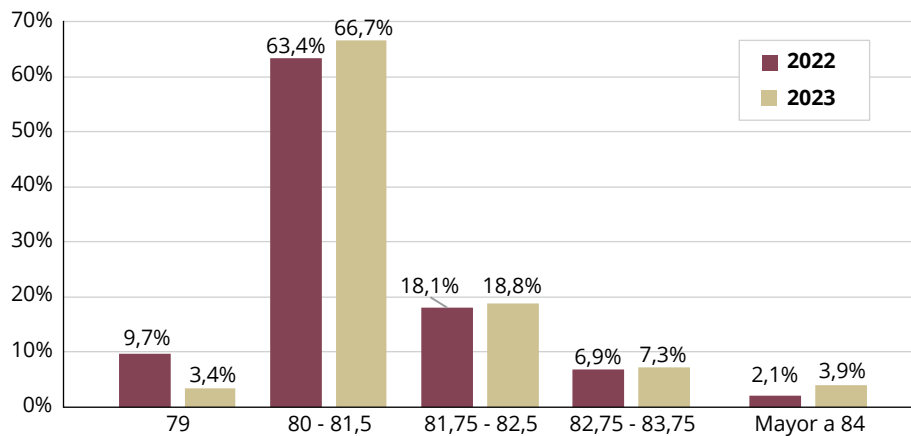


Figura 15. Rango de puntaje total SCA según la proporción de muestras evaluadas por el panel de catación de Cenicafé.



Economía Agrícola

Determinación de la eficiencia técnica y asignativa de caficultores en el departamento de Caldas. ECO101003

En la caficultura los productores deben gestionar los costos de producción representados en mano de obra e insumos, para obtener un margen bruto positivo después de comercializar su café al precio vigente en ese momento. Se constituye en premisa obtener altos niveles de productividad para hacer un eficiente uso de los factores de producción. El caficultor toma decisiones para diseñar su sistema de producción, la variedad a sembrar, el número de árboles por hectárea (densidad de siembra), la duración del ciclo de producción, generalmente entre cinco y siete años. Sobre la agronomía del cultivo, desde las épocas de siembra hasta el momento propicio para realizar las labores de mantenimiento del cultivo, el resultado de dichas decisiones se expresa en el rendimiento del cultivo, es decir, en la eficiencia técnica y en el costo unitario.

Con el objetivo de estimar la eficiencia, en primer lugar, se construyó una función de costos relacionando el costo unitario de producción, costo/kg café pergamino seco (cps) y las variables tecnológicas que reflejan las decisiones en el ejercicio productivo. Así mismo, se construyó una función de producción para relacionar la productividad (kg ha-año⁻¹ de cps) con las variables tecnológicas del sistema productivo. Se trabajó una función Tipo Cobb Douglas transformada. Para estimar los parámetros β se utilizó en la regresión un modelo de datos panel (xtreg), empleando el programa estadístico Stata versión 16.

El trabajo se realizó en 22 de los 25 municipios cafeteros del departamento de Caldas (Coordenadas geográficas extremas: 04°48'32" y 05°46'43" de latitud Norte; 74°37'44" y 75°55'52" de longitud Oeste). La población objeto de estudio estuvo conformada por 136 caficultores con fincas ubicadas en el departamento de Caldas y que participan en el programa de Gestión Empresarial, con registro de información de costos de producción de manera sistemática durante siete años sin interrupción. Dado que se trabajó con todos los caficultores que cumplen dicho criterio, no se realizó muestreo sino censo.

Para cumplir con el objetivo de la investigación, se tomaron como fuentes de información los costos registrados por los caficultores en el

aplicativo "Mis costos en la web" del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas para los años civiles 2015 al 2021. Se consultó el Sistema de Información Cafetera (SICA), gestionado por la Gerencia Técnica de la Federación Nacional de Cafeteros con el propósito de conocer la estructura de la caficultura de las fincas muestreadas para cada uno de los años objeto del análisis. Información adicional de carácter socioeconómico y de toma de decisiones en los predios cafeteros en cuanto a labores agronómicas, aplicación de insumos (frecuencia, oportunidad y cantidades aplicadas), se levantó con el apoyo del Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros a través de una encuesta a los caficultores que conformaron el estudio.

Se conformó un panel de datos balanceado con información de costos de producción de los sistemas de producción y socioeconómica de 136 caficultores, para un período de tiempo de siete años.

Los caficultores se clasificaron por sus niveles de productividad: baja (PB) 31 productores (23%), con una productividad promedio inferior a 1.812,5 kg de cps; media (PM) 39 caficultores (29%), con productividad promedio inferior

a 2.450 kg de cps y con productividad alta (PA), 66 productores (49%), con productividades superiores a 2.450 kg de cps. En total, el grupo de caficultores (136) entre 2015 y 2021, presentó una productividad promedio de 2.587,5 kg de cps superior al promedio nacional (1.400 kg de cps).

En la Tabla 10 se observa que el promedio de la eficiencia económica de los caficultores fue del 89,6%. Dos clases, 85% - 90% y 91% - 100% concentraron el 94% de los productores con el 35% y el 59%, respectivamente.

Al revisar la clasificación por productividad se constató que las clases de menor eficiencia agruparon a los caficultores con menores niveles de productividad, así mismo, productores con puntajes superiores a 85% de eficiencia presentaron en su mayoría productividades medias y altas (Figura 16).

Tabla 10. Distribución de frecuencia de puntajes de eficiencia económica de los caficultores estudiados en Caldas 2015/2021.

Clases		Frecuencia	(%)	Acumulado (%)
0,75	0,8	3	2%	2%
0,81	0,85	5	4%	6%
0,85	0,9	48	35%	41%
0,91	1,0	80	59%	100%
Promedio	Mediana	Desviación	Mínimo	Máximo
0,8969	0,9052	0,3036	0,7724	0,9464

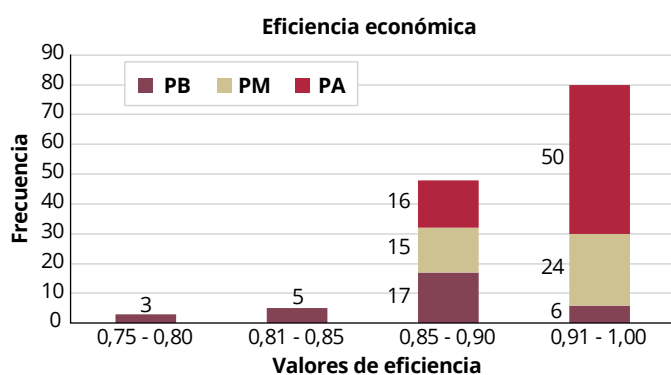


Figura 16. Distribución por clases de eficiencia para los caficultores agrupados por nivel de productividad en Caldas durante el período 2015/2021.

Consideraciones:

- Los resultados obtenidos plantean que debe considerarse la ineficiencia técnica en la función de costos de producción de los caficultores de

Caldas estudiados y la estimación de una frontera de eficiencia.

- La clasificación por eficiencia permite concluir que los caficultores del estudio con valores de eficiencia superiores a 90% presentan un nivel de productividad promedio superior en 82% y 27% respecto a los caficultores con eficiencias menores a 85% y entre 85% y 90%, respectivamente, indicando que una asignación de recursos planificada y precisa, redundante en mayores productividades y menores costos unitarios de producción.
- Se evidenciaron diferencias en la asignación de recursos tanto para definir los sistemas de producción como para la ejecución de las labores agronómicas entre los caficultores de las diferentes categorías de eficiencia económica encontradas.
- Las características de los sistemas de producción, principalmente densidad de siembra, porcentaje del área establecida con variedades resistentes, porcentaje de área en levante y edad promedio de los árboles, condicionaron la eficiencia técnica de los caficultores.
- Los recursos destinados a la recolección de café, a la fertilización del cultivo, especialmente en las fuentes de fertilizante utilizadas y en el fraccionamiento en las aplicaciones, a los gastos administrativos y al manejo de arvenses, influyeron significativamente en la eficiencia asignativa de los productores.
- Definir los sistemas de producción, considerando la condición perenne del cultivo, supone decisiones de largo plazo que, conjugadas con las prácticas agronómicas, condicionan el desempeño productivo.
- Los caficultores estudiados tienen con las tecnologías disponibles la capacidad de aumentar los niveles de eficiencia y productividad, reduciendo costos unitarios de producción.

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

Los sistemas de renovación se evaluaron en un cultivo establecido con Variedad Castillo® a libre exposición solar, ubicado en la Finca El Agrado (Montenegro, Quindío) propiedad del Comité de Cafeteros de Quindío. El presente informe corresponde al período febrero de 2017 a diciembre de 2022. La producción acumulada es superior para el sistema de zoca tradicional registrando cuatro cosechas y la travesía de la quinta cosecha,

los sistemas de zoca pulmón y calavera registraron cosechas del primer y segundo ciclos con 36% y 22% menos producción, respectivamente, frente a la zoca tradicional; el denominado sistema de safra cero con tres cosechas cada una de un ciclo de una cosecha, reporta una producción acumulada 57% inferior respecto al referente de zoca tradicional. Los costos de producción registrados a la fecha son superiores en la zoca tradicional explicados por las labores de renovación, levante y recolección; el sistema de zoca calavera presenta costos inferiores en 15% y los menores costos se presentan en los sistemas pulmón y safra cero con 19% y 35%, respectivamente, frente a la zoca tradicional. Los ingresos registrados por la venta de café en el sistema de zoca a 30 cm son superiores en 22% sobre el sistema de zoca calavera, 36% comparado con la poda pulmón y 57% frente a safra cero; las diferencias pueden ser explicadas por los tres años improductivos que acumulan estos sistemas de podas con ciclos de dos y tres años (Figura 17).

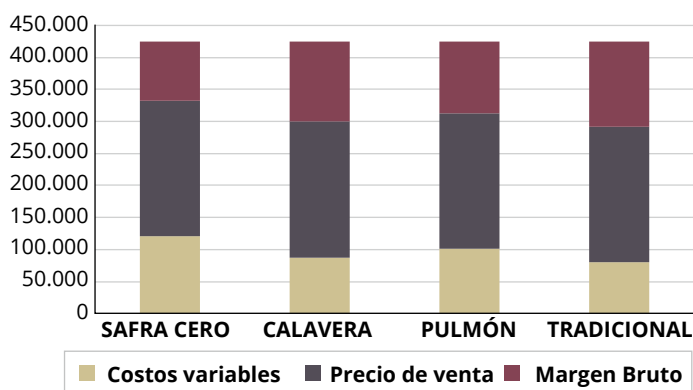


Figura 17. Costos variables y margen bruto para los diferentes sistemas de renovación al final del ciclo productivo.

Consideraciones:

- El menor costo de renovación lo presenta la zoca calavera y el mayor costo se expresa en la zoca tradicional.
- En la etapa de levante, los mayores costos están asociados a la zoca tradicional, seguida de la zoca pulmón y siendo la de menor costo la calavera. Adicional al método de renovación, el manejo de arvenses es una de las razones principales para esta diferencia en costos.
- En cuanto al total de los costos en los que ha incurrido hasta la fecha de los análisis, los mayores corresponden a la zoca convencional, seguida de la poda pulmón y finalmente de la calavera.

- Los ingresos brutos acumulados al final del ciclo son superiores en el sistema de zoca tradicional (corte a 30 cm), frente a los otros sistemas.

La información obtenida muestra que, pese a los mayores costos registrados, los ingresos percibidos en mayor proporción en el sistema de zoca tradicional se explican porque en los sistemas de poda calavera y pulmón con dos cosechas, comienza a evidenciarse el peso del segundo año improductivo, y en el sistema de safra cero el tercer año improductivo, que implican costos de renovación y levante adicionales, los cuales deben asumir las arrobas producidas en esos sistemas en el mismo horizonte de tiempo en el que la zoca tradicional registra cuatro cosechas y un solo período improductivo.

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

Estimación de Pérdidas Económicas en el Proceso de Beneficio de Café. ECO102008

El estudio se enfoca en evaluar las prácticas de beneficio de café utilizando muestras de la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná, Caldas). El análisis se divide en dos actividades principales que se llevaron a cabo durante el período de marzo a junio de 2023, época conocida como travesía en la producción de café en la región.

Para las actividades 1 y 2 de este estudio, se realizaron cinco repeticiones, de cada uno de los tratamientos planteados en la metodología, entre los meses de marzo y junio de 2023. El café utilizado en estas actividades fue obtenido en Naranjal y procesado en la planta de beneficio de café, localizada en la Granja de Cenicafé.

Actividad 1

Clasificación y combinaciones (por densidad y tamaño), en esta actividad se llevaron a cabo los tratamientos descritos en la Tabla 11. Los resultados parciales obtenidos hasta el momento se presentan en la Figura 18.

La reducción en la conversión de café pergamino seco 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, la carga se redujo en un

8,03%, y en el tratamiento 4 la disminución fue del 4,69%. Estos resultados indican las variaciones en la eficacia de los tratamientos en comparación con el quinto tratamiento utilizado como referencia.

Actividad 2.

Estado de la despulpadora. En esta actividad se evaluó el estado de la máquina despulpadora y su impacto en el proceso. Se consideraron dos tratamientos, máquina despulpadora en buen estado con clasificación en los tres puntos del beneficio (MDBE), máquina despulpadora descalibrada y/o en mal estado con clasificación en los tres puntos del beneficio (MDME).

Los resultados parciales indican que operar la máquina despulpadora descalibrada o en mal estado puede dar lugar a una pérdida del 20,39% de café pergamino seco en comparación con una máquina operando en adecuadas condiciones técnicas. Este resultado parcial resalta la importancia de mantener y calibrar adecuadamente el equipo para evitar pérdidas económicas durante el beneficio del café (Figura 19).

Tabla 11. Descripción del beneficio de la Actividad 1.

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

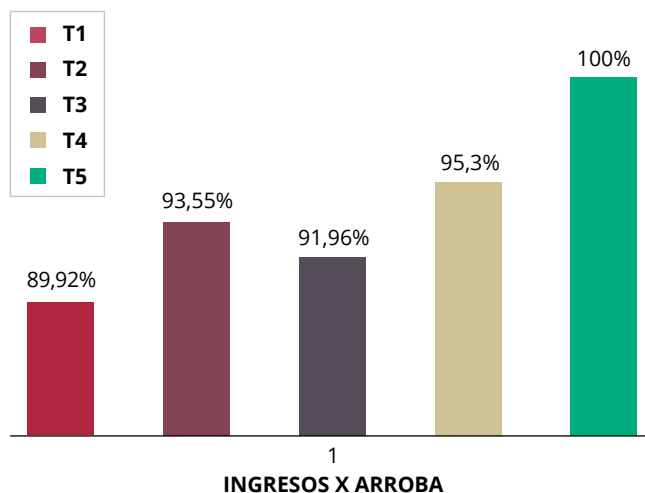


Figura 18. Ingresos por arroba de café pergamino seco para cada tratamiento.

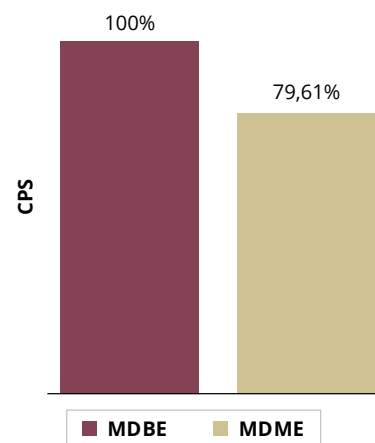


Figura 19. Diferencia de café pergamino seco (cps) obtenido por mal estado de la despulpadora.



Entomología

Comportamiento poblacional, biología, enemigos naturales y manejo del picudo quebrador de las ramas de café *Ecnomorhinus quasimodus* (Coleoptera: Curculionidae) en el Departamento de Nariño. ENT101012

Ecnomorhinus quasimodus Vanin, 1986 es una plaga nueva en cultivos de café en el Norte del departamento de Nariño presente en un rango altitudinal entre 1.700 y 2.200 m en el macizo andino. Las hembras ovipositan sobre las ramas de café en grupos de 15 a 30 posturas, insertadas en la corteza. Cuando las larvas eclosionan, barrenan la médula y dañan los haces vasculares de las ramas, las cuales se debilitan y con el peso de los frutos se quiebran (Figura 20). Por su comportamiento y ciclo de vida, que transcurre la mayor parte dentro de las ramas (Figura 21), los insecticidas son ineficaces. Con el objetivo de estudiar la fluctuación poblacional de esta especie y evaluar el efecto de la poda sanitaria en el control de la especie, se realizaron censos trimestrales en dos lotes de café. El primer lote inició con 26% de daño y al cabo de 12 meses se logró disminuir a 0,11%; igualmente, en el segundo lote, con un 70% de daño inicial, se logró disminuir el daño a 1,9%. La poda sanitaria complementada con el uso de jaulas de exclusión, donde se depositaron las ramas cortadas conteniendo huevos y larvas del picudo, permitieron la salida de las avispas parasitoides dentro de los lotes y contribuyó al incremento de los porcentajes de parasitismo natural, a la vez



Figura 20. Daños del picudo quebrador de ramas del café en el Norte de Nariño.

que se logró cortar el ciclo de vida de la plaga y evitar su dispersión. Este insecto presenta buen parasitismo natural de más del 80% por *Heterospilus* sp. (Braconidae), un parasitoide específico de huevos de *E. quasimodus*, capaz de parasitar las posturas dentro de la corteza de las ramas de café. Igualmente, las pocas larvas del picudo que logran eclosionar son parasitadas posteriormente por dos especies de avispas de los géneros *Goniozus* sp. (Bethyidae) y *Horismenus* sp. (Eulophidae). Este picudo se mantiene bajo control natural. Se registraron diez hospedantes de esta plaga, pertenecientes a nueve familias botánicas: *Citharexylum subflavescens*, *Lafoensia acuminata*, *Solanum torvum*, *Cestrum* sp., *Delostoma integrifolium*, *Tithonia diversifolia*, *Eucalyptus grandis*, *Fraxinus* sp. y *Coffea arabica* con lo que se confirma que se trata de una especie de hábitos polífagos.

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

Con el objetivo de identificar el efecto de las cochinillas de las raíces en la producción del café en Colombia, se seleccionaron nueve lotes afectados por cochinillas, en nueve fincas, tres



Figura 21. *Ecnomorhinus quasimodus*. Adulto, huevos y larva en rama de café.

en Antioquia y seis en el Quindío. En cada lote se contabilizaron los sitios perdidos, las resiembras y las plantas muertas; posteriormente, en 20 árboles productivos y sin presencia de cochinillas y en otros 20 árboles productivos, con presencia de cochinillas, se recolectó y pesó la producción total individual durante enero y julio del 2023. Se encontró que entre el 7,1% y el 25,1% de los árboles de los lotes estaban perdidos, resemebrados o muertos. En Antioquia, los resultados preliminares indicaron que la disminución relativa de la producción acumulada de los árboles con cochinillas fue del 68% con respecto a los árboles sanos, asociados a la especie *Neochavesia caldasiae*; para el departamento del Quindío, la reducción fue del 25%, donde predominaron las cochinillas enquistadas (Tabla 12). Se espera determinar la especie de cochinilla presente por árbol por finca y el efecto en la biomasa seca de la raíz.

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

La cría de broca en dietas artificiales requiere del establecimiento de una colonia de hembras fundadoras en el mismo sustrato alimenticio. Se encontró que, por cada 60 mL de dieta artificial modificada en cajas de Petri de 100 mm, puede obtenerse un promedio de 30,4 hembras fundadoras y pasados 60 días de infestación (n=90 dietas), se recuperaron en promedio 62,2 (66,8 – 57,6 IC) estados biológicos de broca por hembra fundadora. El sustrato artificial para producción de *Phymastichus coffea* ha sido modificada

en sus ingredientes originales. Estos parasitoides se vienen criando en cajas plásticas rectangulares (17x12x7 cm) conteniendo: 120 mL de sustrato artificial, 2.000 brocas y 200 avispas, con una tasa media de parasitismo de 66% (72-60) (n=55 dietas). Se determinó el efecto de la temperatura sobre la biología y reproducción de *Prorops nasuta* en dieta artificial modificada, en el rango entre 16 y 32 ± 1°C (Figura 22). La duración del ciclo (huevo-adulto) fue inversamente proporcional a la temperatura, sin embargo, a 32°C no hubo finalización de ciclo. La sobrevivencia total y la fecundidad mostraron su óptimo a 25°C (Figuras 22 y 23), siendo de 85% y 32,2 huevos por avispa, respectivamente.

Se caracterizaron dos poblaciones de *Prorops nasuta*: una procedente del campo (Nariño), donde han

Tabla 12. Promedio y error estándar de la producción por árbol (gramos) para cada departamento, cosecha y el acumulado.

Departamento	Estado	Número de árboles	Cosecha de Mitaca			Cosecha Principal			Acumulado		
			Promedio	E.E		Promedio	E.E		Promedio	E.E	
Antioquia	Sin cochinillas	60	508,7	A	50,9	1.687,7	A	176,4	2.196,3	A	184,4
	Con cochinillas	60	270,7	B	27,6	428,2	B	71,7	698,8	B	77,2
Quindío	Sin cochinillas	158	494,3	A	37,3	1.343,0	A	73,6	1.837,3	A	84,1
	Con cochinillas	132	270,1	B	22,6	1.116,1	B	82,7	1.386,1	B	89,6

En cada departamento, letras no comunes implica diferencia entre plantas sin cochinillas y plantas con cochinillas, según prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

permanecido por 30 años, y la segunda, a aquellas mantenidas en el laboratorio. La duración del ciclo y la sobrevivencia no mostraron diferencias a 25°C (Figura 25). Con respecto a la reproducción, la población del campo presentó un promedio de huevos por hembra (IC 95%) de 31,7% (34,8% - 28,8%) y la población de laboratorio de 24,8% (27,8%- 21,8%). En la población de Nariño, el 50% de las hembras ovipositaron más de 31 huevos, mientras que, en la población de laboratorio, el 74% de las hembras están por debajo de este valor (Figura 24).

Actividad de mantenimiento y caracterización del cepario de hongos de Cenicafé. ENT 103001

El cepario cuenta con 318 cepas de microorganismos, los géneros más representativos corresponden a *Beauveria bassiana* con 138 aislamientos y *Metarhizium anisopliae* con 41 aislamientos. Todos los aislamientos siguen preservados en tres métodos de almacenamiento: nitrógeno líquido (-196°C), glicerol (-20°C) y en medio de cultivo 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 2017. Todos los géneros de hongos tienen aislamientos con preservación entre uno a seis años. Este año se evaluaron y preservaron las cepas más antiguas, correspondientes a los años 2013 hasta 2016, dependiendo del género. Se evaluaron 123 cepas en total, 81 de *B. bassiana*, 13 de *Colletotrichum* sp, diez de microorganismos del suelo posibles fijadores de fosfatos, 14 *Paecilomyces* y cinco cepas de *Lecanicillium lecanii*. Se observó que *B. bassiana*, preservado hasta por diez años (desde el 2013-2014), con 81 cepas evaluadas mostró viabilidades del 70% en promedio, en los tres

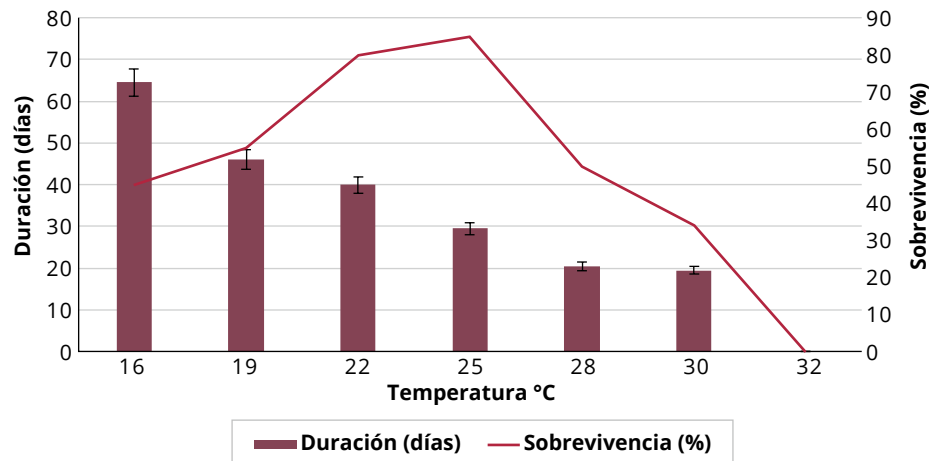


Figura 22. Duración del ciclo medio (IC 95%) (huevo-adulto) y sobrevivencia total de *Prorops nasuta* en siete temperaturas constantes sobre broca de dieta artificial modificada. Fotoperíodo 0:24h y humedad relativa 65±10% .

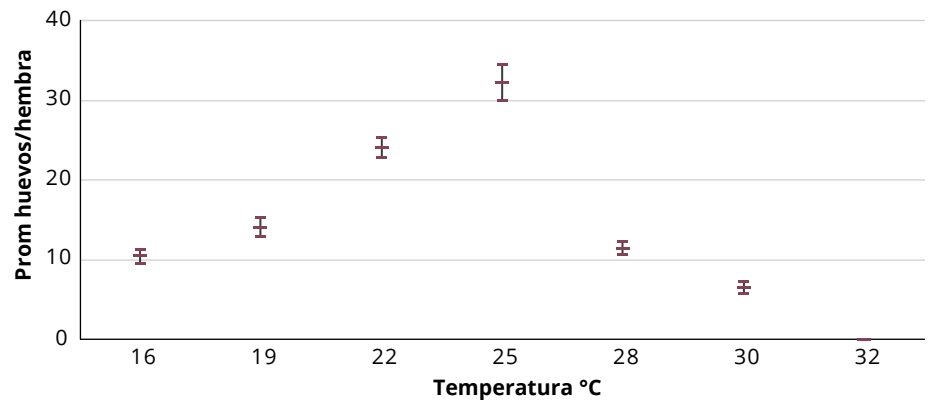


Figura 23. Número de huevos/hembra de *Prorops nasuta* en siete temperaturas constantes en granos de café pergamino infestados con broca (\bar{x} =30 estados biológicos de CBB). Fotoperíodo 0:24h y humedad relativa 65±10%. N=100 hembras.

métodos de almacenamiento. Para *Paecilomyces* sp. el promedio de germinación después de siete a nueve años fue de 91%. En las cepas de *Colletrochichum* sp. almacenadas en el 2016 se observó una mortalidad del 40%. Mientras que las almacenadas en el 2019 mostraron un promedio de germinaciones del 74%. No se aconseja almacenar cepas de *Colletotrichum* por más de cuatro años. Se evaluaron cinco cepas de *Lecanicillium lecanii* almacenadas en el 2016 y la germinación fue en promedio del 92%. Se adicionaron 16 nuevos aislamientos de *Mycena citricolor* provenientes de la Disciplina de Fitopatología.

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, en una incubadora con condiciones controladas de temperatura y humedad relativa, se evaluaron cuatro tipos de empaques (Figura 26), diseñados con materiales isotérmicos. Cada empaque tenía en el interior dos registradores de datos (HOBO Pro v2 U23) para medir la temperatura y la humedad relativa, un acumulador de frío y 250 adultos de broca del café parasitados con

Phymastichus coffea, con 20 días de desarrollo. Se evaluaron siete conjuntos de temperaturas, cuatro conjuntos de humedad relativa y ocho horarios, para un total de ocho días de evaluación. Las evaluaciones permitieron determinar que los empaques B y C presentaron la mayor estabilidad de temperatura y humedad relativa en su interior y permitieron la mayor sobrevivencia de las avispas (Tabla 13). Con estos empaques la humedad relativa se mantuvo a través del tiempo a pesar de las variaciones externas, y los cambios de temperatura externos no influyeron drásticamente en el interior del empaque (Figuras 27 y 28). En el empaque B, el promedio de la temperatura fue de $22,7 \pm 0,14^\circ\text{C}$, con mínimos de $10,4^\circ\text{C}$ y máximos de 34°C ; para la humedad relativa el promedio fue de $85,4 \pm 0,17\%$, con mínimos de $66,5\%$ y máximos de 104% ; en el empaque C, el promedio de la temperatura fue de $22,7 \pm 0,13^\circ\text{C}$, con mínimos de $10,6^\circ\text{C}$ y máximos de 34°C ; para la humedad relativa el promedio fue de $90,8 \pm 0,13\%$, con mínimos de 77 y máximos de 103% . Ambos empaques presentaron condiciones similares en el interior; sin embargo, el empaque C, es menos resistente al transporte.

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

Con el fin de seleccionar genotipos de *Coffea arabica* con menor susceptibilidad a la broca del café y alta producción, se identificaron los materiales silvestres de *C. arabica* E286 y E554 al igual que materiales híbridos provenientes de estos. Se seleccionaron cuatro híbridos F1: CU1842xE286, CX2385xE286, CX2385xE554 y CX2848xE554. Los materiales fueron propagados in vitro por embriogénesis somática. Las plantas clonadas fueron trasplantadas en el campo en abril de 2018, en la Estación La Catalina en Risaralda, junto con plantas de cultivo in vitro de CX2848 y plantas obtenidas por semilla de variedades comerciales: Cenicafe 1 y Castillo® Naranjal. Con los frutos maduros se realizaron dietas artificiales y, usando directamente las semillas, también se determinó en el laboratorio el efecto de estas sobre la broca del café. En las dietas los dos híbridos provenientes del E286 causaron las

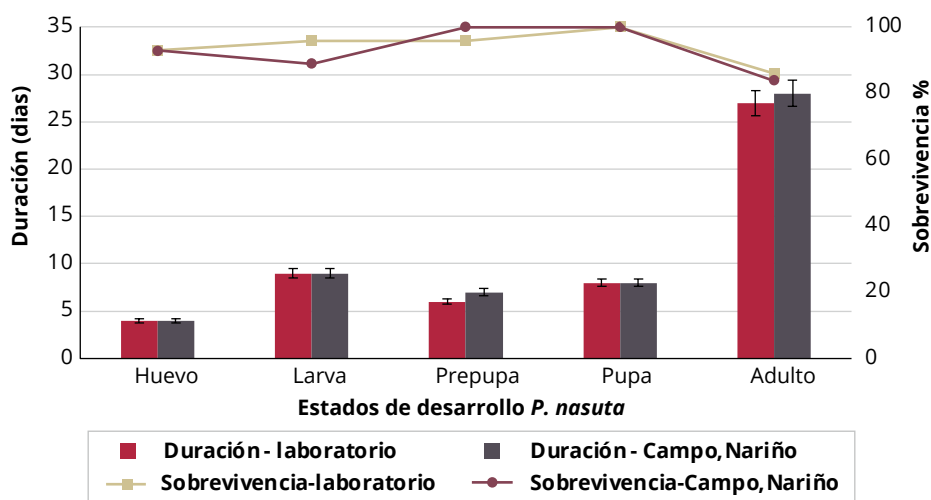


Figura 24. Duración del ciclo media (IC 95%) (huevo-adulto) y sobrevivencia total de *Prorops nasuta* de dos poblaciones sobre dieta artificial CBB modificada. Temperatura $25 \pm 1^\circ\text{C}$, fotoperíodo 0:24h y humedad relativa $65 \pm 10\%$. Nota: no se tuvo en cuenta la duración del período de pre-oviposición.

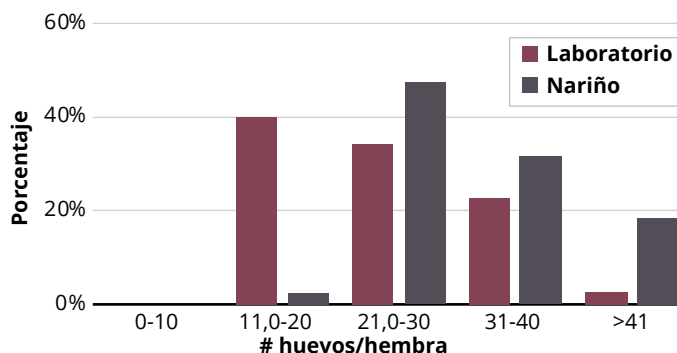


Figura 25. Histograma de frecuencia del número de huevos por hembra de dos poblaciones de *Prorops nasuta*. Temperatura $25 \pm 1^\circ\text{C}$, fotoperíodo 0:24h y humedad relativa $65 \pm 10\%$. N=40 hembras/población

mayores mortalidades en la broca (40%). Al evaluar las semillas se corroboró que estos mismos materiales afectan al insecto con disminuciones del 40% y 50% de las poblaciones de broca. Adicionalmente, los híbridos CU1842xE286, CX2385xE286 y CX2385xE554 en el campo mostraron reducciones de hasta 70% en la población de adultos de broca con respecto a los controles, en infestaciones artificiales. Las evaluaciones de los híbridos durante cinco años (2018 a 2023) muestran características agronómicas sobresalientes con expresión de vigor híbrido. La altura de las plantas inicialmente fue superior en CU1842XE286, CX2385XE286 y CX2848XE554 hasta el mes 42. Sin embargo, a partir del mes 53, los siete genotipos presentaron una altura similar (Figura 29). Con respecto al número de cruces (Figura 30), los cuatro híbridos superaron a los materiales comerciales y CX2848, en los híbridos a los 36 meses se alcanza el número de cruces que muestran 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 CX2385xE286, CU1842xE286 y CX2848xE554. En los controles y materiales comerciales se alcanza una producción de 10 kg/planta luego de 60 meses, mientras que en los híbridos esta producción se alcanza entre 36 y 48 meses. Los híbridos CX2385xE286 y CU1842xE286, luego de 60 meses, duplicaron la producción de los materiales comerciales (Figura 31). En los híbridos las pruebas de calidad en taza mostraron puntajes en la escala SCA entre 81,5 y 82,5 (calidad muy buena). Se realizaron los cruces inversos de estos híbridos y se cuenta con 60 plantas sembradas en el campo de E286xCU1842 y E286xCX2385, E554xCU1842, E554xCX2385 y E554xCX2848. Se cuenta con tres líneas híbridas con alta producción acumulada, calidad muy buena, resistencia a roya y menor susceptibilidad a la broca del café, con las que iniciarán el proceso de propagación masiva.

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

Con el propósito de obtener plantas de café con menor atracción a la broca, utilizando la metodología CRISPR/Cas9, se propuso silenciar la expresión de los dos genes asociados con la producción de los volátiles Alpha 1 y Alpha 2, que atraen a la broca. Para esto, de las tres aproximaciones metodológicas para lograr el objetivo, se procedió a:

1. Evaluar la edición genética de ocho plantas resistentes al herbicida glufosinato de amonio (Figura 32)



Figura 26. Empaques evaluados. **a.** Caja de cartón forrada con poliuretano; **b.** Caja de cartón con nevera de icopor en el interior y cerrado hermético; **c.** Caja de cartón con nevera de icopor en el interior forrada con thermolon con cerrado hermético; **d.** Caja de cartón forrada con thermolon. La nevera de icopor del empaque **b** y **c** se diferencian en el espesor del icopor, siendo la **b** más gruesa.

Tabla 13. Porcentaje de emergencia de *Phymastichus coffea* en los diferentes tipos de empaques.

Tipo de empaque	Emergencia de <i>P. coffea</i> (%)
a	29,0
b	85,6
c	83,2
d	14,4

que fueron PCR positivas para los genes *Bar* y *Cas9*, obtenidas por modificación genética de chapolas de café mediada por *Agrobacterium* con Crispr/Cas9-Alpha1. En estas plantas, los productos de PCR de los genes *Bar* y *Cas9*, se secuenciaron utilizando Miseq™ en la región de unión del sgRNA (sitio de edición genética). Se encontró que el gen Alpha 1 presenta dos alelos, un alelo similar al gen de referencia reportado (alelo 1) y el otro alelo (alelo 2) con seis SNV (single nucleotide variant), esto podría deberse a que *Coffea arabica* por ser alotetraploide (2n=4x=44), tiene carga alélica tanto de *C. eugenoides* como de *C. canephora*. Por lo tanto, las plantas que se enviaron para el análisis Miseq™, contienen una combinación del alelo 1 y alelo 2, y adicional a esto, en la planta 66 se registra un nuevo alelo con un cambio T>A en la posición 9 nucleótidos upstream y la planta 88 contiene un cambio A>G en la posición 114. Las plantas se encuentran en invernadero y se espera formación de frutos para evaluación de niveles de expresión de los genes y preferencia de la broca.

2. Se ha realizado un evento de modificación genética de tejido embriogénico del genotipo CX2385xE288 para Crispr/Cas9Alpha1 y Alpha2, se está seleccionando con una concentración de 0,1 g L⁻¹ del herbicida.

3. Se realizó la evaluación molecular del primer evento con polen modificado (Figura 33). A partir de 216 frutos formados y 151 embriones

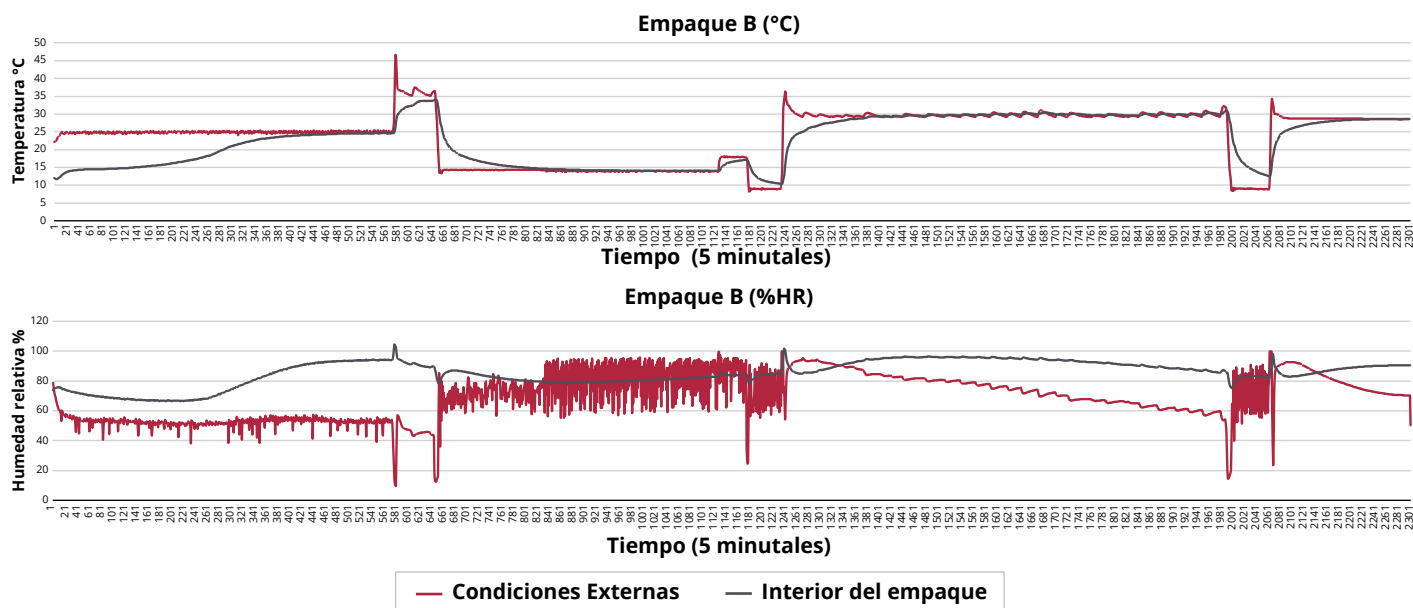


Figura 27. Temperatura y humedad relativa en el exterior e interior del empaque B.

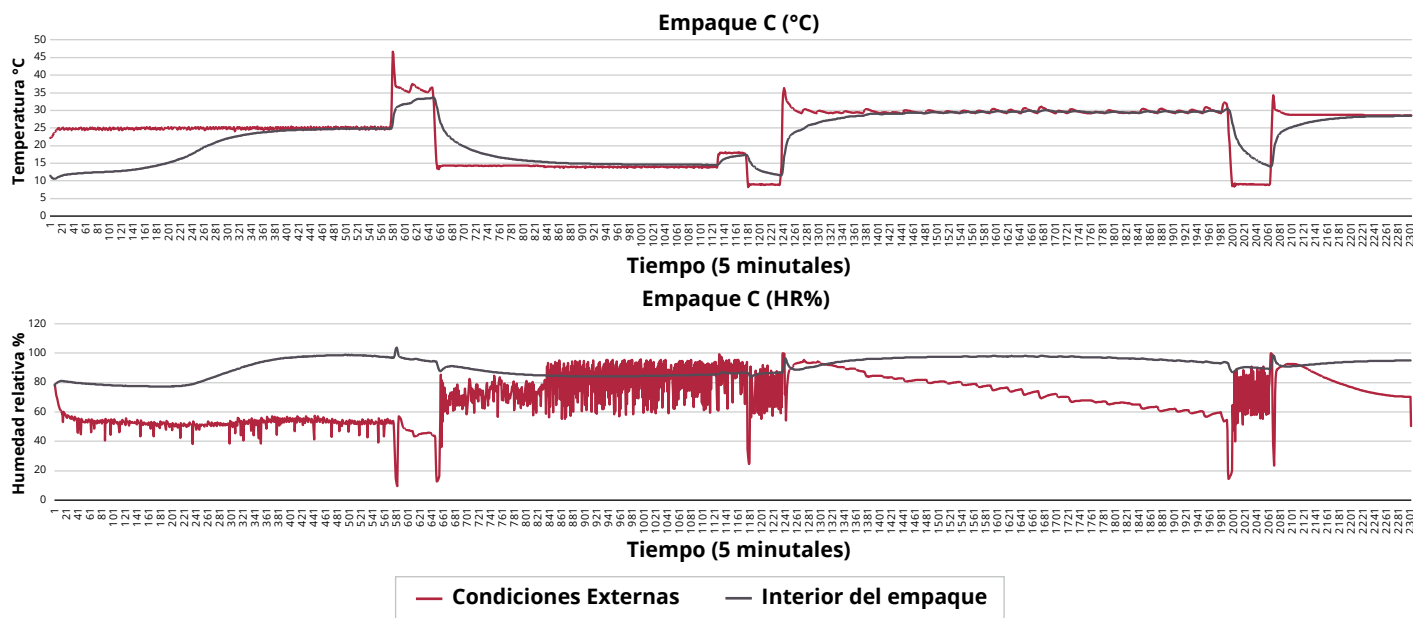


Figura 28. Temperatura y humedad relativa en el exterior e interior del empaque C.

evaluados, se identificaron 20 plantas PCR positivas para el gen *Cas9* del tratamiento de polen con el vector Crispr/Cas9-Alpha2. En conclusión, se han obtenido dos plantas con un nuevo alelo de interés en el gen Alpha 1 y se espera evaluar si ese cambio en genotipo permite un cambio en el fenotipo a nivel de expresión del volátil Alpha 1, se espera seguir evaluando el tejido embriogénico que esté posiblemente transformado con los vectores de interés y se continua con las pruebas moleculares para evaluar eficiencia de edición genética en plantas que han germinado de polen modificado (Figura 33).

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

El objetivo de esta investigación es evaluar insecticidas de nueva generación y bajo impacto ambiental que no estén prohibidos o restringidos en la zona cafetera colombiana para el control de las cochinillas de las raíces del café. Se evaluaron insecticidas que habían sido previamente seleccionados en evaluaciones de laboratorio. Los resultados, a los 14 días de las aplicaciones de cada tratamiento, mostraron que para el control de *Puto barberi*, evaluado en el campo,

los insecticidas dinotefuran 1,5 g L⁻¹ y un botánico comercial 4,0 cc L⁻¹ con 6,6 y 6,9 individuos vivos por planta infestada, mostraron un control significativamente similar a tiametoxam 0,4 g L⁻¹ (Testigo Relativo TR) con 6,2 individuos (Tabla 14). Para el control de *Dysmicoccus* sp, en condiciones de almácigo, los resultados a los 30 y 60 días después del tratamiento mostraron, según prueba estadística t al 5%, que solo dinotefuran, con un número de individuos vivos por planta de 1,4 y 1,5 individuos, respectivamente, fue igual al TR que tuvo 1,1 y 1,4 individuos por planta; sin embargo, una comparación por cuadrados mínimos, determinó que a los 30 días el botánico comercial con 3,1 individuos por planta fue igual a dinotefuran, pero a los 60 días fue significativamente inferior. La evaluación de los insecticidas sobre *Pseudococcus* sp, bajo condiciones de almácigo, no fue concluyente. Estos resultados permiten identificar a dinotefuran y el botánico como insecticidas con alto potencial para el control de cochinillas de las raíces.

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

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), proveniente del África, es la mayor plaga a nivel global en el cultivo del café. Esta ha invadido muchas zonas de producción de café en todo el mundo, que no cuentan con enemigos naturales. En este estudio, dos parasitoides africanos, *Prorops nasuta* Waterston (Hymenoptera: Bethyridae) y *Phymastichus coffea* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae), fueron criados masivamente y liberados en

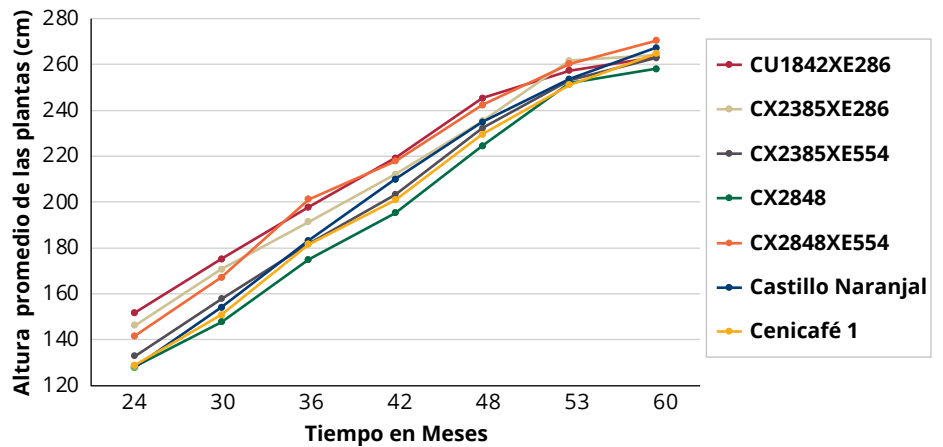


Figura 29. Altura promedio de las plantas en los siete genotipos evaluados durante 60 meses.

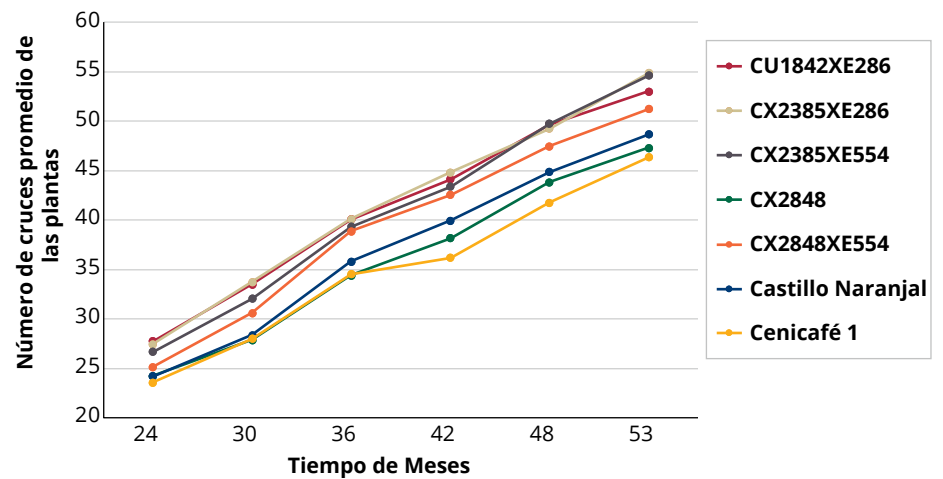


Figura 30. Número de cruces por planta en los siete genotipos evaluados durante 60 meses.

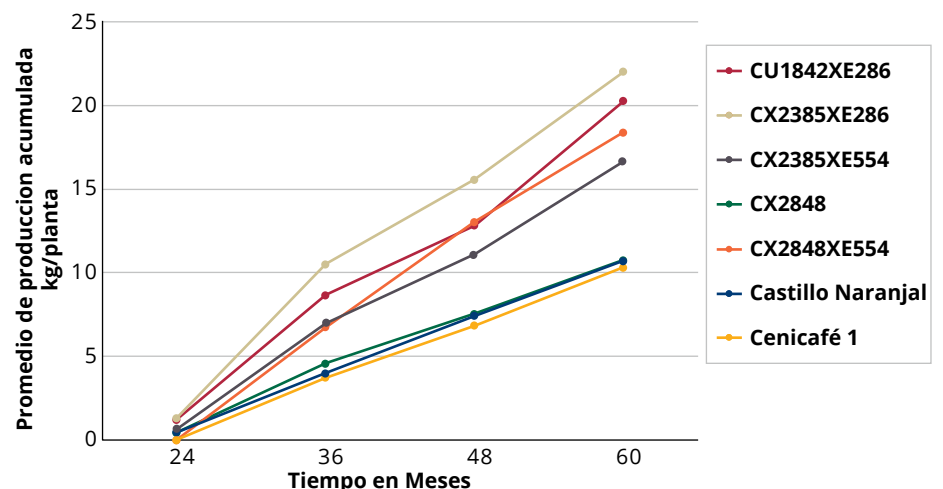


Figura 31. Producción por planta en los siete genotipos evaluados durante 60 meses.



Figura 32. Plantas modificadas (2021) mediante inoculación de epicótilos con *Agrobacterium tumefaciens* conteniendo vectores de interés (Crispr/Cas9-Alpha 1 y *pEarlyGate100*), se seleccionaron al crecer luego de la aplicación de herbicida (1 g L⁻¹ glufosinato de amonio).

el campo para controlar la presión ejercida por la broca. Más de 1,5 millones de avispas de cada especie fueron liberadas en una finca cafetera de 70 ha en el municipio de Chinchiná (Colombia), resultando en rangos de parasitismo de hasta 7,7% para *P. nasuta* y 56,3% para *P. coffea* (Figura 34). Esto conllevó a una reducción de las poblaciones de *H. hampei* hasta de un 81% en los lotes de dispersión (cultivos viejos de café antes del zoqueo) y de 64,3% en los de colonización (cultivos nuevos de café con crecimiento activo e inicio de producción) dentro de la finca. Como resultado de esta estrategia "Area-Wide", el porcentaje de los frutos de café cereza infestados en los parches de colonización disminuyó entre un 51,1% hasta un 77,5% comparado con las parcelas de café en donde no hubo liberación de los parasitoides (Figuras 35 y 36). Esta aproximación es una alternativa promisoría al empleo de insecticidas

químicos y podría ser usado dentro de los programas actuales del Manejo Integrado de la Broca (MIB).

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

Con el objetivo de validar el manejo del cultivo de café sin el uso de insecticidas de síntesis química, se realizó una caracterización de la Estación Experimental La Catalina con el fin de establecer de manera escalonada: **1.** Estrategias de control biológico, cultural y etológico para el manejo integrado de la broca del café; **2.** Identificación de las especies de cochinillas más limitantes y validación de productos biológicos, botánicos y minerales para su control; **3.** Mantenimiento de las prácticas de control biológico por conservación del minador de las hojas del café; **4.** Identificación de plagas y sus enemigos naturales en cultivos intercalados de maíz y fríjol para ser controladas sin insecticidas químicos. Los resultados de este primer año permitieron caracterizar los lotes de mayor dispersión por broca y los focos donde se presentan mayores ataques (Figura 37). Se realizaron las evaluaciones de monitoreo en el campo y se han identificado los momentos oportunos para el control con el biocida *Beauveria bassiana*, registrando mortalidades hasta del 93% cuando el producto posee la calidad esperada de concentración, germinación y pureza. Se reconocieron



Figura 33. Germinación de semillas obtenidas a partir de polen modificado (Crispr/Cas9Alpha1, Crispr/Cas9-Alpha2 y Ribonucleoproteína RNP) en invernadero. **a.** Frutos maduros de anteras polinizadas con polen modificado. **b.** Semillas de café sin pergamino de cada uno de los tratamientos evaluados (control polen, control polen sonificado, polen sonificado alpha 1 y polen sonificado alpha 2). **c.** Germinación de las semillas de café después de 50 días. **d.** Semillas en estado de fósforo. **e.** Chapolas. **f.** Plantas.

los cafetales con afectaciones de cochinillas harinosas de las raíces para iniciar el control con insecticidas y proceder con el uso de otros productos no químicos durante el año 2024. Se realiza seguimiento a plantas de maíz para la identificación de plagas y enemigos naturales. La infestación por broca en el año 2023 se ha mantenido en los niveles más bajos registrados desde 2012 (Figura 38), sin la aplicación de insecticidas de síntesis química.

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

La retención de pases por 35 días para la cosecha de café asistida con lonas es una práctica que permite aumentar la oferta de frutos maduros de café; sin embargo, se aumentan los riesgos de infestación por broca del café al quedar los frutos maduros expuestos durante un tiempo de alta dinámica de dispersión de broca. Razón por la cual la recomendación actual es de no retener cuando la infestación supera el 2,0%. Con el objetivo de identificar las fuentes de infestación de la broca del café y poder establecer estrategias de control cuando no se cumple con el nivel mínimo de infestación para retener, se evaluó el comportamiento de la broca en la cosecha principal del año 2022. Los tratamientos evaluados fueron: T1, Árboles con frutos perforados en el árbol y sin frutos perforados en el suelo; T2, Árboles sin frutos perforados en el árbol y con frutos perforados en el suelo; T3, Árboles con frutos perforados en el árbol y con frutos perforados en el suelo; T4, Árboles sin frutos perforados en el árbol y sin frutos perforados en el suelo. La unidad experimental (UE) estuvo conformada por un árbol de café con frutos de 230 días después

Tabla 14. Estimación de promedios para el número de individuos vivos por planta tratadas para el control de *Dysmicoccus* sp. (Estación Experimental Paraguaicito-Quindío, 2023).

Tratamiento	Día	N*	Número Individuos vivos/planta		
			Media	Desviación	EE
Antes de la aplicación	-1	28	52,61	41,60	7,86
Agua (T.A.)	30	43	13,12	30,06	4,58
Tiametoxam 0,4 g L ⁻¹ (T.R.)	30	12	1,08	0,29	0,08
Dinotefuran 1,5 g L ⁻¹	30	8	1,38	0,74	0,26
Botánico 4,0 cc L ⁻¹	30	14	3,14	3,08	0,82
Spirotetramat 4,5 cc L ⁻¹	30	30	7,13	10,22	1,87
Cal Apagada 40,0 g L ⁻¹	30	34	17,15	23,25	3,99
Agua (T.A.)	60	43	20,19	33,76	5,15
Tiametoxam 0,4 g L ⁻¹ (T.R.)	60	11	1,36	0,50	0,15
Dinotefuran 1,5 g L ⁻¹	60	6	1,50	0,84	0,34
Botánico 4,0 cc L ⁻¹	60	16	9,19	15,31	3,83
Spirotetramat 4,5 cc L ⁻¹	60	41	25,44	43,30	6,76
Cal Apagada 40,0 g L ⁻¹	60	37	39,51	65,90	10,83

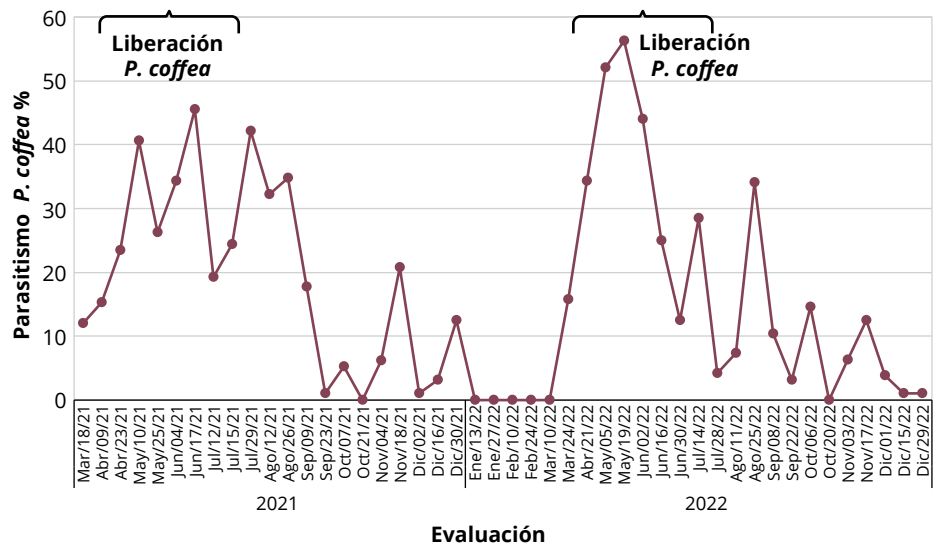


Figura 34. Porcentaje de parasitismo a través del tiempo de *P. coffea* en los parches de colonización de la finca San José.

de floración (ddf) (día 0), bajo dos modalidades, árboles cubiertos con jaula entomológica y árboles expuestos. Por cada tratamiento se tuvieron ocho repeticiones. Al inicio del experimento, a los 230 días después de la floración ddf (día cero de retención), se aseguró que la infestación en los tratamientos estuviera entre el 2% y el 6%. Al día 265 ddf (día 35) se evaluaron los porcentajes de infestación de broca y el número de frutos totales en cada árbol. Los resultados muestran que los frutos afectados que se quedan en los árboles producen altos niveles de infestación en los mismos árboles; sin embargo, los frutos brocados en el suelo,

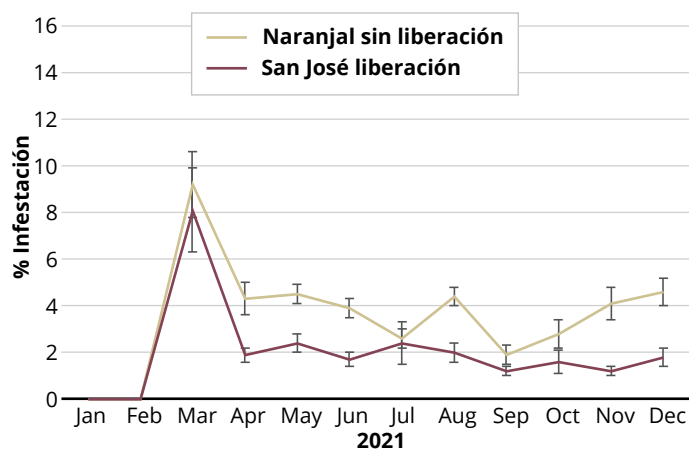


Figura 35. Infestación de la broca del café por rama productiva a través del tiempo en los parches de colonización de la finca San José en el 2021.

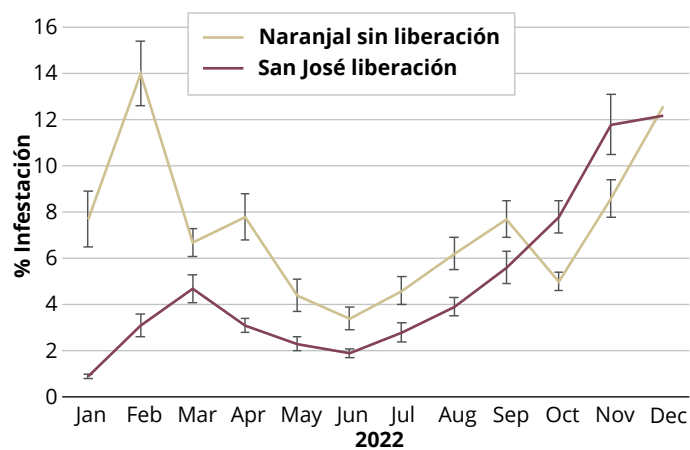


Figura 36. Infestación de la broca del café por rama productiva a través del tiempo en los parches de colonización de la finca San José en el 2022.

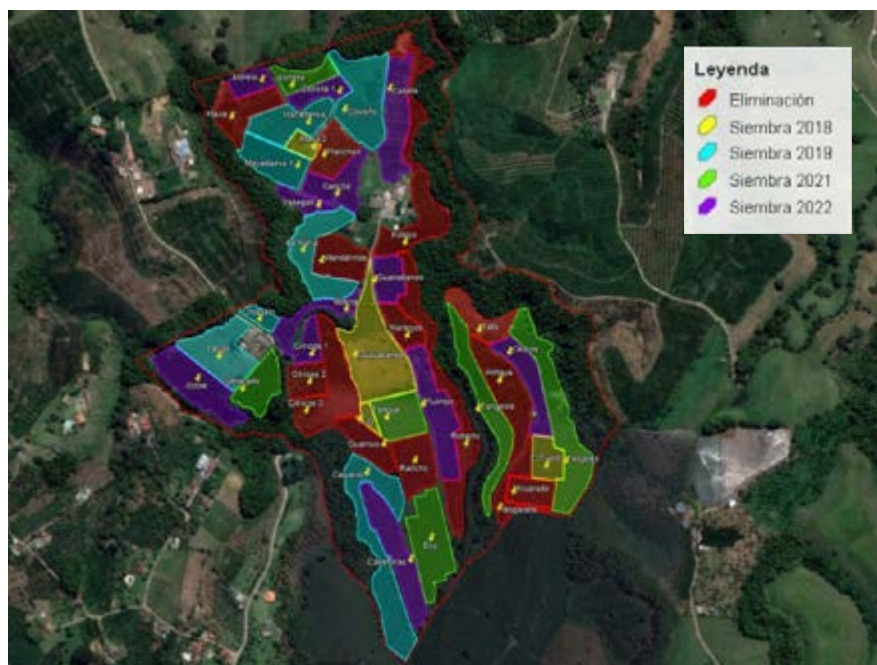


Figura 37. Caracterización de la Estación Experimental La Catalina. Polígonos rojos: Parches de dispersión; Polígonos verdes y morados: Parches de colonización; Polígonos amarillos y azules: Resto de lotes en preparación a tercera, cuarta y quinta cosecha.

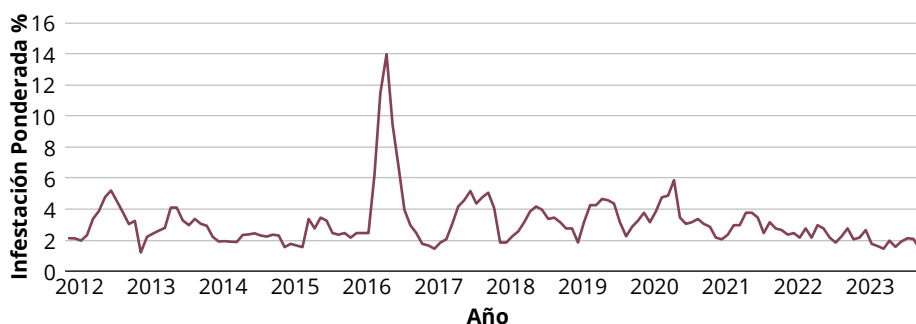


Figura 38. Porcentaje de infestación por broca ponderada en la Estación Experimental La Catalina.

a pesar que ejercen una menor presión sobre los daños en el árbol, contribuyen a aumentar la infestación por broca por encima del nivel de daño económico del 5% (Tabla 15). Con estos resultados, se hace necesario evaluar estrategias que controlen la broca, tanto del suelo como del árbol. Por esta razón, se evaluó posteriormente el efecto en la infestación por broca de la recolección de frutos del suelo con canastilla al inicio de la retención de pases y la aplicación del hongo *Beauveria bassiana* Bb 10 días después de la retención. Para esto se establecieron cuatro tratamientos: T1. Recolección de frutos del suelo con canastilla (Figura 39) + aplicación de Bb; T2. Aplicación de Bb; T3. Recolección de frutos del suelo con canastilla; y T4. Testigo absoluto sin control. Las aplicaciones del hongo BB se realizaron a los 10 días después de la retención y se dirigieron al árbol y al suelo. Los resultados confirman las razones por las cuales no deben realizarse retenciones cuando la infestación supera el 2%; el testigo absoluto superó el 22% de infestación (Tabla 16). Las aplicaciones del hongo Bb y las recolecciones de los frutos del suelo contribuyeron a disminuir la broca a niveles cercanos o menores al 5%. Estos resultados deberán ser validados en lotes comerciales.

Tabla 15. Infestación media (%) y coeficiente de variación, por cada modalidad y fuente de infestación (tratamientos), al finalizar el tiempo de retención – cosecha principal.

Fuentes de infestación	Modalidad			
	Árboles confinados		Árboles sin confinar	
	Media	CV(%)	Media	CV(%)
T1. Árboles con frutos perforados sólo en el árbol	10,6	33,2	12,1	35,5
T2. Árboles con frutos perforados solo en el suelo	5,6	42,7	7,6	39,7
T3. Árboles con frutos perforados en el árbol y en el suelo	18,4	28,8	13,2	25,3
T4. Árboles sin frutos perforados en el árbol ni en el suelo	2,0	45,6	3,3	43,7

Tabla 16. Promedio y error estándar, para diferentes prácticas de control de broca del café evaluadas, al inicio y finalización de la retención del pase de cosecha principal.

Tratamiento	No. UE	Inicio de la retención del pase		Finalización de la retención del pase	
		Media	EE	Media	EE
T1. Recolección de frutos del suelo con canastilla + aplicación de <i>Bb</i> 10 días después en el árbol y suelo	15	3,3 A*	0,6	3,6 B*	0,7
T2. Aplicación de <i>Beauveria bassiana</i> (Bb) 10 dd	15	4,0 A	0,7	4,8 B	0,8
T3. Recolección de frutos del suelo con canastilla	15	5,0 A	0,6	5,4 B	0,6
T4. Testigo absoluto sin control	15	6,2 A	1,8	22,8 A	2,5

*Tanto para el inicio como finalización de la retención del pase, letras no comunes implican diferencias entre promedios, según prueba de Tukey al 5%.



Figura 39. Canastilla para recoger frutos de café del suelo, que se quedan después de finalizadas las cosechas.



Experimentación

Para el informe del año cafetero 2022 - 2023, la Disciplina de Experimentación continúa con la coordinación técnico administrativa de las ocho Estaciones Experimentales de Cenicafé, con un área total de 353,64 ha.

De ellas, 119 ha están cultivadas en café; el 63% están destinadas a la producción de semilla de variedades Castillo®, Cenicafé 1, Castillo Zonales y Tabi; el 29% en proyectos de investigación y el 8% en el parque experimental, que equivale a áreas con lotes potenciales para establecer nuevas actividades de investigación.

En el uso del suelo, se tienen 80,09 ha destinadas a la conservación de aguas, áreas forestales, guadua y bosques; 39,01 ha en pastos, entre otros, mientras que la infraestructura ocupa un área de 13,78 ha y se tienen 73,31 ha en otros usos y áreas no cultivables.

Se desarrollaron 119 réplicas de investigaciones, de las cuales 106 continúan vigentes. Por disciplinas, se destacan por su participación en el desarrollo de investigaciones, Fitotecnia con 25, Suelos con 18 y Mejoramiento Genético con 12, entre otras. En cuanto a las réplicas, se resaltan Naranjal con 43, Paraguaicito con 16, La Catalina con 15 y El Tambo con 13.

Además, se desarrollaron 14 réplicas de investigación en fincas de caficultores ubicadas en el área de influencia de las Estaciones Experimentales, de ellas siguen vigentes 13; sobresaliendo el apoyo de las Estaciones Paraguaicito con cinco y Naranjal, El Rosario y San Antonio con tres réplicas cada una.

En el apoyo al Servicio de Extensión, en actividades de transferencia de las tecnologías generadas por Cenicafé, durante este período, se recibieron

9.746 visitantes, entre caficultores, extensionistas, estudiantes y otros; un 209% más que en el período anterior, debido a la continuidad de la reactivación en el apoyo al Servicio de Extensión en cuanto a visitas a las Estaciones. El 66% de ellos corresponden a caficultores, el 9% a técnicos externos y el 9% a extensionistas de la Federación.

Sistema de Gestión

En el Sistema de Gestión Integral (SGI), en el proceso de Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, con la norma ISO 9001, que tiene alcance de todas las Estaciones Experimentales en el componente de calidad, la implementación de la ISO 14001 en el componente ambiental en la Estación Naranjal y la ISO 45001 en todas las Estaciones, se vienen 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 Federación Nacional de Cafeteros (FNC) y de los contratistas que apoyan el proceso.

Semilla

Para este período, se distribuyeron 69.108 kg de semilla de bolsa a los diferentes Comités de Cafeteros, presentando una reducción del 17% con respecto al período anterior. La distribución de semilla tipo "Comités" destinada específicamente a germinadores comunitarios elaborados por los Comités de Cafeteros y con miras a apoyar proyectos institucionales para pequeños caficultores fue de 15.390 kg, un 46% más con respecto al período anterior. Para un total de semilla distribuida de 84.498 kg y un cumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio (ANS) del 86%.

Por variedad, del total de semilla que se distribuyó en el período, se resalta el 50% de Cenicafé 1, seguido de la variedad Castillo Zona Centro con el 15%, Castillo Zona Sur con el 14% y Castillo Zona Norte con el 9%.

La procedencia de la semilla distribuida en este período, el 35% se produjo en la Estación Experimental Naranjal, seguida del 22% en La Catalina, el 18% en La Trinidad y el 11% en Paraguaicito.

Los resultados de las pruebas en laboratorio para este año cafetero indican que todos los lotes distribuidos

tuvieron un porcentaje promedio de germinación del 89,1% y las pruebas de germinación en arena, arrojaron en promedio el 83,6% para todos los lotes.

Se hizo gestión documental ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para solicitar el registro de Nacional de Cultivares para las variedades Cenicafé 1, Castillo Zona Centro, Norte, Sur y variedad Tabi. Se establecieron las pruebas Distinguibilidad, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) con las ocho progenies que serán objeto de registro hasta el año 2026.



Fisiología Vegetal

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

En Colombia, la recolección de los frutos de café durante el período de cosecha, es el resultado de múltiples floraciones que conllevan a la madurez heterogénea de los mismos. Para disminuir el número de recolecciones podrían hacerse intervenciones sobre el desarrollo natural de los frutos maduros mediante el uso de retardantes de madurez como son los inhibidores de etileno. Previamente la disciplina encontró que dos inhibidores de etileno en el campo retardaron la emisión de etileno en un 16% en los frutos sobremaduros y en un 13% en los frutos maduros en la cosecha principal, mientras que en la cosecha secundaria no hubo diferencia. En este informe se publican los resultados de una investigación que tiene como objetivo verificar mediante análisis de cromatografía de gases la inhibición del etileno en frutos de café con estos dos retardantes cuyos ingredientes químicos son: el aminoetoxi-vinil-glicina (AVG) a 100 ppm y el ácido salicílico (AS) a 1 mM. En esta primera fase del proyecto se muestran los resultados de la aplicación del ácido salicílico (1 mM) en frutos de diferentes estados de madurez de la Variedad Castillo® con una edad de cultivo de 24 meses sembrada en la Estación Experimental Naranjal de Cenicafé. Como testigo absoluto se utilizaron frutos sin aplicación del inhibidor de etileno. Los frutos se recolectaron y se analizó la emisión de etileno en los tiempos de una hora, al día uno, al cuatro, al ocho y doce días después de aplicado el producto (Figura 40).

En la Figura 41 se observa el área bajo la curva correspondiente a la cantidad de etileno detectado mediante cromatografía de gases (eje *y*) en cuatro estados de maduración del fruto de café clasificados de acuerdo a la escala cromacafé® (eje *x*), donde el fruto verde tuvo la menor cantidad de emisión de etileno de los cuatro estados, representando el 40% menos que el maduro (maduro 5), siendo este estado donde se observa la mayor emisión de etileno. Este comportamiento es muy similar a los encontrados por otras investigaciones, confirmando que los frutos de café presentan un comportamiento de fruto climatérico, aunque su nivel de expresión es muy bajo comparado con otros frutos climatéricos como la manzana.

En la Figura 42 se presentan los resultados del efecto del ácido salicílico (1 mM) en la emisión de etileno después de 1 hora y uno,

cuatro, ocho y 12 días de la aplicación del retardante. Las barras vinotinto corresponden a la cantidad de etileno, expresado como el área bajo la curva del cromatograma, emitido por los frutos de café en el tratamiento de control y las barras de color uva es el etileno emitido en el tratamiento con el inhibidor ácido salicílico y, sobre las barras, se expresa el porcentaje de inhibición con relación al control. Se observa que hay una inhibición de etileno desde la primera hora de aplicación del retardante, manteniendo su efecto hasta el día cuatro después de aplicado, también se aprecia que, posterior a este día, su poder de inhibición comienza a disminuir hasta tener un efecto no mayor del 7% en los diferentes estados de maduración (Figuras 42a - 42e) y en la Figura 42f se muestra el promedio del efecto del ácido salicílico.

En este estudio también se determinó la respiración de los frutos en los diferentes estados de maduración debido a que la emisión de etileno y la respiración celular están conectadas por reacciones bioquímicas en las que el etileno estimula la respiración y la respiración, a su vez, puede aumentar la producción de etileno. Se determinó la tasa de

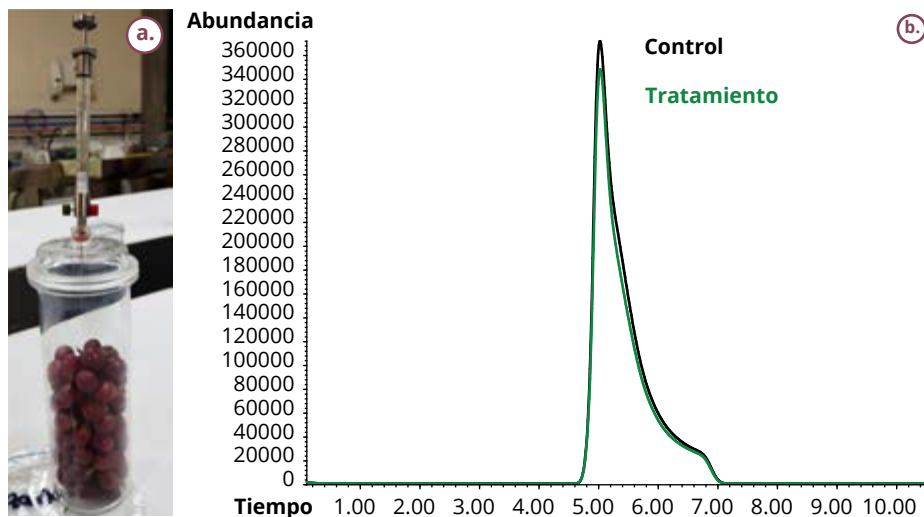


Figura 40. Análisis mediante cromatografía de gases de la emisión de etileno en frutos de café tratados con ácido salicílico. **a.** Captura del etileno emitido por frutos de café mediante la técnica de espacio de cabeza; **b.** señal del etileno registrada por el cromatógrafo de gases de una muestra de frutos de café tratados con el ácido salicílico. El color verde corresponde al área bajo la curva de los frutos con tratamiento de AS y el negro a la muestra sin tratamiento.

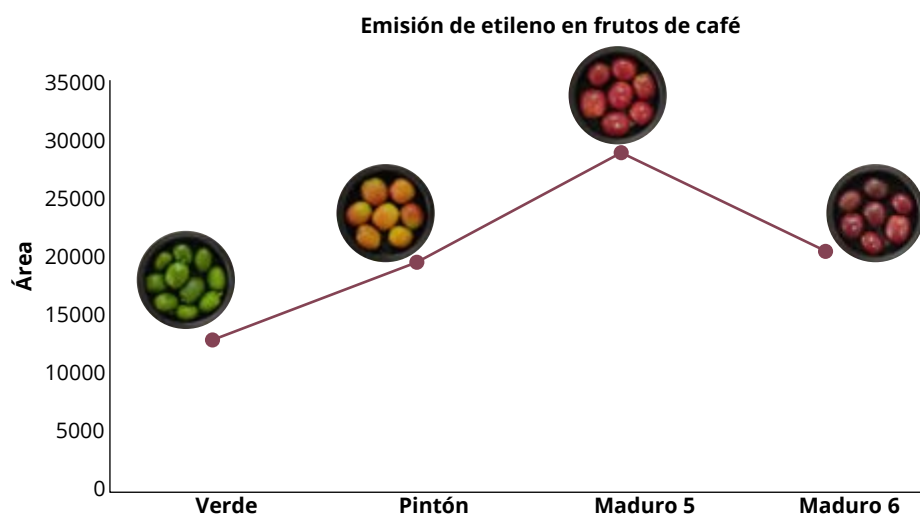


Figura 41. Comportamiento de la emisión de etileno en frutos de *C. arabica*, Variedad Castillo® recolectados en cuatro estados de maduración de acuerdo a la escala de cromacafé. El eje x corresponde al área bajo la curva del pico de etileno del cromatograma obtenido mediante el análisis de gases.

respiración, expresada como la concentración de CO₂ (ppm) por segundo (s), emitido por los frutos de café en los diferentes estados de maduración por el efecto del tratamiento. En la Figura 43 se observa la tasa de respiración de los frutos de café, donde el estado de maduración verde (Figura 43a), no presentó un cambio marcado en su tasa de respiración en los diferentes días analizados, mientras que para los demás estados de maduración (Figura 43b - 43d), se observó una disminución de la respiración, evidenciando el efecto del tratamiento con el ácido salicílico en la reducción de la tasa de respiración.

las variables LA, relación de aspecto (RLW= L/W) y con el parámetro "n" de la ecuación simplificada de Gielis, además de una evaluación descriptiva de las características de la hoja. El modelo (MI) obtuvo mayor exactitud estimando el LA por línea que por población, dados los menores valores de la raíz del error cuadrático medio (RMSE) registrados por línea (Tabla 18), de este modo las diferencias encontradas por línea no están vinculadas con su población. El Modelo II mostró que ninguna de las líneas tiene un parámetro a estadísticamente igual a 1, aunque b logró ser estadísticamente igual en el 67% de las líneas (Tabla 19). Por lo tanto, el doble de la longitud no puede usarse

Los resultados indican que la emisión de etileno varía dependiendo del estado de maduración de los frutos y que el efecto del tratamiento con el ácido salicílico no superó en más del 20% la inhibición de la emisión de etileno. La respiración disminuyó con respecto a la aplicación del tratamiento.

Clasificación de las líneas mejoradas de *Coffea arabica* por tiempo de madurez de cosecha del fruto como parámetro para la constitución de variedades compuestas - Alometría y forma de las hojas de café. FIS104006

En el marco del desarrollo del proyecto uno de los objetivos fue la modelación del área foliar para cada una de las 48 líneas de *Coffea arabica* L. evaluadas y sus correspondientes poblaciones (Tabla 17), motivo por el cual se evaluaron dos modelos. El Modelo I (MI: LA= a LW b) es una relación potencial entre el área foliar (LA) y el producto de la longitud (L) por el ancho foliar (W), donde a y b son los parámetros a calcular; mientras que, el Modelo II (MII: LA= a L b) es una relación potencial entre el área y la longitud de la hoja, la cual se usó para evaluar el "principio de similitud" (LA= 1 L²) mediante la hipótesis nula (a=1 y b=2). Adicionalmente, se evaluó cuantitativamente la forma de la hoja usando el método de "clustering" particional con

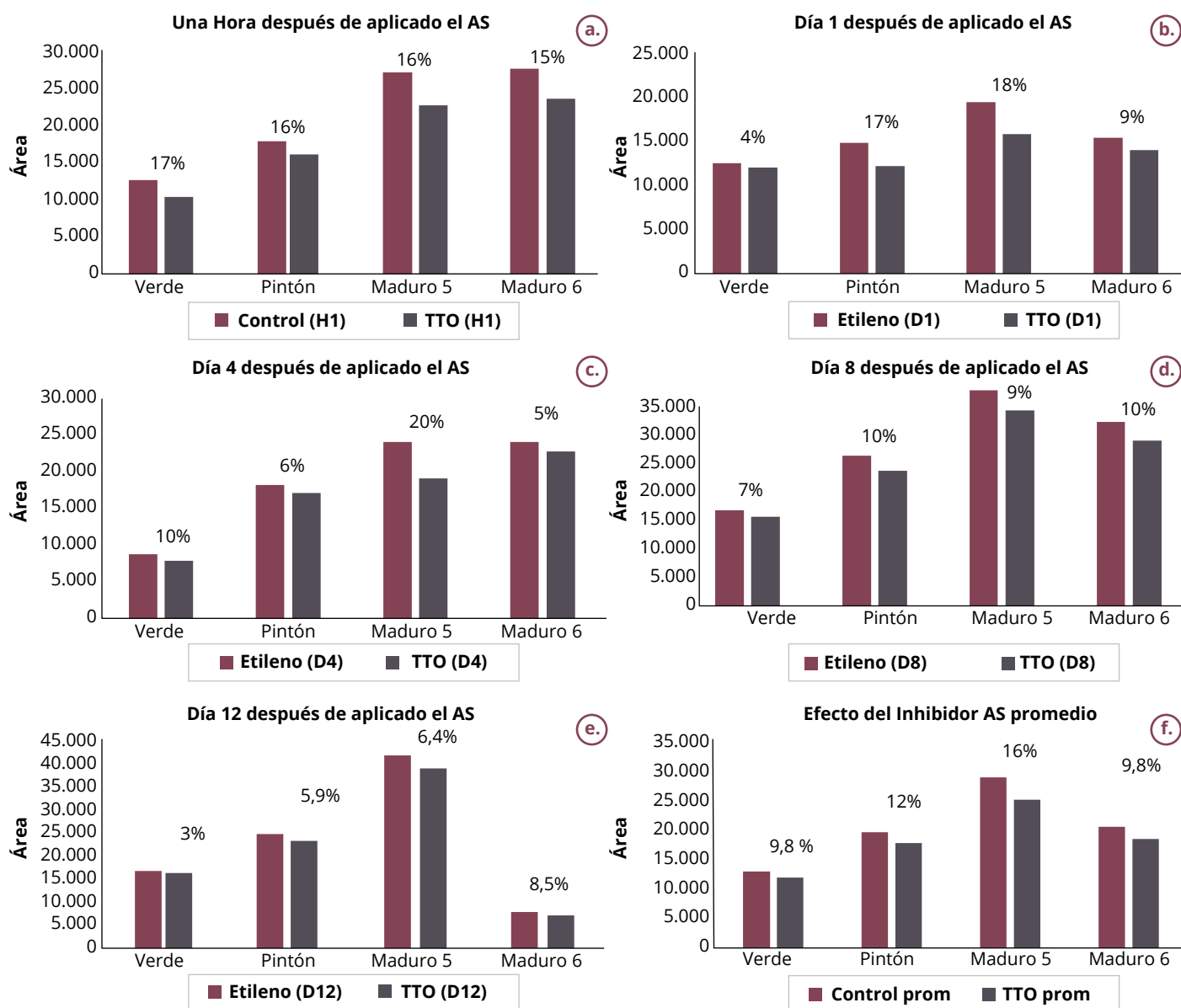


Figura 42. Efecto de la inhibición de la emisión de etileno en frutos de *C. arabica* Variedad Castillo® en diferentes estados de maduración por acción del ácido salicílico (1 mM). El eje y corresponde al valor del área bajo la curva del cromatograma obtenido por cromatografía de gases de los frutos de café tratados con el inhibidor.

para estimar el LA en café. Los clústeres obtenidos que muestran hojas de café tienen diferencias cuantitativas presentes en las variables LA, RLW y parámetro "n", aunque la representación esquemática indica que las mayores diferencias las tiene el Clúster 1 respecto a los demás (Figura 44), lo cual estaría vinculado la forma Tipo 1 de sus hojas (Figura 45).

Determinación de la herencia del gen *bar* en progenies de plantas de *Coffea arabica* obtenidas por transformación genética. FIS10812

La transformación genética es uno de los métodos más utilizados para la introducción de nuevos genes a

las células vegetales. El mecanismo involucrado en la integración del nuevo gen al genoma de las plantas aún no está caracterizado, aunque se reconoce que ocurre a través de una recombinación ilegítima. Los genes transgénicos son heredados sexualmente como rasgos dominantes con herencia conforme a una segregación mendeliana 3:1. La segregación no-mendeliana ocurre con frecuencia, ya sea mediante la transmisión inestable del gen transgénico o por baja expresión del gen. Se evaluó la segregación del gen *bar* a partir de plantas madre (T0) de *Coffea arabica* que habían sido transformadas genéticamente con este gen mediante dos métodos, *Agrobacterium* y polen. Se utilizaron las progenies (T1) obtenidas por autofecundación de las plantas madre T0. Los frutos de cada progenie

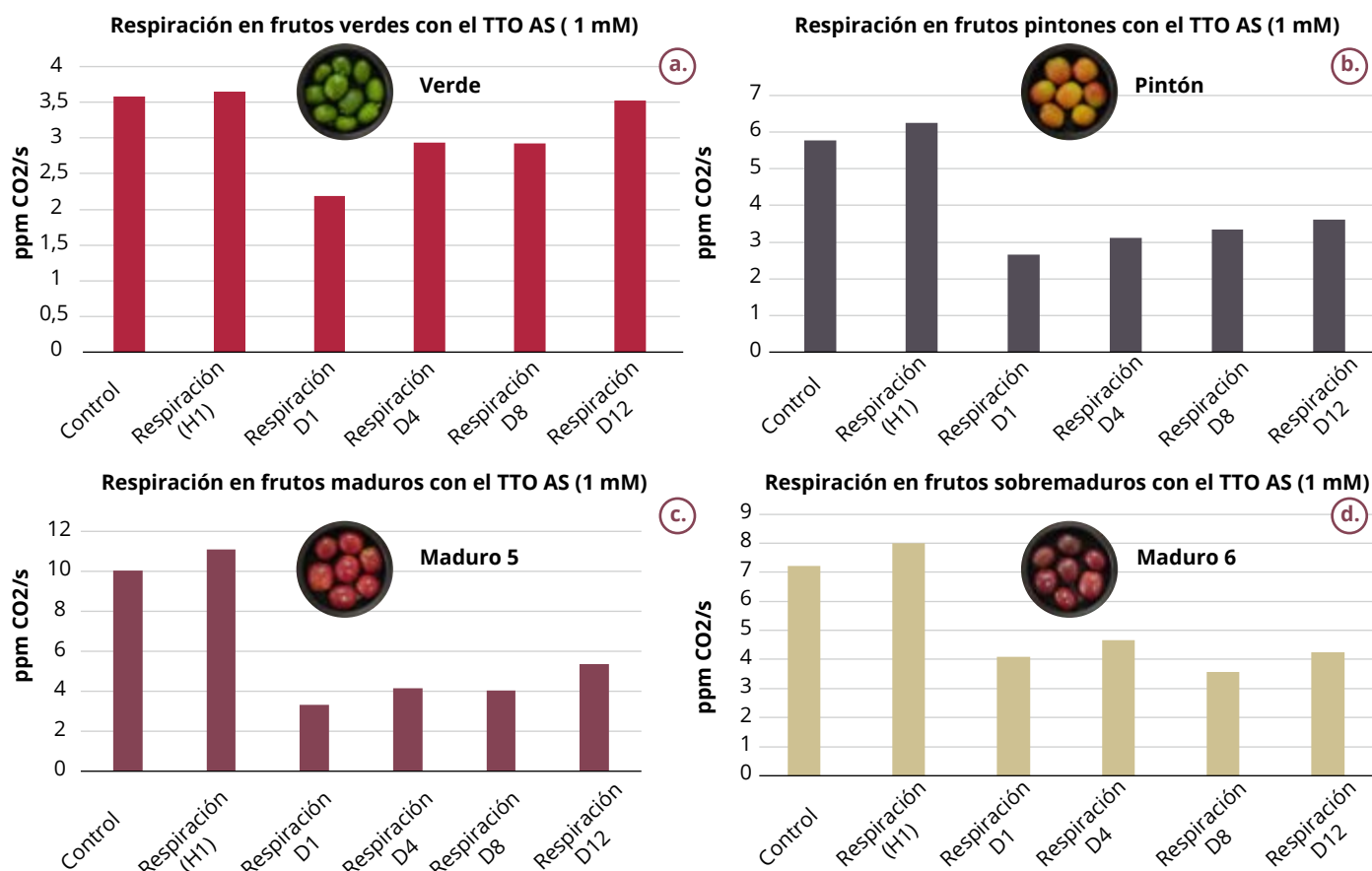


Figura 43. Respiración en frutos de café Variedad Castillo®.

Tabla 17. Descripción de las poblaciones mejoradas de *Coffea*, avance en la generación filial (F) y número de líneas avanzadas por población.

Población	Características	F	Cantidad
A: ET x (Cat x HdT)	Población en la cual se utilizó como parental los etíopes AR40, reconocidos por presentar resistencia al CBD.	F5	1
	Población en la cual se utilizó como parental los etíopes AR56, reconocidos por presentar resistencia al CBD.	F5	2
B: HdT x (Cat x HdT)	Población desarrollada con el objetivo de incorporar diferentes fuentes de resistencia a la roya provenientes de Híbridos de Timor que no han sido utilizados en Colombia. Cruzamientos con HdT I566 y HdT832-1.	F5	1
		F5	1
C: Cat x HdT	Cruzamientos que dieron origen a las Variedades Castillo® y Cenicafe 1. Sin embargo, las líneas seleccionadas no hacen parte de ninguna variedad comercial, aportan resistencia al CBD.	F7	2
		F8	5
D: CC	Población que involucra parentales provenientes de Etiopía y Sudán, con resistencia a CBD y roya, en ambos casos diferentes a los usados en las variedades actuales.	F5	7
E: Cat x Can	Población arabizada, en la que se cruzó la variedad Caturra con las variedades de <i>Coffea canephora</i> Robusta BP.358 y BP.40. Adicionalmente, fueron evaluadas y seleccionadas en Colombia por sus buenos atributos agronómicos y resistencia a roya.	F5	11
		F6	12
		F7	6
Total			48

Cat: Caturra; HdT: Híbrido de Timor; Can: *canephora*; ET: Etiopio; CC: Colección colombiana de café.

Tabla 18. Parámetros a y b con sus intervalos de confianza entre paréntesis y la raíz del error cuadrático medio (RMSE) para Modelo I (MI: LA= a LW^b) con el área foliar (LA) como variable dependiente y el producto de la longitud por el ancho foliar (LW) como variable independiente, en cada una de las líneas avanzadas de *C. arabica* evaluadas (48) y sus correspondientes poblaciones (5). La población (Pob.) A representa al cruzamiento ET x (Cat x HdT); Pob. B al cruzamiento HdT x (Catx HdT); Pob. C al cruzamiento Cat x HdT; Pob. D a CC y Pob. E al cruzamiento Cat x Can. Las siglas en los cruzamientos corresponden a Cat: Caturra; HdT: Híbrido de Timor; Can: *canephora*; ET: Etiópe; CC: Colección Colombiana de Café.

Línea / Pob.	a	b	RMSE
1.N#251	0,639 (0,592 - 0,687)	1,015 (0,997 - 1,032)	1,407
1.N#295	0,600 (0,563 - 0,635)	1,022 (1,009 - 1,035)	1,973
1.N#721	0,643 (0,613 - 0,676)	1,015 (1,003 - 1,025)	1,559
Pob. A	0,656 (0,634 - 0,679)	1,007 (0,999 - 1,015)	1,911
2.N#150	0,643 (0,605 - 0,687)	1,014 (0,998 - 1,028)	1,343
2.N#47	0,665 (0,616 - 0,715)	1,007 (0,991 - 1,024)	1,929
Pob. B	0,655 (0,622 - 0,690)	1,010 (0,998 - 1,021)	1,713
3.L#1359	0,628 (0,577 - 0,678)	1,015 (0,998 - 1,035)	1,625
3.L#1472	0,643 (0,618 - 0,670)	1,010 (1,000 - 1,018)	1,270
3.L#195	0,671 (0,637 - 0,704)	1,000 (0,989 - 1,011)	1,400
3.L#433	0,669 (0,624 - 0,716)	1,004 (0,988 - 1,020)	1,597
3.N#1949	0,664 (0,625 - 0,704)	1,004 (0,990 - 1,018)	1,321
3.N#48	0,695 (0,662 - 0,731)	0,995 (0,984 - 1,005)	1,686
3.N#706	0,676 (0,642 - 0,710)	1,000 (0,988 - 1,012)	1,372
Pob. C	0,667 (0,653 - 0,680)	1,003 (0,998 - 1,007)	1,492
4.L#304	0,681 (0,645 - 0,722)	0,999 (0,986 - 1,011)	1,636
4.L#326	0,689 (0,636 - 0,749)	0,989 (0,970 - 1,007)	1,866
4.L#349	0,598 (0,564 - 0,633)	1,019 (1,006 - 1,032)	1,515
4.L#380	0,668 (0,643 - 0,691)	1,002 (0,994 - 1,010)	1,308
4.L#407	0,658 (0,627 - 0,692)	1,002 (0,990 - 1,012)	1,416
4.L#568	0,635 (0,600 - 0,672)	1,014 (1,001 - 1,026)	1,589
4.L#571	0,657 (0,626 - 0,689)	1,005 (0,994 - 1,016)	1,673
Pob. D	0,658 (0,642 - 0,675)	1,002 (0,997 - 1,008)	1,788
5.B#MIX(170,173)	0,674 (0,634 - 0,712)	0,997 (0,985 - 1,011)	1,717
5.L#123	0,723 (0,677 - 0,764)	0,988 (0,976 - 1,003)	1,802
5.L#139	0,624 (0,573 - 0,673)	1,018 (1,001 - 1,037)	1,807

Continúa...

se cosecharon y las semillas germinaron en contenedores con turba hasta el desarrollo de colinos con dos a cuatro pares de hojas. A partir del tejido foliar de cada planta T1 se realizó la extracción de ADN, el cual se utilizó para verificar la presencia o ausencia del gen *bar* mediante la técnica de PCR. Por cada progenie T1 se registró el número de plantas que dieron positivas para un amplicón del tamaño esperado del gen. El análisis de segregación se realizó mediante la prueba de chi-cuadrado con un nivel de significancia de 0,05 en el cual los valores observados fueron comparados con los valores esperados.

En la Tabla 20 se describe el número de plantas de la generación T1 evaluadas por cada planta madre que había sido transformada genéticamente con el método de *Agrobacterium*. En la Figura 46 se observan los amplicones obtenidos con el tamaño esperado de 462 pares de bases correspondientes a la prueba de PCR del gen *bar* hecha con el ADN genómico de las plantas madre T0. Las plantas madre identificadas con los códigos: : H, 18, 19, 10, 20, 15 y 28 fueron las que dieron progenie con más semillas por planta y las que se seleccionaron para el análisis de segregación.

En la Tabla 21 se describe el número de plantas de la generación T1 evaluadas por cada planta madre que había sido genéticamente transformada mediante el método de polen. En la Figura 47 se muestran los productos de amplificación con el tamaño esperado de 462 pares de bases correspondientes al amplicón la prueba de PCR del gen *bar* hecha con el ADN genómico de las plantas madre T0.

En las progenies T1 provenientes de las plantas transformadas con el método de *Agrobacterium* no se obtuvo ninguna planta positiva

...continuación.

Línea / Pob.	a	b	RMSE
5.L#159	0,633 (0,596 - 0,671)	1,016 (1,003 - 1,031)	1,528
5.L#290	0,597 (0,551 - 0,642)	1,025 (1,008 - 1,043)	1,934
5.L#365	0,704 (0,662 - 0,748)	0,995 (0,982 - 1,01)	1,658
5.L#469	0,634 (0,595 - 0,676)	1,011 (0,998 - 1,024)	1,855
5.L#601	0,635 (0,601 - 0,667)	1,014 (1,003 - 1,026)	1,605
5.L#615	0,672 (0,638 - 0,707)	1,002 (0,991 - 1,013)	1,992
5.N#102	0,668 (0,626 - 0,706)	1,004 (0,991 - 1,018)	2,056
5.N#109	0,712 (0,678 - 0,745)	0,99 (0,979 - 1,001)	1,184
5.N#13	0,615 (0,549 - 0,686)	1,019 (0,995 - 1,044)	1,487
5.N#1511	0,595 (0,555 - 0,633)	1,026 (1,011 - 1,043)	1,668
5.N#165	0,642 (0,606 - 0,684)	1,009 (0,995 - 1,022)	1,557
5.N#250	0,668 (0,629 - 0,708)	1,002 (0,987 - 1,015)	1,553
5.N#289	0,617 (0,588 - 0,654)	1,014 (0,999 - 1,025)	1,977
5.N#300	0,643 (0,609 - 0,685)	1,009 (0,995 - 1,021)	1,516
5.N#552	0,643 (0,609 - 0,679)	1,004 (0,991 - 1,016)	1,347
5.N#561	0,621 (0,588 - 0,655)	1,016 (1,004 - 1,027)	1,777
5.N#572	0,632 (0,597 - 0,667)	1,012 (1,000 - 1,025)	1,496
5.N#583	0,608 (0,581 - 0,635)	1,023 (1,014 - 1,033)	1,694
5.N#601	0,616 (0,581 - 0,651)	1,015 (1,002 - 1,029)	1,391
5.N#679	0,653 (0,624 - 0,682)	1,009 (1,000 - 1,019)	1,785
5.N#698	0,692 (0,656 - 0,728)	0,995 (0,983 - 1,007)	1,534
5.N#718	0,622 (0,578 - 0,664)	1,015 (1,001 - 1,032)	1,340
5.N#84	0,697 (0,661 - 0,735)	0,993 (0,981 - 1,005)	1,832
5.N#86	0,656 (0,619 - 0,695)	1,002 (0,988 - 1,015)	1,713
5.N#98	0,597 (0,567 - 0,626)	1,024 (1,012 - 1,036)	1,494
5.N#MIX(305,493)	0,667 (0,630 - 0,703)	1,000 (0,988 - 1,012)	1,554
Pob. E	0,640 (0,632 - 0,647)	1,011 (1,008 - 1,014)	1,825

progenies, eventos que deberán confirmarse posteriormente en la evaluación de las progenies T2.

Las progenies T1 de las plantas P12 y P22 fueron todas positivas con relación a la presencia del gen *bar* lo cual sugiere que estas líneas podrían albergar varias copias del gen insertado. Una evaluación de poblaciones de estas progenies en la generación T2 podría confirmar el número de copias insertadas. Las progenies T1 de la planta P77 fueron todas negativas para la presencia del gen *bar*. Los resultados de esta investigación permitieron concluir que solamente la técnica de transformación genética mediada por polen permitió la obtención de progenies segregantes del gen transgénico en una relación 3:1 indicando la inserción potencialmente estable de una sola copia del gen *bar*.

para la presencia del gen *bar*, a pesar que todas las plantas madre T0 fueron positivas. Este resultado sugiere un posible quimerismo debido a las condiciones experimentales utilizadas con este método de transformación.

En las progenies T1 provenientes de la transgénesis hecha con el método de polen se observó segregación del gen *bar* en la descendencia de cuatro de las siete plantas madre T0 evaluadas (Tabla 22). La hipótesis de segregación solamente fue evaluada para las poblaciones heterogéneas. En las progenies de las plantas P9, P44 y P55 se encontró una segregación 3:1 con una posible inserción de una sola copia del gen *bar* cuya estabilidad genética podría confirmarse en evaluaciones de sus progenies T2. En las plantas P8 y P22 la prueba chi-cuadrado sugirió una segregación 15:1 debido eventualmente a la inserción de dos copias del gen *bar* en las

Tabla 19. Parámetros a y b con sus intervalos de confianza entre paréntesis, prueba de la hipótesis nula con el método del percentil bootstrap y la raíz del error cuadrático medio (RMSE) para Modelo II (MI: $LA = a L^b$) con el área foliar (LA) como variable dependiente y la longitud de la hoja (L) como variable independiente, en cada una de las líneas avanzadas de *C. arabica* evaluadas (48) y sus correspondientes poblaciones (5). La población (Pob.) A representa al cruzamiento ET x (Cat x HdT); Pob. B al cruzamiento HdT x (Catx HdT); Pob. C al cruzamiento Cat x HdT; Pob. D a CC y Pob. E al cruzamiento Cat x Can. Las siglas en los cruzamientos corresponden a Cat: Caturra; HdT: Híbrido de Timor; Can: *canephora*; ET: Etiópe; CC: Colección Colombiana de Café.

Línea / Pob.	A	H ₀ : a=1	b	H ₀ : b=2	RMSE
1.N#251	0,344 (0,263 - 0,434)	*	1,949 (1,852 - 2,055)		4,834
1.N#295	0,251 (0,222 - 0,282)	*	2,087 (2,042 - 2,133)	*	4,245
1.N#721	0,332 (0,267 - 0,401)	*	2,010 (1,935 - 2,090)		5,681
Pob. A	0,279 (0,249 - 0,311)	*	2,051 (2,010 - 2,094)	*	5,676
2.N#150	0,365 (0,247 - 0,509)	*	1,957 (1,816 - 2,105)		5,721
2.N#47	0,444 (0,302 - 0,614)	*	1,893 (1,762 - 2,033)		7,554
Pob. B	0,398 (0,302 - 0,510)		1,927 (1,828 - 2,030)		6,845
3.L#1359	0,237 (0,192 - 0,287)	*	2,112 (2,038 - 2,193)	*	4,075
3.L#1472	0,268 (0,223 - 0,322)	*	2,055 (1,983 - 2,124)		4,225
3.L#195	0,333 (0,281 - 0,393)	*	1,985 (1,921 - 2,051)		4,585
3.L#433	0,311 (0,238 - 0,39)	*	2,027 (1,934 - 2,129)		4,760
3.N#1949	0,349 (0,298 - 0,405)	*	1,966 (1,907 - 2,027)		4,168
3.N#48	0,321 (0,262 - 0,392)	*	2,006 (1,930 - 2,081)		5,523
3.N#706	0,323 (0,27 - 0,378)	*	2,000 (1,936 - 2,071)		4,141
Pob. C	0,307 (0,285 - 0,331)	*	2,016 (1,987 - 2,045)		4,645
4.L#304	0,315 (0,258 - 0,387)	*	1,979 (1,898 - 2,053)		5,046
4.L#326	0,297 (0,224 - 0,376)	*	2,002 (1,910 - 2,106)		5,097
4.L#349	0,222 (0,183 - 0,262)	*	2,130 (2,062 - 2,201)	*	4,203
4.L#380	0,28 (0,242 - 0,326)	*	2,044 (1,985 - 2,098)		3,662
4.L#407	0,338 (0,271 - 0,415)	*	1,947 (1,867 - 2,030)		4,997
4.L#568	0,309 (0,249 - 0,376)	*	2,008 (1,931 - 2,092)		5,038
4.L#571	0,258 (0,217 - 0,302)	*	2,072 (2,010 - 2,136)	*	4,673
Pob. D	0,302 (0,278 - 0,326)	*	2,004 (1,974 - 2,036)		5,044
5.B#MIX(170,173)	0,299 (0,240 - 0,365)	*	2,011 (1,935 - 2,092)		5,473
5.L#123	0,367 (0,299 - 0,443)	*	1,973 (1,896 - 2,050)		5,096
5.L#139	0,326 (0,260 - 0,399)	*	1,984 (1,904 - 2,069)		5,775
5.L#159	0,273 (0,228 - 0,318)	*	2,075 (2,014 - 2,145)	*	3,782

Continúa...

...continuación.

Línea / Pob.	A	H ₀ : a=1	b	H ₀ : b=2	RMSE
5.L#290	0,321 (0,256 - 0,392)	*	1,989 (1,910 - 2,075)		5,742
5.L#365	0,310 (0,253 - 0,365)	*	2,032 (1,967 - 2,109)		4,826
5.L#469	0,273 (0,215 - 0,333)	*	2,060 (1,984 - 2,147)		5,427
5.L#601	0,260 (0,216 - 0,309)	*	2,088 (2,022 - 2,159)	*	5,140
5.L#615	0,280 (0,233 - 0,329)	*	2,073 (2,009 - 2,141)	*	5,151
5.N#102	0,268 (0,228 - 0,316)	*	2,084 (2,022 - 2,144)	*	5,280
5.N#109	0,364 (0,295 - 0,449)	*	1,969 (1,883 - 2,051)		3,640
5.N#13	0,195 (0,122 - 0,286)	*	2,181 (2,021 - 2,347)	*	4,959
5.N#1511	0,238 (0,194 - 0,287)	*	2,104 (2,026 - 2,183)	*	4,634
5.N#165	0,285 (0,223 - 0,356)	*	2,034 (1,948 - 2,126)		5,225
5.N#250	0,409 (0,296 - 0,527)	*	1,925 (1,817 - 2,047)		5,176
5.N#289	0,219 (0,168 - 0,278)	*	2,130 (2,029 - 2,232)	*	3,976
5.N#300	0,355 (0,276 - 0,433)	*	2,004 (1,925 - 2,101)		4,640
5.N#552	0,263 (0,225 - 0,307)	*	2,062 (1,999 - 2,124)		3,778
5.N#561	0,255 (0,213 - 0,300)	*	2,079 (2,019 - 2,144)	*	4,857
5.N#572	0,313 (0,266 - 0,370)	*	2,015 (1,948 - 2,078)		3,522
5.N#583	0,266 (0,217 - 0,321)	*	2,113 (2,039 - 2,191)	*	5,049
5.N#601	0,292 (0,244 - 0,343)	*	2,026 (1,959 - 2,096)		3,990
5.N#679	0,309 (0,251 - 0,371)	*	2,031 (1,960 - 2,109)		5,479
5.N#698	0,311 (0,267 - 0,356)	*	2,014 (1,959 - 2,075)		4,409
5.N#718	0,196 (0,161 - 0,232)	*	2,184 (2,119 - 2,257)	*	3,682
5.N#84	0,303 (0,257 - 0,354)	*	2,017 (1,959 - 2,077)		5,232
5.N#86	0,264 (0,221 - 0,312)	*	2,052 (1,989 - 2,119)		4,810
5.N#98	0,203 (0,156 - 0,259)	*	2,170 (2,071 - 2,269)	*	4,682
5.N#MIX(305,493)	0,225 (0,184 - 0,268)	*	2,130 (2,060 - 2,205)	*	4,350
Pob. E	0,290 (0,279 - 0,303)	*	2,041 (2,025 - 2,057)	*	5,457

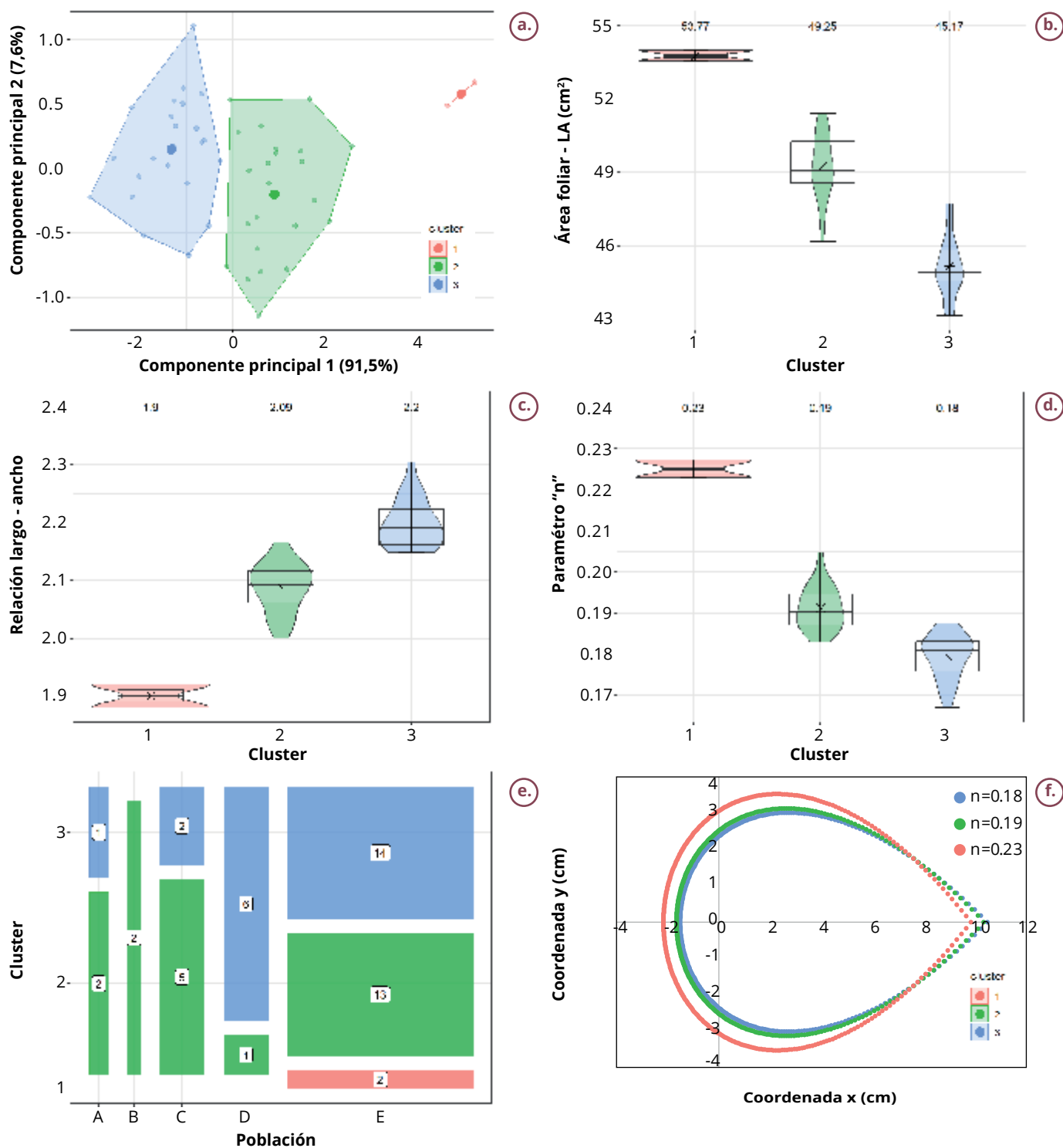


Figura 44. a. Visualización de los clústeres obtenidos por el algoritmo de "k-menas" usando la reducción dimensional del Análisis de Componentes Principales. b. Distribución de las variables área foliar [LA], Relación largo ancho [RLW] (c.) y el parámetro "n" (d.) de las hojas por cada clúster. e. Clasificación de líneas avanzadas por clúster en relación con las poblaciones, donde los números en las cajas representan a la cantidad de líneas. f. Forma de la hoja producida por la ecuación simplificada de Gielis para cada clúster usando su correspondiente parámetro "n" para una longitud de 12 cm.

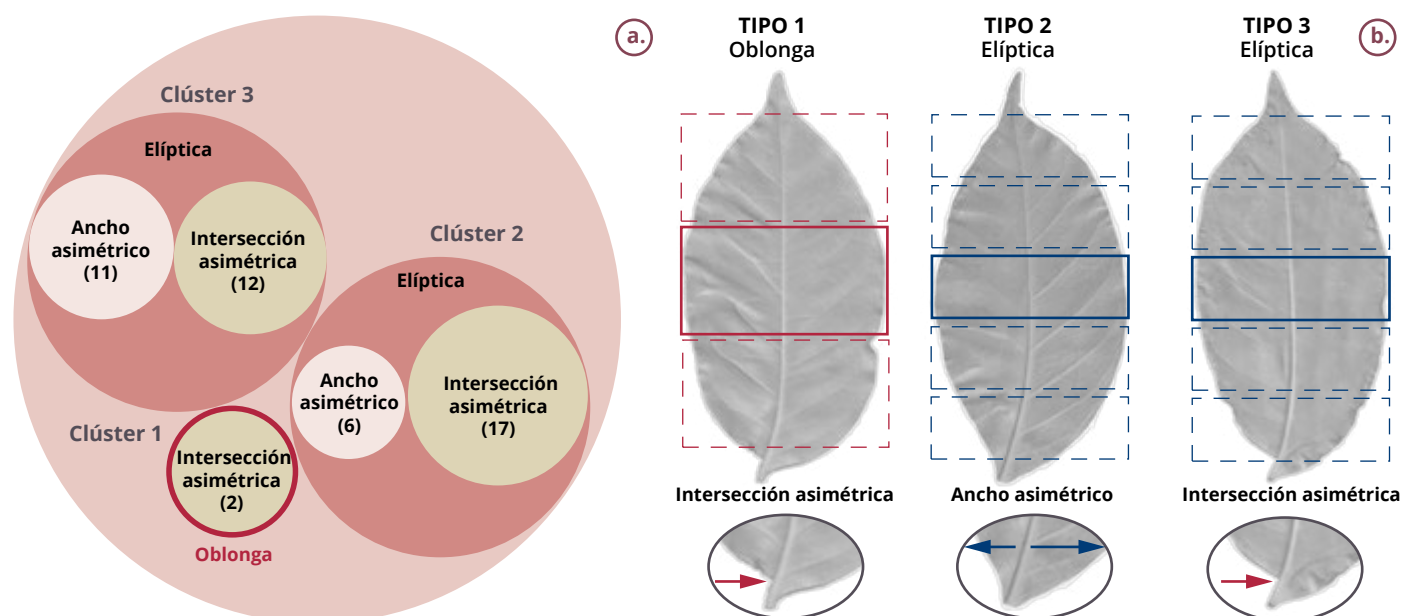


Figura 45. a. Visualización de los clústeres anidando las formas de la lámina (elíptica u oblonga) y estas a su vez anidando la simetría de la base (ancho basal asimétrico o base con intersección asimétrica), los valores entre paréntesis corresponden a la cantidad de líneas. b. Los tres tipos de hoja encontrados en la clasificación cualitativa de las hojas de café según las formas de la lámina [oblonga: los márgenes opuestos están aproximadamente paralelos por al menos un tercio medio de la hoja (ver los tres recuadros rojos); elíptica: la parte más ancha de la hoja está en un quinto de la mitad (ver los cinco recuadros azules)] y la simetría de la base de la hoja [ancho asimétrico: cuando los anchos de la base en la parte izquierda y derecha no coinciden en una relación 1:1 (ver flechas azules); intersección basal asimétrica: el punto de inserción de la lámina base en cualquier lado del peciolo están separados por más de 3 mm (ver flecha roja)].

Tabla 20. Plantas de la generación T₁ evaluadas por cada planta madre que había sido genéticamente transformada mediante el método de *Agrobacterium*.

Código Planta Madre (T ₀)	Vector genético utilizado en la Transgénesis	Gen de resistencia	PCR planta madre T ₀	Plantas T ₁ evaluadas	Número plantas T ₁ PCR positivas
10	<i>pPLV01</i>	<i>bar</i>	+	100	0
18	<i>pPLV01</i>	<i>bar</i>	+	100	0
H	<i>pEarlyGate 100</i>	<i>bar</i>	+	100	0
20	<i>pEarlyGate 100</i>	<i>bar</i>	+	100	0
15	<i>pEarlyGate 100</i>	<i>bar</i>	+	100	0
28	<i>pPLV01</i>	<i>bar</i>	+	100	0
19	<i>pLV01</i>	<i>bar</i>	+	100	0



Figura 46. Electroforesis de los productos de amplificación de ADN de las plantas madre T₀ genéticamente transformadas con el método de *Agrobacterium*. Las bandas de ADN resaltadas en la foto corresponden a las plantas madre T₀ que produjeron una progenie mayor a 100 semillas y que correspondieron a las plantas H, 18, 19, 10, 20, 15, y 28. Como referencia del tamaño del amplicón se utilizó el marcador de peso molecular "Low Mass Ladder" (In Vitrogen). Los controles positivos utilizados fueron el ADN de los plásmidos *pEARLEYGate 100* y *pLV01*.

Tabla 21. Plantas de la generación T₁ evaluadas por cada planta madre que había sido genéticamente transformada mediante el método de polen.

Código Planta Madre T ₀	Vector genético utilizado en la transgénesis	Gen de resistencia al glufosinato de amonio	Número de plantas T ₁ evaluadas
P8	<i>pPLV01</i>	<i>bar</i>	48
P9	<i>pPLV01</i>	<i>bar</i>	38
P12	<i>pPLV01</i>	<i>bar</i>	100
P44	<i>pEarlyGate 100</i>	<i>bar</i>	50
P55	<i>pEarlyGate 100</i>	<i>bar</i>	43
P77	<i>pEarlyGate 100</i>	<i>bar</i>	109
P22	<i>pPLV01</i>	<i>bar</i>	21
TOTAL		409	

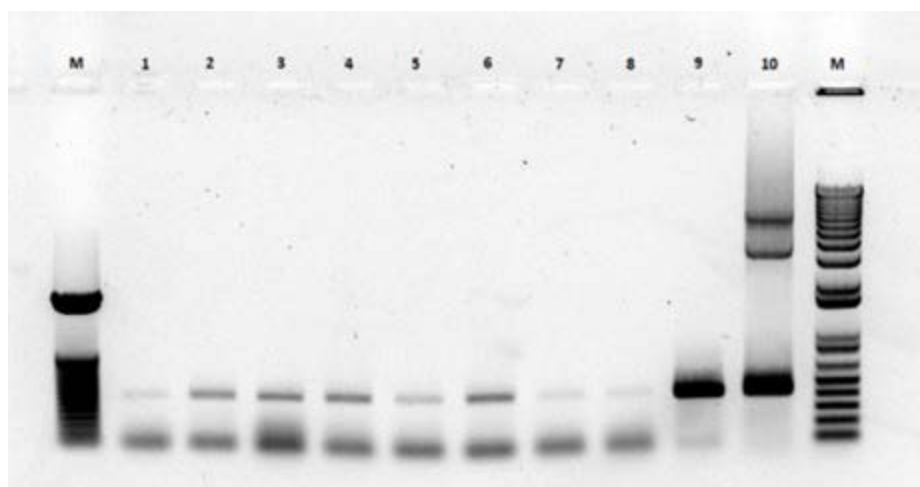


Figura 47. Electroforesis de los productos de amplificación de ADN de las plantas madre T₀ genéticamente transformadas con el método de polen. Carriles: M, Marcador de peso molecular "50 bp step ladder" (Promega Corporation), 1:P9; 2:P12; 3:P22; 4:P30; 5:P41; 6:P44; 7:P55; 8:P77; 9:ADN del plásmido *pEARLEYGate 100*, 10: ADN del plásmido *pLV01* M: marcador de peso molecular "Low Mass Ladder" (In Vitrogen).

Tabla 22. Prueba chi-cuadrado (χ^2) con límite de significancia de 0,05 para la segregación del gen *bar* en las progenies de la generación T₁ de plantas modificadas genéticamente mediante el método del polen. (*) Número teórico de insertos del gen *bar*; (**) tasa de segregación teórica; **ns**: no es significativo; **s**: significativo; (--) progenies homogéneas que no fueron probadas porque no se observó segregación.

Planta Madre T ₀	Gen insertado	Generación T ₁		N° plantas evaluadas	N° de insertos en la generación T ₁		
		PCR Positiva	PCR Negativa		Uno * (3:1)**	Dos* (15:1)**	Tres * (63:1)**
P8	<i>bar</i>	41	7	48	7,1 (s)	0,3 (ns)	14,3 (s)
P9	<i>bar</i>	24	14	38	2,8 (ns)	60,86 (s)	309,6 (s)
P12	<i>bar</i>	100	0	100	--	--	--
P44	<i>bar</i>	36	14	50	0,2 (ns)	40,3 (s)	227,6 (s)
P55	<i>bar</i>	32	11	43	0,008 (ns)	27,5 (s)	161,7 (s)
P77	<i>bar</i>	0	109	109	--	--	--
P22	<i>bar</i>	21	0	21	--	--	--



Fitopatología

Durante la vigencia 2022-2023, en la Disciplina de Fitopatología continuamos con el estudio de los patógenos y de estrategias de manejo integrado de enfermedades del cultivo de café. Para la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*, Berkeley & Broome), se continuó la evaluación de variabilidad patogénica, genética y genómica de aislamientos recolectados en variedades de café susceptibles, resistentes y germoplasma de interés. Se pusieron a prueba más marcadores moleculares de ADN específicos, los cuales mostraron potencial para separar grupos genéticos de *H. vastatrix* y se suman a los previamente evaluados. Se continuó con la publicación de un genoma ensamblado y anotado de *H. vastatrix* disponiendo de un importante recurso de referencia mundial para estudiar la diversidad genética y la evolución de la especie. Para el control químico de la roya, se están evaluando productos comerciales, definiendo estrategias de rotación, el número de aplicaciones, los intervalos y los momentos óptimos de aplicación, teniendo en cuenta las restricciones actuales para el uso de algunos ingredientes activos recomendados para el control de la enfermedad. En convenio con compañías privadas se desarrollan tres investigaciones, una de estas

finalizó con la recomendación de un producto comercial, el cual cuenta con registro ICA para café. Se avanzó en la evaluación del efecto de fungicidas de síntesis química y biológicos sobre aislamientos nativos de *Colletotrichum* spp in vitro, con el ánimo de disponer de alternativas de manejo de la enfermedad de las cerezas de café o CBD (*Colletotrichum kahawae*, J. M. Waller & Bridge) en caso de que la enfermedad sea detectada en Colombia. Se finalizó el proyecto para el desarrollo de un nuevo método de detección del hongo causante de CBD que puede ser usado en los laboratorios del ICA para la certificación de material vegetal de café. Uno de los mayores limitantes para el desarrollo de investigaciones en enfermedades del café, particularmente roya, es no disponer de lotes con variedades susceptibles con origen conocido y fiable, por lo que se están estableciendo lotes con variedad Caturra usando semilla con trazabilidad. A la fecha se encuentran establecidos lotes en las Estaciones Experimentales Naranjal, La Trinidad, Paraguaicito y está en proceso La Catalina.

Biología y epidemiología de la roya del cafeto

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

La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) es una enfermedad de alto impacto económico en la producción de café en Colombia. Este estudio se enfocó en monitorear la incidencia y severidad de la roya en lotes de café, con especial atención en genotipos derivados de Caturra x Híbrido de Timor (HT) 1343 y otros genotipos diferenciales. El objetivo es comprender la dinámica de la enfermedad y prevenir sus impactos en la caficultura. El proyecto propone dos etapas de investigación y desarrollo. La primera se enfoca en la caracterización patogénica y genética de aislamientos de roya en diferentes variedades de café importantes para la FNC-Cenicafé. La segunda busca establecer una plataforma permanente para la caracterización patogénica y genética de *H. vastatrix* en Colombia. Los resultados revelaron que, en los últimos años, algunos componentes de las variedades presentan niveles de severidad superiores al grado 6, mientras

que los genotipos diferenciales del CIFC en diferentes estaciones tuvieron niveles intermedios de 4 a 6. Sin embargo, algunas estaciones experimentales presentaron bajos niveles de la enfermedad. Además, se identificaron genotipos de *H. vastatrix* con alta capacidad de colonización en genotipos de HT en la Estación Naranjal. En el 2023, el 74% de los genotipos evaluados fueron susceptibles a variantes de *H. vastatrix*, con solo el 16% mostrando resistencia, destacándose los aislamientos de la Estación El Rosario con los niveles más bajos de severidad y períodos de incubación superiores a 21 días. La inoculación cruzada proporcionó información sobre la adaptación de aislamientos a la Variedad Castillo® y se identificaron razas fisiológicas previamente caracterizadas como XXIV y XXVIII, siendo el descubrimiento de la raza XXIV especialmente relevante. Estos hallazgos enriquecen el conocimiento sobre la variabilidad de la roya y tienen implicaciones importantes en el desarrollo de variedades resistentes. Comprender las razas fisiológicas y patotipos permitirá continuar con el desarrollo de estrategias efectivas de manejo de la resistencia a la enfermedad, contribuyendo a la sostenibilidad y calidad de la producción cafetera. Es necesario continuar investigando la evolución de la patogenicidad de la roya, especialmente porque el 20% de los aislamientos evaluados no pudieron ser caracterizados como razas durante el período 2022-2023 (Figura 48).

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

Debido a la importancia que representa la roya del café (*Hemileia vastatrix*) tanto para Colombia como para el resto del mundo, dado que puede ocasionar

pérdidas de producción de hasta el 80%, su alta capacidad de mutación y adaptación en diversas variedades de café y entornos de cultivo, Cenicafé lleva a cabo investigaciones sobre su diversidad genética y patogénica. Con el objetivo de identificar cambios en el hongo que puedan dar lugar a razas y variantes más virulentas o agresivas, se ha desarrollado un genoma de referencia para la roya de la Raza I (v2.5), que se aisló de *C. arabica* variedad Caturra. Durante este período, se logró mejorar la calidad del ensamblaje y llevar a cabo una anotación *in silico*. Además, se completó la publicación del genoma de referencia, el cual fue generado mediante una combinación de secuenciación PacBio HiFi y secuenciación de captura de conformación de cromatina Dovetail Omni-C® para el ensamblaje. Los datos de RNAseq se utilizaron para respaldar la anotación de novo del ensamblaje del genoma. El ensamblaje primario de alta calidad se caracteriza por un N50 de 35,49 Mb, L50 de nueve pseudomoléculas y un tamaño de genoma de 773,43 Mb. La calidad del consenso alcanzó el 99,99%, con una completitud BUSCO del 96,08%. El genoma está compuesto en un 81,43% por elementos transponibles y presenta un contenido de CG del 33,80%. Se identificaron en total 13.045 genes codificadores de proteínas, y el 82% de ellos se distribuyeron en 19 scaffolds mayores de 10 Mbp (Figura 49). Todos los 19 scaffolds contenían al menos una secuencia de telómero, y en 11 de ellos se encontraban ambos telómeros, lo que sugiere un ensamblaje de cromosomas de telómero a telómero. Esta estrategia ha contribuido significativamente a mejorar el genoma de *H. vastatrix* en comparación con las secuencias previamente publicadas. Además, proporciona un recurso valioso para investigaciones en la biología, evolución y genómica comparativa de *H. vastatrix*, así como para estudios relacionados con la epidemiología y manejo de la roya del café, en apoyo a sistemas de producción de café más resilientes y sostenibles.

Manejo integrado de la roya del café: Control químico

Validación del fungicida Benzovindiflupyr + Azoxystrobin, para el control de roya del café en variedad Caturra. PAT104022

Convenio: CN-2021-1107 entre FNC – Cenicafé y Syngenta S.A.

La roya del café es la enfermedad más importante para el cultivo del café. En Colombia, las pérdidas en variedades susceptibles y sin control oscilan entre el 23% y el 50% en la producción y en otros países pueden ser hasta del 80%. Cerca del 15% del área cultivada en café en Colombia corresponde a variedades susceptibles, que requieren manejo, principalmente con fungicidas químicos. Con el fin de brindar opciones a los caficultores colombianos, Cenicafé en convenio con Syngenta S.A. validó el fungicida Benzovindiflupyr + Azoxystrobin, como alternativa para control de roya en Colombia. El experimento se estableció en parcelas únicas por tratamiento con la variedad Caturra, en la Estación La Catalina (1.321 m de altitud, Pereira-Risaralda), en un lote con zoca de dos años. El producto en validación se aplicó a los 60, 105 y 160 días después de floración principal (ddfp), en dosis de 0,4 kg ha⁻¹ y se comparó con un testigo de referencia y un testigo sin control. Se realizó seguimiento a la enfermedad durante tres ciclos de cosecha: mitaca 2021, principal 2022 y mitaca 2022. El fungicida evaluado fue eficaz controlando la enfermedad. No obstante, el testigo de referencia presentó una eficacia superior. En

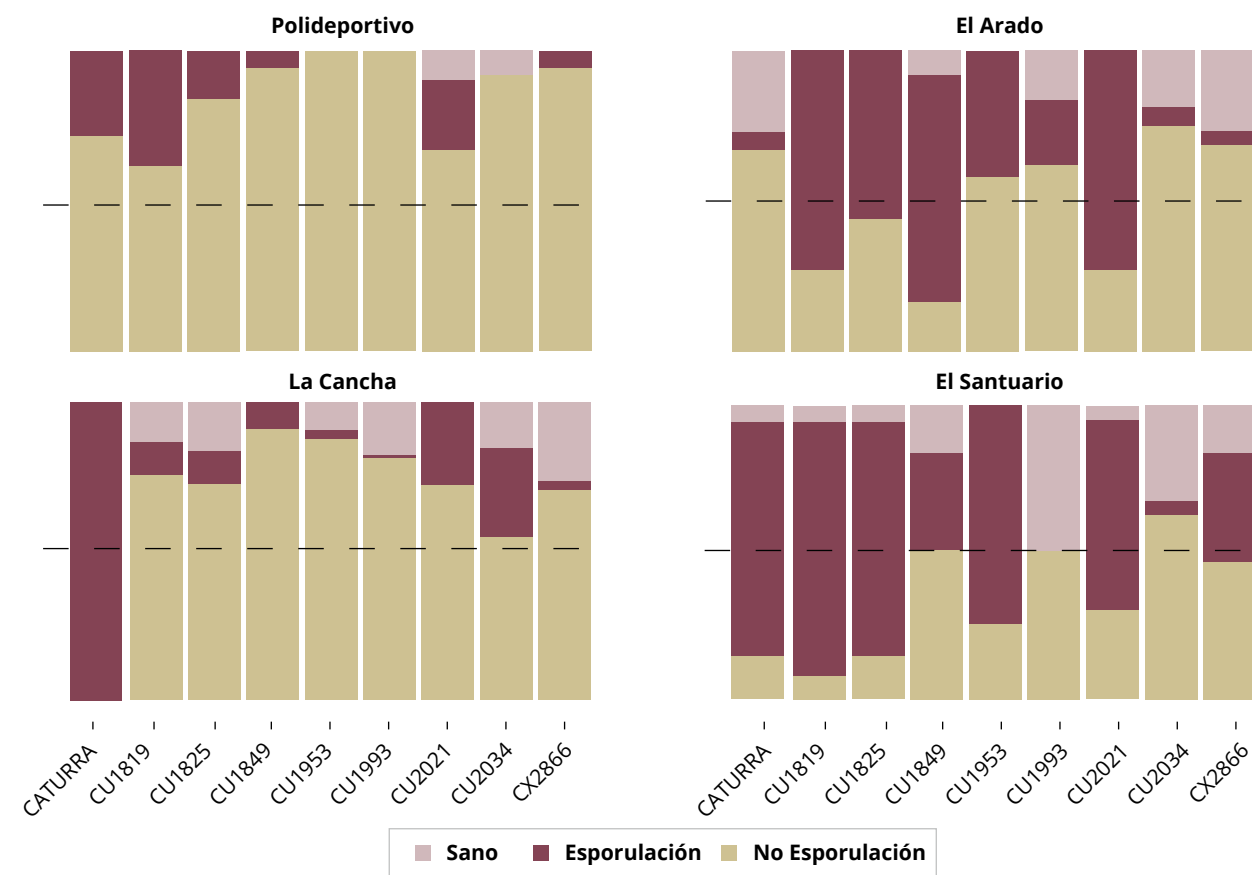
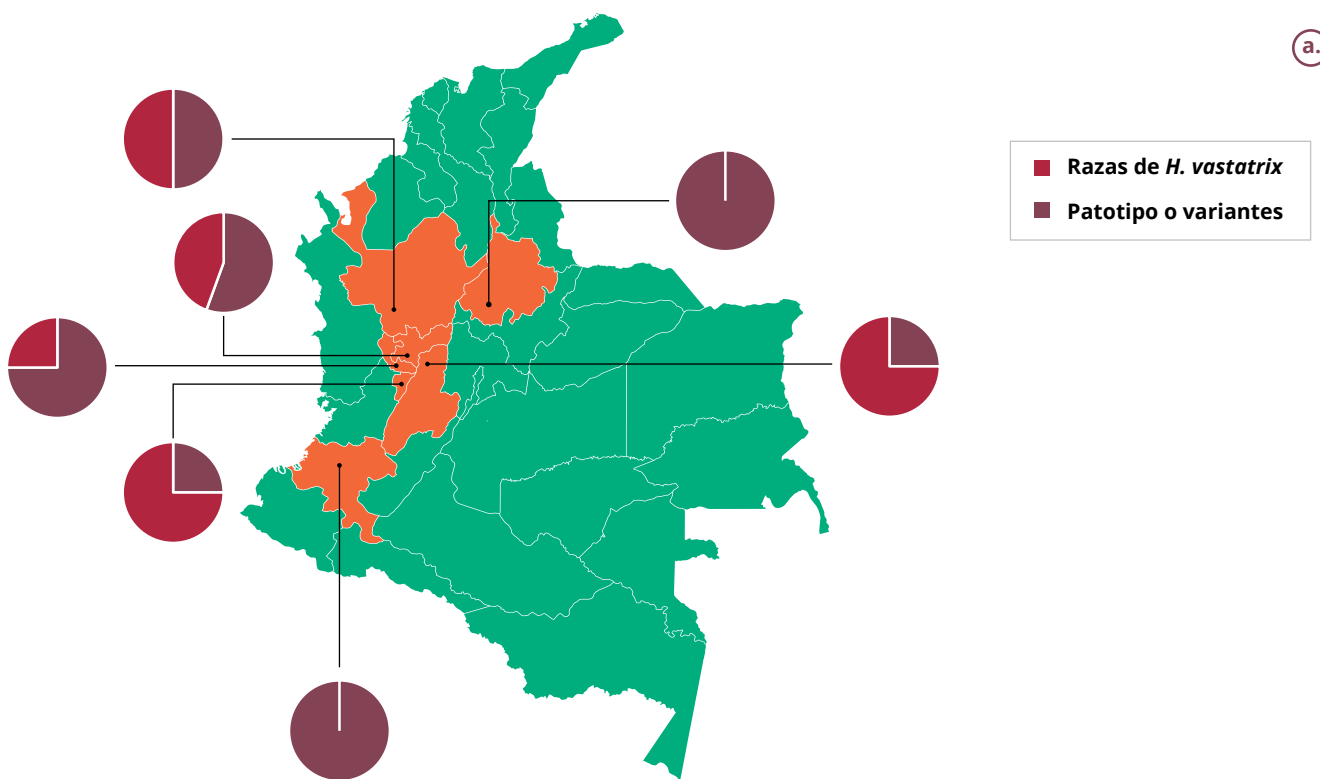


Figura 48. Dinámica de los aislamientos de *H. vastatrix* en Colombia. **a.** Distribución de aislamientos de roya caracterizados como razas o patotipos, recolectados en las diferentes Estaciones Experimentales de Cenicafé a nivel nacional. **b.** Dinámica de la esporulación de cuatro diferentes aislamientos poblacionales de *H. vastatrix* provenientes de cultivos comerciales de Cenicafé 1, sobre los ocho componentes de la variedad Cenicafé 1, en condiciones ambientales controladas.



Figura 49. Scaffolds más largos, incluyendo las posiciones de los telómeros, mapas de calor de genes y elementos transponibles en rangos de 10 Kbp, y distribución de las variantes de un solo nucleótido (SNVs).

términos de producción y calidad física las aplicaciones de los fungicidas (en validación y testigo de referencia) fueron efectivas en la prevención de pérdidas significativas en la producción y en la preservación de la calidad física del café verde obtenido. Los análisis de comparación de medias de Duncan al 5% indicaron diferencias estadísticamente significativas a favor de una mayor producción acumulada de café verde (excelso) sin defectos en los tratamientos con fungicidas, en comparación con el testigo absoluto sin control de la enfermedad. El estudio permite concluir que el fungicida Benzovindiflupyr + Azoxystrobin, es una alternativa viable para el manejo de la roya del cafeto en Colombia.

Manejo integrado de la roya del cafeto

Alternativas para el componente de control químico en el manejo integrado de la roya. PAT104022, PAT104023, PAT104024 y PAT104025

La roya del cafeto sigue siendo la enfermedad más importante para el cultivo del café. En Colombia, las pérdidas en variedades susceptibles y sin control oscilan entre el 23% y el 50% en la producción, y en otros países pueden ser hasta del 80%. Cerca del 15% del área cultivada en café en Colombia corresponde a variedades susceptibles, que requieren manejo, principalmente con fungicidas químicos. Ante las limitaciones al uso de agroquímicos generadas por la implementación del Pacto Verde Europeo, se están explorando alternativas viables que además de ser biológicamente efectivas, cumplan con vigencias de aceptación en diferentes mercados, estén disponibles para Colombia y presenten márgenes seguros de uso en la finca y de residualidad en el grano. Simultáneamente se adelantan actividades para mantener lotes verificados de variedades susceptibles en Estaciones Experimentales para este tipo de investigaciones.

Los productos que se han evaluado solos, en combinación simultánea, o con aplicaciones alternadas, corresponden a triazoles y estrobilurinas, así como a fungicidas basados en compuestos naturales, en diseños de validación o de experimentación en el campo, ya sea en Estaciones Experimentales o en fincas de caficultores. Las aplicaciones incluyen diferentes momentos después de la floración principal, haciendo comparaciones con un testigo comercial de referencia y con un testigo sin control. Los resultados que se están analizando en conjunto con los aliados de los convenios, han permitido identificar fungicidas alternativos para el control de la enfermedad, aunque no necesariamente con eficacias superiores al testigo de referencia. En términos de producción y calidad física las aplicaciones de nuevas alternativas de fungicidas han sido efectivas en la prevención de pérdidas significativas en la producción y en la preservación de la calidad física del café verde obtenido.

Establecimiento de lotes permanentes de café para investigación sobre alternativas de manejo de enfermedades. PAT104025

Debido a la escasa disponibilidad en Cenicafé de cultivos de café de variedades susceptibles a la roya y a otras enfermedades y la dificultad para conseguir lotes de caficultores con la homogeneidad, pureza, calidad y manejo requeridas, se están afectando la planeación de las investigaciones y el establecimiento de convenios. El objetivo de la actividad es establecer lotes permanentes de cultivos de café, inicialmente variedad Caturra, para

investigaciones sobre alternativas de manejo de enfermedades de importancia en Colombia. Durante la vigencia 2022-2023, se continuó con el mantenimiento de los lotes en las estaciones experimentales de Cenicafé: Paraguaicito (Buenavista, Quindío), 0,4 ha al sol, y Naranjal (Chinchiná, Caldas), con 0,55 ha al sol y 0,3 ha bajo sombra. En enero de 2023 se estableció un lote de 0,35 ha al sol en La Trinidad (Libano, Tolima). Desde febrero de 2023 se prescindió del lote bajo sombra de la Estación Naranjal ya que el área estaba en venta. Se inició el establecimiento de un lote de reemplazo en la Estación La Catalina, al igual que en las otras estaciones con plantas de *C. arabica* variedad Caturra, procedente de lotes con semilla autofecundada, asegurando alta homogeneidad genética, uniformidad y susceptibilidad. Las distancias de siembra fueron 1,1 m entre plantas y 1,3 m entre surcos. Estos lotes representarán 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.

Biología y epidemiología de gotera

Desarrollo y validación de diagramas de área estándar para la cuantificación de severidad en hojas y frutos de café afectados por ojo de gallo o gotera del cafeto (*Mycena citricolor*). PAT103012

La gotera del cafeto, también conocida como ojo de gallo o mancha americana, es una enfermedad causada por el hongo *Mycena citricolor*. Esta enfermedad representa una amenaza significativa en ciertas regiones

cafeteras que presentan condiciones específicas de microclima. Sus efectos son perjudiciales, ya que provoca defoliaciones severas y la caída prematura de frutos en todas las etapas de desarrollo de la planta de café. Con el objetivo de mejorar la precisión y eficiencia de las evaluaciones de la enfermedad se desarrollaron y validaron dos Diagramas de Evaluación de la Severidad (DAEs) para la gotera del cafeto en Colombia, con el propósito de mejorar las evaluaciones cuantitativas de la enfermedad. Estos DAEs se diseñaron siguiendo un modelo lineal para compensar los límites de agudeza visual humana y se basaron en la distribución normal de las frecuencias de severidad. Se tomaron fotografías de hojas y frutos con síntomas de la enfermedad en diferentes lugares, y se analizaron con programas especializados para determinar el porcentaje de área afectada. La investigación se realizó en cultivos de *Coffea arabica* en varias ubicaciones. El porcentaje de severidad de la enfermedad en las hojas osciló entre el 0,11% y el 39,85%, mientras que, en los frutos tomando una sola cara, varió del 4% al 92%. Se crearon marcas de clase con incremento lineal y puntos medios para facilitar la evaluación. Se llevaron a cabo pruebas de validación comparando el nuevo DAE con otros diagramas existentes, utilizando evaluadores experimentados e inexpertos en la cuantificación de enfermedades de plantas. Los resultados indicaron que los nuevos DAEs superaron en rendimiento a los diagramas previamente publicados para estimar la severidad de la gotera en hojas y frutos de café recolectados en el campo.

Conocimiento Estratégico

Manejo integrado de enfermedades cuarentenarias: Diagnóstico

Diseño y validación de un método de diagnóstico y detección específica de *Colletotrichum kahawae* subsp. *kahawae* por PCR en Tiempo Real. PAT105004

Colletotrichum kahawae es un patógeno cuarentenario ausente en Colombia. El riesgo de ingreso es alto dados la globalización de mercados, el turismo asociado a café y procesos de migración legal o ilegal que condicionan el movimiento de material vegetal de café y junto con este el patógeno. Actualmente no existe un protocolo de diagnóstico estandarizado y validado para la detección oportuna de este hongo, que permita reducir el riesgo de ingreso y establecimiento del patógeno en Colombia. El objetivo de esta investigación fue diseñar, estandarizar y validar un método específico, sensible, rápido y confiable por PCR, para la detección temprana de *C. kahawae*. Se desarrollaron 12 marcadores para PCR en tiempo real en seis regiones genómicas de hongo. Se realizó el análisis de calidad y especificidad *in silico*, se estandarizaron las condiciones de trabajo en el laboratorio y se seleccionaron los tres marcadores con mayor capacidad de discriminación. Se obtuvieron los controles positivos para cuatro regiones genómicas (clonación, verificación por secuenciación y almacenamiento). Se recolectaron aislamientos nativos de *Colletotrichum* spp y de otras especies de hongos asociadas a las plantas de café. Se realizó la validación de tres marcadores para PCR en tiempo real analizando su sensibilidad analítica, especificidad analítica, selectividad, reproducibilidad y repetitividad. Como prueba adicional se estandarizó un marcador de PCR de punto final y se evaluó su especificidad. El método diseñado comprende una prueba filtro con

un marcador de PCR de punto final y dos marcadores para PCR en tiempo real, que combinados permiten la diferenciación de *C. kahawae* de otras especies de *Colletotrichum*. Se encontró que es necesario utilizar varios marcadores ya que varias especies de *Colletotrichum* se encuentran asociadas a café, muchas de ellas cercanas a *C. kahawae* y un único marcador no ofrece suficiente certeza para su diferenciación.

Manejo integrado de enfermedades cuarentenarias: control químico

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

Colletotrichum kahawae ocasiona la enfermedad de las cerezas del café (CBD). Actualmente esta enfermedad se encuentra restringida a África donde limita la productividad y la rentabilidad del cultivo. En caso de ingreso a Colombia, el potencial de daño es muy alto, dado que las condiciones de nuestra caficultura son propicias para el desarrollo de la enfermedad. Con el fin de anticiparnos y disponer de alternativas para el manejo en caso de que la enfermedad se presente en Colombia se propuso una investigación para evaluar opciones de control en dos fases, *in vitro* y sobre frutos desprendidos inoculados artificialmente usando como modelo biológico, aislamientos nativos de *Colletotrichum* spp. Se seleccionaron 30 fungicidas de síntesis química y cinco biocontroladores con registro ICA vigente. Se evaluó su aptitud para el control del crecimiento de

micelio y la germinación de conidias de *Colletotrichum* spp in vitro. Se hizo una prueba tamiz en medio líquido con la dosis comercial de cada fungicida. En esta prueba 13 fungicidas inhibieron el crecimiento del micelio y 17 la germinación de las conidias. Para estos fungicidas se definieron las DL50, DL75 y DL90. Se prepararon diluciones seriadas de cada fungicida y se evaluó el crecimiento del micelio (Figura 50) y la germinación de conidias en presencia de cada dosis del fungicida. Seis fungicidas inhibieron el

crecimiento del micelio a bajas dosis y seis limitaron la germinación de las conidias. La investigación continuará con la evaluación de estos fungicidas en la inhibición del crecimiento del micelio y en la germinación de conidias de 26 aislamientos nativos de *Colletotrichum* pertenecientes a diferentes complejos de especies. Finalmente se evaluará la capacidad de los mejores fungicidas de controlar la infección en frutos desprendidos de café, inoculados artificialmente.

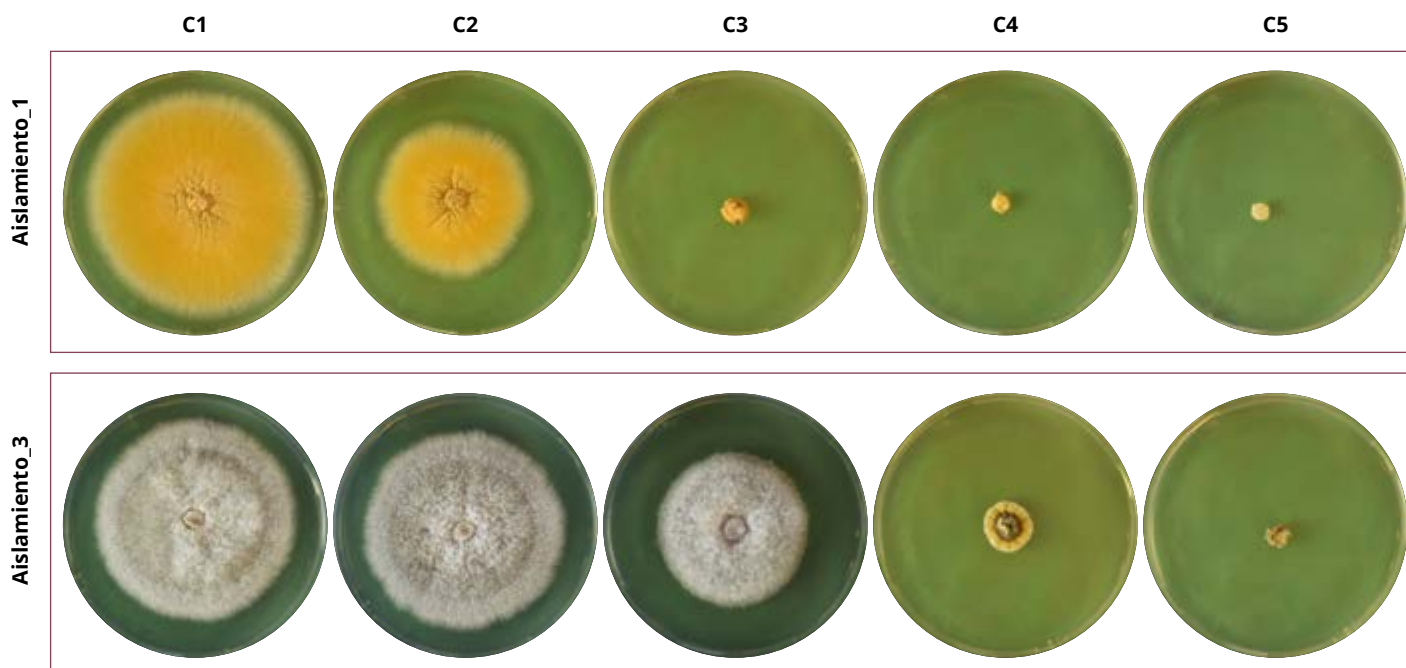


Figura 50. Crecimiento de la colonia de dos aislamientos de *Colletotrichum* spp. en respuesta a cinco concentraciones (C1 - C5) de un fungicida en medio de cultivo PDA, después de siete días de incubación.



Fitotecnia

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

Esta actividad se desarrolla en las ocho estaciones experimentales de Cenicafé, con base en el monitoreo permanente de las floraciones en los sistemas de producción de café. La evaluación consiste en contar 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 estima el total de flores y el porcentaje correspondiente en cada período. En la Tabla 25 se resume la información correspondiente a los registros y la proyección de la distribución de la cosecha para el año 2023 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 agrupan las floraciones que ocurren entre los meses de mayo a octubre como las responsables de la cosecha del primer semestre, y las floraciones que ocurren

desde noviembre hasta el mes de abril, como las responsables de la cosecha del segundo semestre. En la región Norte del país los principales eventos de floración ocurridos entre los meses de enero y marzo indican el momento de mayores volúmenes de cosecha los meses entre septiembre y noviembre de 2023. En la región Centro las floraciones registradas concentrarán las mayores proporciones de la cosecha del segundo semestre entre los meses de agosto y noviembre. La región Sur caracterizada por presentar un patrón de cosecha principal en el primer semestre del año, mostró el período abril a junio con los mayores eventos de cosecha (Tabla 23).

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

Con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad de siembra de la variedad Cenicafé 1 sobre la producción de café pergamino seco (cps) en dos localidades contrastantes. Se establecieron dos sistemas de producción, uno a libre exposición solar en la Estación Experimental El Tambo (Cauca), y otro bajo un sistema agroforestal con sombrío permanente de *Albizia carbonaria* (carbonero gigante), en un arreglo de 12 x 12 m para una densidad de 70 árboles de sombrío por hectárea, 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 por hectárea) y un total de nueve bloques, en parcelas de 300 m².

Para la localidad de Blonay la producción acumulada de café pergamino seco desde el 5 de noviembre de 2019 hasta el 1 de agosto de 2023, con una densidad de 5.000 plantas por hectárea, muestra una producción promedio acumulada de 346,24 @ ha⁻¹ de cps. Con la densidad de siembra de 7.500 plantas por hectárea 592,89 @ ha⁻¹ de cps, y con una densidad de 10.000 plantas por hectárea, se alcanzó un acumulado de 650,10 @ ha⁻¹ de cps (Figura 51).

Así mismo, para la Estación El Tambo los registros de producción acumulada de café pergamino seco, desde el 15 de octubre de 2020 hasta el 15 de agosto de 2023, muestran para la densidad de 5.000 plantas por hectárea, un acumulado de 283,99 @ ha⁻¹ de cps. Con la densidad 7.500

Tabla 23. Proyección de la distribución mensual de la cosecha de café en el año 2023 con base en los registros de floración.

Mes floración	Mes cosecha	Distribución de la cosecha (%)							
		El Rosario	El Tambo	La Catalina	La Trinidad	Naranjal	Paraguaito	San Antonio	Pueblo Bello
may-22	ene-23	2,6	12,1	10,2	2,9	0,9	5,3	0,1	0,0
jun-22	feb-23	2,2	8,4	6,5	3,6	1,6	2,6	0,1	0,0
jul-22	mar-23	4,5	8,4	9,0	4,5	1,2	0,4	0,1	0,0
ago-22	abr-23	9,8	17,4	3,7	5,0	1,3	4,2	0,1	0,0
sep-22	may-23	3,8	19,0	4,3	17,6	9,4	8,0	0,7	0,0
oct-22	jun-23	4,1	9,8	3,0	17,1	15,8	18,0	1,3	0,0
nov-22	jul-23	4,3	3,2	8,7	4,5	2,1	14,9	1,4	0,0
dic-22	ago-23	16,6	1,0	13,1	10,6	9,2	16,4	10,5	0,0
ene-23	sep-23	18,0	2,1	11,5	6,5	13,3	1,8	19,7	32,8
feb-23	oct-23	17,4	12,3	5,8	11,6	23,4	16,1	61,4	0,0
mar-23	nov-23	14,6	2,0	18,9	14,7	18,9	1,6	2,4	67,2
abr-23	dic-23	2,1	4,3	5,2	1,5	2,9	10,8	2,1	0,0

plantas por hectárea se obtuvieron 407,81 @ ha⁻¹ de cps, y para la densidad de 10.000 plantas por hectárea, un acumulado de 500,30 @ ha⁻¹ de cps (Figura 52).

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

Con el objetivo de determinar el punto de máxima producción con la variedad Cenicafé 1, en la Estación Naranjal localizada en Chinchiná (Caldas), en abril de 2018 se estableció un lote con las densidades de siembra que se describen en la Tabla 24; la parcela experimental está conformada por un área de 306 m² (17,5 m x 17,5 m), con el número de plantas por parcela correspondiente a cada densidad. El campo experimental ocupa un área total de 4.734 m². Para todas las densidades de siembra, se registra la producción en kilogramos de café cereza (variable de interés) durante cinco años de cosecha. La cantidad de café cereza recolectada en kilogramos por parcela, hasta la fecha, muestra el incremento en la producción a medida que aumenta la densidad de siembra, alcanzando un acumulado de 98.187 kg de café cereza por hectárea, equivalentes a 1.571 @ ha⁻¹ de café pergamino seco con 10.412 plantas/ha (Figura 53).

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 aspectos

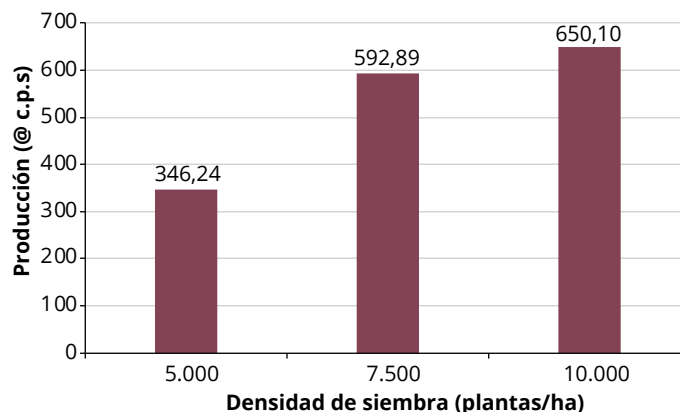


Figura 51. Producción promedio acumulada (@ ha⁻¹ de cps) de tres densidades de siembra de la variedad Cenicafé 1, en la Granja Blonay (Norte de Santander).

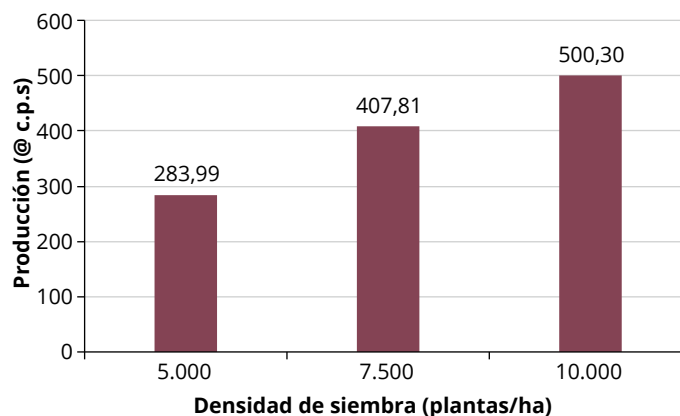


Figura 52. Producción promedio acumulada (@ ha⁻¹ de cps) de tres densidades de siembra de la variedad Cenicafé 1, en la Estación El Tambo (Cauca).

fisiológicos que influyen en las cosechas, para ello se determinó la máxima carga de frutos en etapas tempranas de desarrollo de una cosecha principal en la Estación Naranjal (Chinchiná, Caldas), en un lote de Variedad Cenicafé 1. En abril de 2022 se seleccionaron 60 plantas de forma aleatoria, se cuantificó el número total de frutos por planta con el uso de la escala BBCH71, entre 45 y 60 días de desarrollo. En esta población, se registró un promedio de 1.327 frutos/planta ± 51,83 error estándar, mediana de 1.290 frutos/planta, valor mínimo de 421 frutos/planta y valor máximo de 2.275 frutos/planta.

De la población de individuos total, 14 árboles se ubicaron en el promedio del número de frutos (1.327 frutos/planta) y tan solo tres árboles presentaron magnitudes superiores a los 2.000 frutos/planta (Figura 54a). En la Figura 54b, se muestra la determinación de los percentiles según la distribución del número de frutos por planta. Para conformar los árboles con mayor carga de frutos, se empleó el percentil 90, el cual fue ajustado para aquellos árboles que presentaron 1.910 frutos/planta.

Una vez determinados los árboles con mayor carga de frutos, se ajustaron las diferentes intensidades de carga en los árboles restantes. Para homogeneizar los tratamientos y ajustar la carga de frutos asignada, se hizo el raleo de los frutos en etapa BBCH71 en cada rama y en el árbol. Además, se realizaron mediciones de altura (175,09 cm en promedio) y número de ramas totales por planta (38) (Tabla 25).

El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente aleatorio con seis repeticiones, donde cada repetición corresponde a una planta (unidad experimental). Para llevar a cabo el seguimiento, en cada uno de los 54 árboles

Tabla 24. Densidades de siembra establecidas con la variedad Cenicafé 1.

Nº	Distancia surcos (m)	Distancia plantas (m)	Densidad (plantas/ha)	Área parcela (m ²)	Nº plantas/parcela
1	2,00	2,00	2.500	306	75
2	1,69	1,69	3.501	306	105
3	1,49	1,49	4.504	306	135
4	1,35	1,35	5.487	306	165
5	1,24	1,24	6.504	306	195
6	1,15	1,15	7.561	306	227
7	1,08	1,08	8.573	306	257
8	1,03	1,03	9.426	306	283
9	0,98	0,98	10.412	306	312
10	0,93	0,93	11.562	306	347
11	0,89	0,89	12.625	306	379
12	0,86	0,86	13.521	306	406
13	0,83	0,83	14.516	306	435
14	0,80	0,80	15.625	306	469

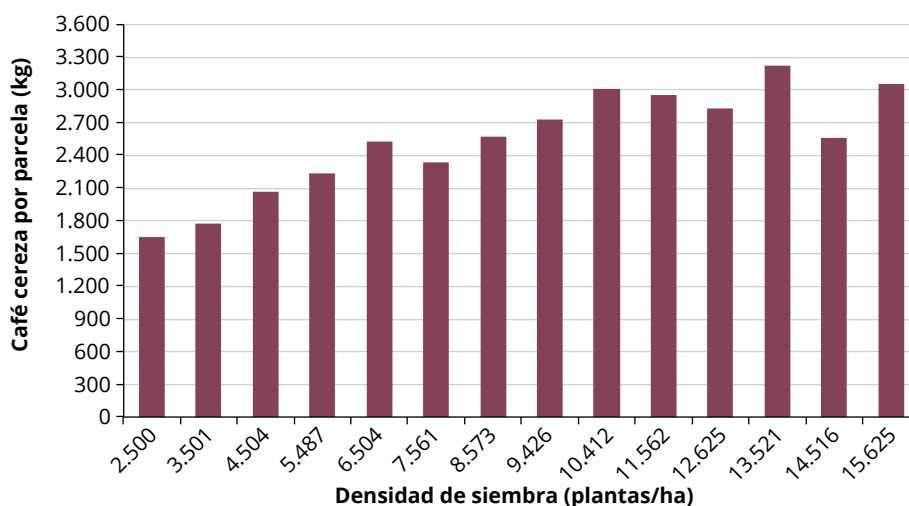


Figura 53. Producción de café cereza acumulada por parcela 2019-2023.

se seleccionaron cuatro ramas plagiotrópicas de la zona productiva. En las ramas seleccionadas se realizó la medición del número de nudos vegetativos totales-NNVT, número de hojas totales-NHT, área foliar-AF y la relación del área foliar requerida para el desarrollo de un fruto-RAF/F, como medidas de referencia, para luego observar el comportamiento a través de los tiempos de desarrollo del fruto. Los registros iniciales presentaron en promedio 16 a 19 NNVT, 21 a 24 NHT, AF entre 60,95 a 79,40 cm² y una RAF/F de 10,55 a 23,51 cm² en las diferentes intensidades de carga de frutos evaluadas (Figura 55).

Adicionalmente, también se contempló realizar el seguimiento a mediciones de análisis foliar, fisiológicas, acumulación de biomasa seca

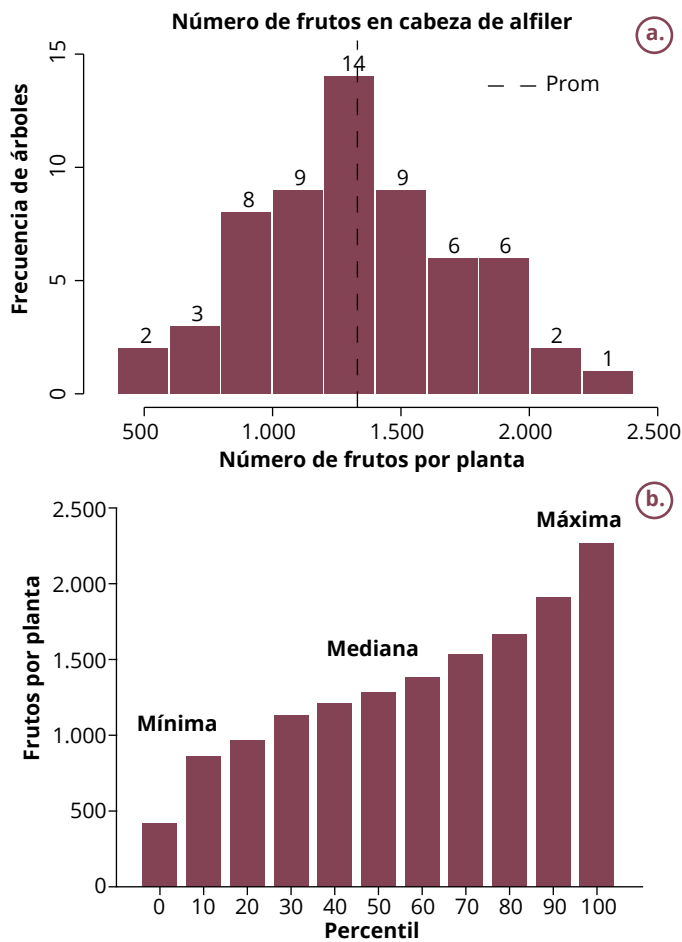


Figura 54. Distribución de los frutos totales por planta. Histograma (a.) y percentiles (b.) del número de frutos por planta. La medida fue cuantificada en 60 árboles y solo fueron cuantificados frutos en BBCH71 “cabeza de alfiler”.

Tabla 25. Características de los árboles seleccionados como objeto de estudio, en el cual, se les asignó las diferentes intensidades de carga de frutos en la Estación Experimental de Naranjal. Los datos corresponden a la media (n=6) ± error estandar. *Número de ramas productivas-NRP.

Carga de frutos (%)	Frutos por árbol	Altura (cm)	NRP*
20	382	174,50 ± 0,56	33 ± 4,37
30	573	175,67 ± 0,71	36 ± 2,40
40	764	174,83 ± 0,70	36 ± 1,71
50	955	174,83 ± 0,60	42 ± 1,84
60	1.146	175,67 ± 0,80	39 ± 2,35
70	1.337	174,83 ± 0,91	41 ± 2,29
80	1.528	175,33 ± 0,95	42 ± 2,55
90	1.719	174,83 ± 0,61	39 ± 1,98
100	1.910	175,33 ± 1,05	42 ± 3,03

y producción, con el fin de tener las herramientas suficientes para aclarar los efectos de la alta carga de frutos de café en la planta, en especial, en aquellos años donde se concentran más la producción anual del ciclo productivo.

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 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; la parcela 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 (safra cero); la parcela 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 café cereza durante un tiempo cercano a un período de cinco años de estudio, muestran descriptivamente una producción superior con el método de renovación de zoca común (Figura 56).

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 en los predios cafeteros. Ante la necesidad de responder a la pregunta, ¿qué sucede al realizar de manera recurrente renovaciones con este tipo de podas?, en esta investigación se evalúa el efecto sobre la producción y los costos asociados a estas prácticas de manejo en las plantas de café. En tres localidades El Tambo - Cauca, La Trinidad - Tolima y Pueblo Bello - Cesar, de acuerdo con la época correcta de renovación, se evalúan la poda calavera y la poda pulmón en períodos de producción de máximo dos cosechas y la zoca común en ciclos de producción de cuatro cosechas. Las intervenciones recurrentes y alternas con zoca común, se evaluarán en un período de 12 años con base en los métodos y tratamientos que se describen en las Tablas 26 y 27.

El efecto de los tratamientos se evalúa bajo el diseño experimental bloques completos al azar, con ocho bloques, donde el factor de bloqueo es el gradiente de fertilidad del suelo; cada parcela experimental cuenta con un área de 147 m² en El Tambo, 144 m² en La Trinidad y 67 m² en Pueblo Bello. Los tratamientos 1 y 2 corresponden a períodos recurrentes de renovación por medio de poda calavera con dos y un año de cosecha, respectivamente, el tratamiento 3 es la alternancia de períodos de dos años de cosecha con poda calavera y ciclos de cuatro años de cosecha con zoca común. Los tratamientos 4 y 5 corresponden a períodos recurrentes de renovación por medio de poda pulmón con dos años de cosecha, el tratamiento 6 es la alternancia de períodos de dos años de cosecha con poda

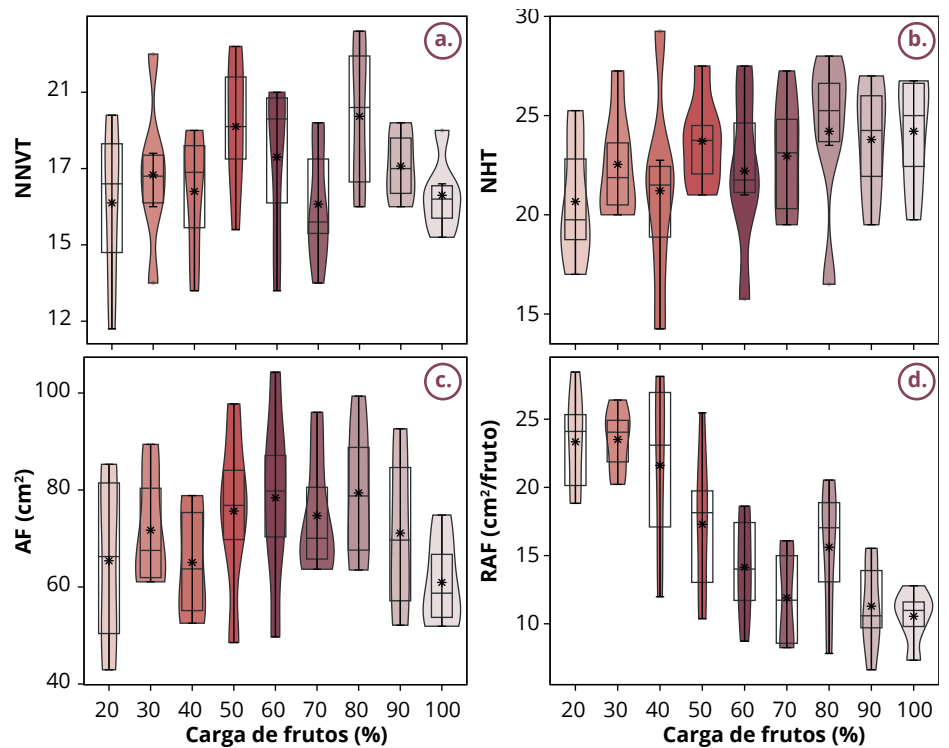


Figura 55. Medidas de crecimiento evaluadas a los 60 días de desarrollo del fruto-BBCH71. Se midió el número de nudos vegetativos totales por rama-NNVT (2a), número de hojas totales por rama-NHT (2b), área foliar por rama-AF (2c) y relación del área foliar por fruto en la rama-RAF/F (2d). Cada asterisco corresponde a la media (n= 24).

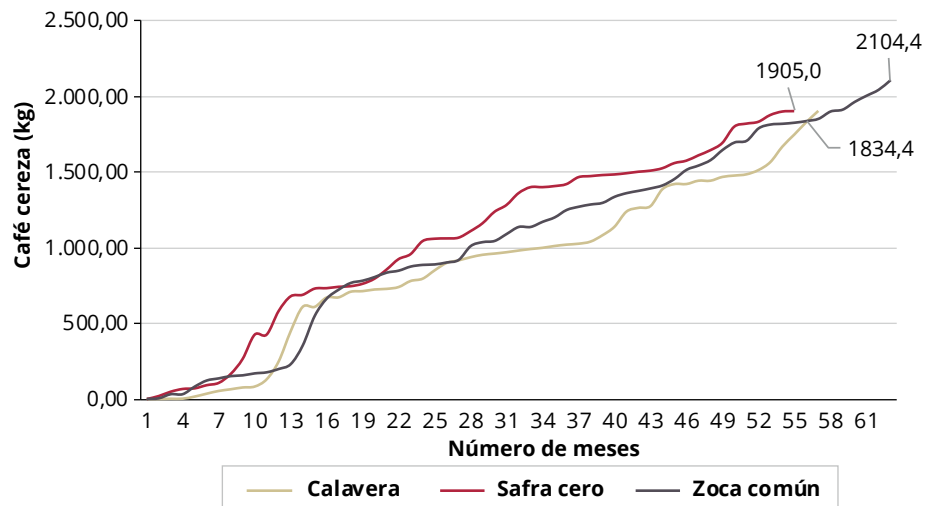


Figura 56. Producción acumulada en kilogramos de café cereza por parcela.

pulmón y ciclos de cuatro años de cosecha con zoca común, finalmente, el tratamiento 7 corresponde a ciclos recurrentes de cuatro años de cosecha con zoca común (Tabla 27).

En la producción acumulada de café cereza por parcela en El Tambo - Cauca (zona cafetera Sur), entre los años 2020 y 2023 se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,0001$) según el análisis de varianza bajo el diseño experimental evaluado. Al aplicar

Tabla 26. 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 período 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

la prueba de comparación de Tukey ($p < 0,05$) se detectaron diferencias significativas entre la zoca común respecto a las podas calavera y la poda pulmón de 90 cm (Figura 57).

En La Trinidad en Líbano - Tolima (zona cafetera Central), la producción acumulada de café cereza por parcela, entre los años 2020 y 2023, presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,0001$) según el análisis de varianza bajo el diseño experimental evaluado. Al aplicar la prueba de comparación de Tukey ($p < 0,05$) se detectaron diferencias significativas entre la zoca común respecto a la poda calavera¹ y la poda pulmón² de 60 cm (Figura 58).

En la zona cafetera Norte para las condiciones de caficultura a la sombra, en Pueblo Bello - Cesar, la producción acumulada de café cereza por parcela entre los años 2020 y 2022 no mostró diferencia estadística según el análisis de varianza bajo el diseño experimental evaluado (Figura 59).

Con base en el registro de las labores de manejo agronómico en cada uno de los tipos de poda que se evalúan en la localidad del Líbano (Tolima), se realizó el análisis del número de unidades agrícolas acumuladas en 58 meses y se comparó con el total registrado en zoca común. Según los resultados de la Tabla 28 tanto las podas recurrentes de poda calavera y pulmón como las alternas, demandaron entre el 20% y 38% más labores a las requeridas en el sistema de zoca común.

Evaluación del efecto de la densidad de siembra de híbridos de maíz intercalados con café. FIT104006

Este experimento se desarrolla en cuatro Estaciones Experimentales: Naranjal, La Catalina, El Rosario y El Tambo, con el propósito de evaluar el efecto de distintas densidades de población durante dos ciclos

de producción de maíz híbrido, sobre las dos primeras cosechas de café, en lotes renovados por siembra y por zoca. Para esto se establecieron cuatro densidades de población de maíz: 45.000, 50.000, 55.000 y 60.000 plantas/ha en parcelas experimentales con un área de 48 m², comparadas con un testigo en el que no se sembró maíz. En la Tabla 29 se presentan las condiciones particulares en términos de variedad, densidad de siembra, arreglos espaciales y método de renovación de los lotes de café en los que está establecida la investigación.

Los registros de producción promedio acumulada de café cereza para la Estación Naranjal (5 de agosto de 2021 hasta el 16 de agosto de 2023), mostraron la menor producción 205,99 kg cc/parcela para 55.000 plantas de maíz por hectárea y la mayor 230,88 kg cc/parcela para 50.000 plantas de maíz por hectárea, con coeficientes de variación de 21,37% y 25,80%, respectivamente. Este mismo comportamiento fue registrado para la estación El Tambo (30 de marzo de 2023 hasta 16 de agosto de 2023) con la menor producción 21,38 kg cc/parcela para 55.000 plantas de maíz por hectárea y la mayor 24,93 kg cc/parcela de 48 m² para 50.000 plantas de maíz por hectárea, con coeficientes de variación de 28,28% y 34,60%, respectivamente. Caso contrario ocurrió en la Estación La Catalina, donde se presentó la menor producción 191,02 kg cc/parcela para 45.000 plantas de maíz por hectárea y mayor 209,50 kg cc/parcela para el testigo, con coeficientes de variación de 16,19% y 25,77%, respectivamente, registrados desde el 10 de junio de 2021 hasta 08 de agosto de 2023. Por último, para los registros de producción en la Estación El Rosario (13 de octubre de 2021-30 de agosto de 2023), se observó la menor producción 84,84 kg cc/parcela con 45.000 plantas de maíz por hectárea y mayor 92,46 kg cc/parcela con 50.000 plantas de maíz por hectárea, con coeficientes de variación de 10,91% y 12,37%, respectivamente (Figura 60).

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

Tabla 27. Descripción de los métodos de renovación, número de cosechas por período productivo y total de cosechas acumuladas por cada tratamiento.

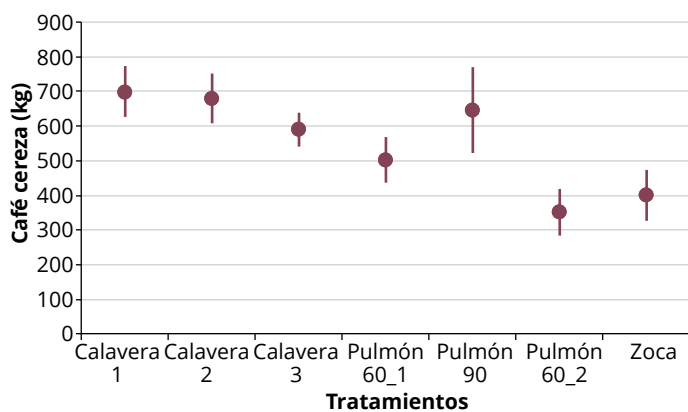


Figura 57. Promedio e intervalos de confianza al 95% para la producción de café cereza por parcela Estación El Tambo - Cauca.

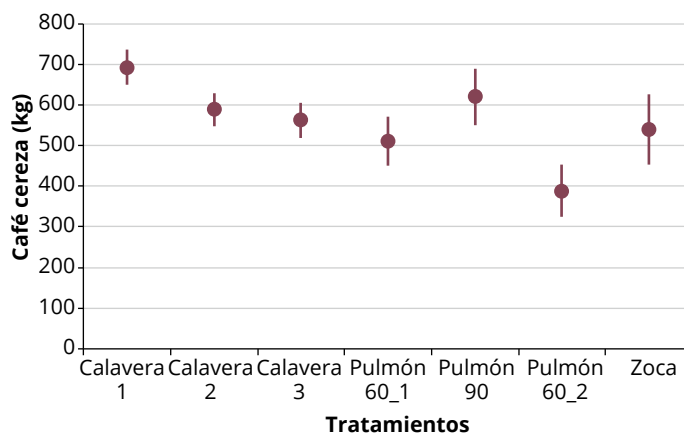


Figura 58. Promedio e intervalos de confianza al 95% para la producción de café cereza por parcela Estación La Trinidad - Líbano, Tolima.

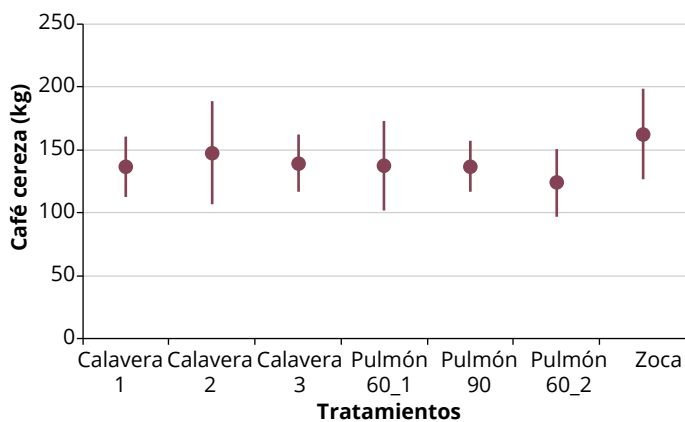


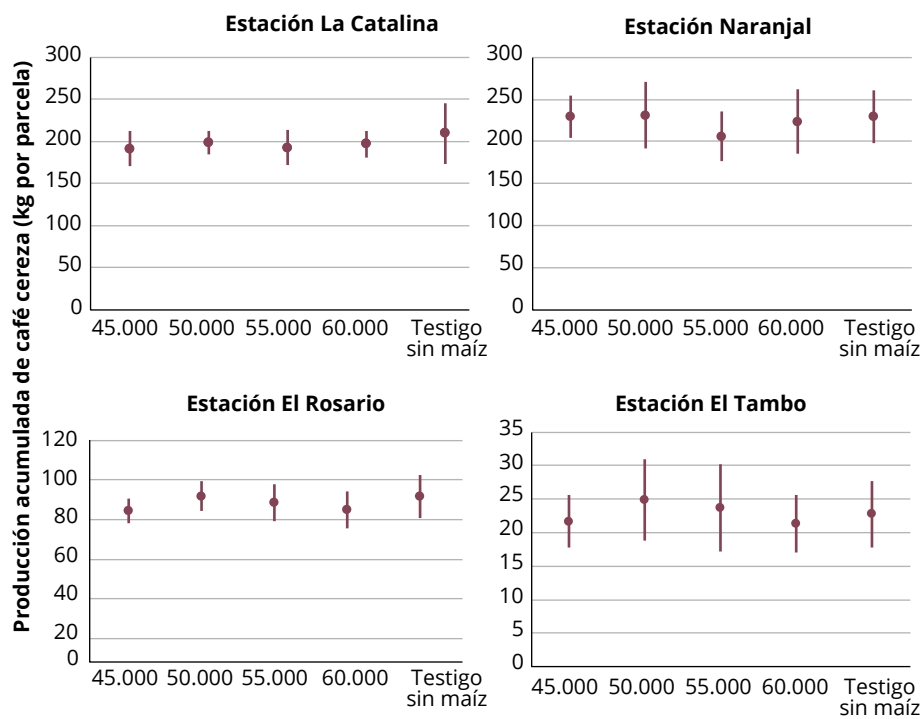
Figura 59. Promedio e intervalos de confianza al 95% para la producción de café cereza por parcela Estación Pueblo Bello - Cesar.

Tabla 28. Análisis de las labores de manejo agronómico por tipo de poda en la Estación Experimental La Trinidad (Líbano, Tolima).

Tipo de poda	Diferencia en las unidades agrícolas ejecutadas (%)
Calavera recurrente	21
Calavera alterna	38
Pulmón recurrente	20
Pulmón alterna	23
Zoca común	0

Tabla 29. Características particulares de los lotes de café en los que está establecida la investigación en términos de variedad, densidad de siembra, arreglos espaciales y método de renovación.

Estación	Variedad de café	Distancias entre surcos y plantas (m)	Densidad de siembra de café (plantas /ha)	Método de renovación
Naranjal	Castillo Zona Sur	1,4 x 1,0	7.142	Siembra
La Catalina	Castillo General	1,4 x 1,0	7.142	Zoca tradicional
El Rosario	Castillo Zona Centro	1,4 x 1,0	7.142	Siembra
El Tambo	Cenicafé 1	1,0 x 1,0	10.000	Siembra



Densidad de siembra de maíz híbrido SGBIOH2 (plantas/ha⁻¹)

Figura 60. Producción acumulada en kilogramos de café cereza por parcela (48 m²), para cada densidad de siembra de maíz híbrido SGBIOH2 y testigo en las localidades de Naranjal, La Catalina, El Rosario y El Tambo. Cada punto es la media y las barras denotan los intervalos de confianza al 95%.



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 a *C. kahawae*, en ausencia de la enfermedad en Colombia, es necesario la implementación de marcadores moleculares correlacionados con los mecanismos de resistencia a esta enfermedad provenientes de diferentes orígenes [p.e. Híbrido de Timor (Ck-1), Rume Sudán (Ck-2, Ck-3)]. Desde 2012, se utilizan de manera rutinaria tres marcadores microsatélites ligados al mecanismo de resistencia Ck-1. En 2020, se reportaron dos marcadores SNPs ligados con la resistencia a CBD provenientes de Rume Sudán. Con el objetivo de usar estos marcadores en mejoramiento genético, se llevó a cabo la búsqueda de microsatélites cercanos a cada uno de estos SNPs, en el genoma de *Coffea arabica* variedad Caturra, así como los sub-genomas de *Coffea canephora* y *Coffea eugenoides*. Se probaron 56 microsatélites cercanos al marcador SNP Ck-2 sobre los genotipos susceptibles (Caturra y SL.28), y resistente (Sudán Rume S.R). Se identificaron dos microsatélites polimórficos, los cuales fueron validados en poblaciones F2/F3 derivadas de Rume Sudán (IAPAR-59 x Rume Sudán, Catuaí x Rume Sudán, DG1399 x Rume Sudán). Estos microsatélites permitieron la diferenciación de genotipos resistentes, susceptibles y heterocigotos. Es necesario enviar al Centro de Investigaçã das Ferrugens do Cafeeiro - CIFC (Lisboa, Portugal) estas poblaciones para la caracterización fenotípica de la resistencia a CBD que permitan validar los microsatélites evaluados como método de selección de genotipos con resistencia proveniente de Rume Sudán.

Mejoramiento por resistencia a enfermedades

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

Uno de los pilares de los sistemas productivos de café es la utilización de variedades resistentes a roya (*H. vastatrix*), y por lo tanto, su obtención

es el principal objetivo del Mejoramiento Genético de esta especie. Para este propósito, es permanentemente realizado el ciclo de hibridación, evaluación y selección, incorporando la mayor diversidad genética posible con miras a proporcionar una resistencia durable en el campo contra esta enfermedad. En esta investigación se evaluaron 44 progenies F4/F5 derivadas de 25 cruzamientos. En el 70% de estas poblaciones se utilizó como progenitor femenino una F3RC1 producto de la hibridación interespecífica - HIE (*C. arabica* x *C. canephora*), en el 22% se utilizó Caturra x Híbrido de Timor 1343 - CatxHdT, y en la fracción restante intervino una F3 derivada de Rume Sudán x Catuaí. En 36 de las progenies evaluadas, se emplearon como progenitores masculinos 15 accesiones de origen etíope, mientras en los restantes se utilizó la variedad N.197. Siendo la roya el principal criterio de selección, el 25% de las progenies fueron consideradas resistentes bajo la escala de evaluación utilizada (Tabla 30).

Con relación al comportamiento agronómico, el tamaño de grano estimado mediante el porcentaje de café supremo y la segregación, aún persistente, para color de fruto son de las mayores

Tabla 30. Características agronómicas y limitantes de las progenies seleccionables pertenecientes al proyecto MEG102004.

Lote	Origen	Progenie	Atributo / criterio de selección						
			Roya/ 90% plantas Cal. ≤3	Tam. Grano/ Supremo ≥60%	*Altura cm/ ≤ Cenicafé 1	Def. Grano / Caracol ≤20%	Def. Grano / Vanos ≤20%	Producción kg/cc planta / ≥ Cen. 1	Principal limitante
1	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x CCC.173	5	94%	35,9	131,0*	14,2	6,1	9,6	Tamaño de grano, segrega color fruto
1	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x CCC.304	12	100%	40,8	142,7	7,2	3,5	11,3*	Tamaño de grano, segrega color fruto
1	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x CCC.338	15	91%	83,8	138,9	10,7	3,6	7,6	Segrega color fruto
1	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x CCC.173	19	100%	56,0	156,3	10,2	7,2	10,2*	Tamaño de grano, segrega color fruto
2	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x [Catuaí x (Caturra x CCC.27)]	2	94%	38,3	178,1*	11,4	4,7	11,9*	Tamaño de grano, segrega color fruto
2	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x [Catuaí x (Caturra x CCC.27)]	3	100%	66,1	170,1*	13,9	6,2	9,4*	
2	{(Caturra x Híbrido de Timor) x [(Caturra x CCC.113) x Híbrido de Timor]} x CCC.291	5	100%	83,0	175,8*	15,5	6,3	10,8*	
2	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x CCC.173	7	90%	65,6	169,8*	10,8	3,8	12,2*	Segrega color fruto
2	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x CCC.1055	8	100%	77,4	153,9	12,0	7,3	9,3*	
2	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x [Catuaí x (Caturra x CCC.27)]	18	88%	69,9	168,0*	9,9	5,0	9,2*	
2	[Caturra x (Caturra x <i>C. canephora</i>)] x CCC.1060	21	94%	72,9	158,7*	13,6	4,4	9,8*	

*Diferencias estadísticas significativas con respecto a los valores observados en la variedad Cenicafé 1 de acuerdo a prueba de Dunnett (p=0.05)

limitantes, dado que en conjunto restringen el uso del 55% de las progenies de mayor resistencia a la roya. Sin embargo, la identificación de plantas no segregantes para color de fruto, permitiría ampliar el número de progenies útiles para el mejoramiento genético. Para los demás atributos, las progenies muestran valores similares al observado en las variedades comerciales como testigo (Dunnett0,05), a excepción de una mayor altura de planta en cuatro de ellas. Por su origen, las cinco progenies que reúnen el conjunto de atributos deseables tienen el potencial de incrementar la diversidad genética de las variedades actuales, dado que involucran como progenitores derivados tanto de HIE (4) como de CatxHdT (1) en cruzamiento con cuatro introducciones etíopes.

Selección de progenies F4 y F5 de retrocruzamiento con diferentes introducciones de *Coffea canephora*. MEG102016

Entre 2018-2022, en la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná, Caldas), se evaluaron por su resistencia a la roya, desempeño agronómico, calidad física del grano y calidad sensorial de la bebida, 34 líneas avanzadas provenientes del cruzamiento de *Coffea arabica* var Caturra x diferentes variedades de *C. canephora*. Al analizar la altura de las plantas a los 24 meses, se observó que 17 de las líneas evaluadas presentaron una altura promedio superior a la de las variedades testigo Caturra y Cenicafé 1 (155 y 153 cm, respectivamente). La producción registrada entre

abril de 2019 y diciembre de 2022, muestra diferencias significativas a favor de diez líneas mejoradas con relación a Cenicafé 1. Estas líneas alcanzan una producción acumulada entre 43%-18% superior a la de Cenicafé 1. Entre agosto de 2019 y abril de 2022, se realizaron siete evaluaciones de incidencia de roya mediante la escala de Eskes & Toma-Braghini (1981). El 29% (diez líneas), fueron catalogadas como resistentes a esta enfermedad. Paralelamente, se evaluaron 23 líneas por la calidad sensorial de la bebida de acuerdo con la escala SCA. El 96% de las líneas fueron clasificadas como muy buenas (80,00-84,99 SCA) y una línea alcanzó 85,13 puntos clasificándose como excelente (>85,00 SCA). El descriptor que más se destacó fue la fragancia/aroma, donde el 48% de las líneas evaluadas se catalogaron como excelentes (8,00-8,75 SCA). Finalmente, se seleccionaron diez líneas (32 plantas) resistentes a la roya, con excelentes atributos agronómicos, calidad física comparable a la del testigo Cenicafé 1 y con los atributos sensoriales de la bebida que representan el café de Colombia (Tabla 31).

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

Con el fin de mejorar la especie de café *C. arabica* mediante la incorporación de características deseables de la especie *C. canephora*, en particular, genes de resistencia a la roya del café (*Hemileia vastatrix*), se evaluaron 28 progenies F6RC1 de híbridos interespecíficos, obtenidos mediante la vía triploide. El proceso incluyó un primer cruzamiento entre la variedad Caturra y *C. canephora* BP358, seguido de un retrocruzamiento hacia Caturra para recuperar la fertilidad y conservar las características de *C. arabica*. La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Naranjal, empleando un diseño de látice rectangular 5 x 6, con tres repeticiones. Cada unidad experimental estaba compuesta por 12 plantas, de las cuales diez fueron efectivas, y como testigo, se utilizaron las variedades Caturra (susceptible a la roya) y Cenicafé 1 (comercial). Como variables de interés, se registró resistencia a la roya, altura de la planta, producción durante cuatro cosechas, características físicas del grano y calidad sensorial de la bebida. Se destacaron por su desempeño agronómico las progenies MEG6.65 #205, MEG6.65 #259, MEG6.65 #685, MEG6.65 #688, MEG6.65 #700 y MEG6.65 #517 (Tabla 32). En términos de altura a los 24 meses, estas progenies alcanzaron valores máximos de 200 cm, con un mínimo de 130 cm y un promedio de 170,5 cm, en comparación con el promedio de 159 cm obtenido por el testigo Cenicafé 1. La producción acumulada promedio de estas progenies fue de 14,9 kg de café cereza, mientras que el testigo Cenicafé 1 obtuvo 9,44 kg en promedio. Se realizaron análisis de modelos lineales generalizados para las características físicas del grano, donde las progenies presentaron promedios de 8,9% de granos caracol, un 8,1% de frutos vanos y un 85,4% de grano supremo. En cuanto a la resistencia a la roya, se destacó la progenie MEG6.65 #205, con el 97% de las plantas, presentando valores ≤ 3 en la escala de incidencia de Eskes & Toma-Braghini (1982). La calidad de la bebida, evaluada con la escala SCA para arábicos, categorizó a todas estas progenies como "muy buena" con valores totales superiores a 80 puntos. Además, los atributos específicos como fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance, todos superaron el valor 7, lo que las califica como "muy buenas". Las progenies seleccionadas se encuentran en proceso de clonación, con miras a entrar a la colección de trabajo de la Colección Colombiana de Café, para posteriormente ser evaluadas en pruebas de adaptación regional.

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

En el cultivo de *Coffea arabica* L. el uso de la resistencia genética para el manejo de la roya del cafeto (*H. vastatrix*), es desde el punto de vista ambiental y económico la estrategia más acertada. Con este propósito, el Híbrido de Timor (HdT), por excelencia, ha sido la fuente usada en los programas de mejoramiento genético a nivel mundial. Estudios recientes han demostrado la gran diversidad existente en los genotipos de este origen, en especial del Híbrido de Timor 1343, sin embargo, sólo una fracción de esta diversidad ha sido utilizada en las variedades resistentes desarrolladas hasta la fecha. Evaluaciones periódicas, realizadas por más de dos décadas, sobre selecciones de este origen evidenciaron la ausencia de la enfermedad en dos accesiones (CCC48 I.567 y CCC48 I.573), por lo que su transferencia a una variedad comercial es de gran interés. Para este experimento, diez genotipos base de tres orígenes (F5RC1 de Caturra x *C. canephora* -HIE, F4 de Caturra x HdT1343, Villa Sarchí x HdT832/2) fueron cruzados con estas accesiones, lo que permitió el desarrollo de 20 poblaciones F2 en diferentes etapas de desarrollo. Aprovechando la diversidad de variantes de roya compatibles en el campo, además se busca realizar la selección temprana de plantas susceptibles en las poblaciones creadas, mediante la inoculación en plántulas de roya bajo condiciones controladas. El inóculo inicial fue tomado de plantas derivadas de Caturra x HdT, e incrementado tanto sobre plantas de la variedad Caturra, como sobre las plantas de las que fue tomado el inóculo

Tabla 31. Características de las líneas seleccionadas en la investigación MEG102016. PROM: promedio de la línea mejorada seleccionada (tres repeticiones / diez árboles por repetición). La producción acumulada 2019-2022, expresada en kg/árbol. Altura, número de cruces y diámetro de la copa, en árboles de 24 meses.

Genotipo	Trat	Árbol Selec	Máx. Royá	Producción acumulada (kg/árbol/4 años)		Altura 24 M		Cruces 24M		DCopa 24M	
				PROM	Árbol	PROM	Árbol	PROM	Árbol	PROM	Árbol
MEG6.62 #244	6	307	1	14,2	18,0	175,2	165	33,9	31	167,3	165
MEG6.62 #244	6	957	0		19,1		185		35		175
MEG6.62 #244	6	960	0		17,4		185		34		180
MEG6.64 #205	8	137	0	13,1	11,6	164,5	180	30,1	31	153,5	160
MEG6.64 #205	8	604	0		12,1		150		28		130
MEG6.64 #205	8	1055	0		15,0		155		29		155
MEG6.64 #31	27	471	0	9,6	13,0	159,7	150	29,6	27	146,5	135
MEG6.64 #31	27	472	0		14,7		175		33		150
MEG6.64 #31	27	847	2		12,1		180		32		160
MEG6.64 #31	27	848	3		13,6		170		32		140
MEG6.67 #113	14	246	0	15,1	18,7	154,3	140	30,2	28	146,8	150
MEG6.67 #113	14	660	1		19,8		160		30		155
MEG6.67 #113	14	909	2		19,4		160		32		165
MEG6.67 #144	21	210	2	10,2	14,1	159,8	160	33,8	35	160,5	175
MEG6.67 #144	21	433	2		13,8		165		34		165
MEG6.67 #144	21	434	3		12,8		165		36		180
MEG6.67 #147	13	274	2	16,9	22,7	160,8	155	32,9	34	165,0	160
MEG6.67 #147	13	566	1		22,0		175		36		185
MEG6.67 #147	13	860	0		19,5		180		33		170
MEG6.67 #149	22	192	2	15,2	15,2	166,7	160	32,4	33	156,0	175
MEG6.67 #149	22	408	3		15,2		155		32		135
MEG6.67 #149	22	1028	3		16,8		170		32		165
MEG6.67 #270	19	181	1	11,4	15,3	170,7	175	32,6	32	169,3	165
MEG6.67 #270	19	189	1		13,2		175		32		160
MEG6.67 #270	19	571	0		13,4		175		33		155
MEG6.67 #270	19	810	1		13,7		170		30		165
MEG6.67 #726	12	173	2	12,6	16,9	156,2	165	30,9	31	154,8	165
MEG6.67 #726	12	714	1		19,5		170		32		175
MEG6.67 #726	12	715	2		25,7		165		31		155
MEG6.67 #762	15	289	2	12,1	13,3	163,3	170	31,9	34	149,2	150
MEG6.67 #762	15	442	2		14,7		165		29		140
MEG6.67 #762	15	447	0		13,3		170		32		125

Vanos (%)		Caracol (%)		Supremo (%)		SCA	Color Brote
PROM	Árbol	PROM	Árbol	PROM	Árbol		
8,4	6	13,5	11	77,1	85,4	ND	Verde
	11		16		80,8		Verde
	11		6		76,6		Verde
4,6	4	7,7	5	68,0	79,0	ND	Verde
	3		5		66,3		Verde
	4		7		74,5		Verde
7,8	5	11,5	11	85,7	74,3	ND	Bronce
	0		6		70,8		Bronce
	12		13		82,7		Bronce
	6		12		96,8		Bronce
5,1	6	7,7	9	74,2	84,0	84,3	Bronce Intenso
	6		8		72,4		Bronce Intenso
	6		9		76,1		Bronce Intenso
6,2	8	17,7	20	68,0	82,9	85,1	Verde
	9		11		81,1		Bronce
	11		22		91,9		Bronce
13,3	12	11,7	10	77,1	82,6	80,8	Bronce
	6		13		84,7		Bronce
	8		14		82,4		Verde
10,0	10	25,0	29	63,5	75,4	81,9	Verde
	5		18		86,2		Bronce
	3		20		73,2		Bronce
6,4	6	18,8	15	68,2	86,4	84,5	Bronce Intenso
	1		10		79,7		Bronce Intenso
	3		9		80,6		Bronce Intenso
	4		11		83,0		Bronce Intenso
8,3	6	10,4	15	65,5	64,9	82,25	Bronce
	11		9		61,7		Bronce Intenso
	10		12		72,2		Bronce Intenso
6,2	3	12,3	6	84,9	83,7	80,5	Bronce
	5		17		83,5		Bronce Intenso
	8		14		90,3		Bronce Intenso

Tabla 32. Características de las líneas seleccionadas en la investigación MEG102017. PROM: promedio de la línea mejorada seleccionada (tres repeticiones/diez árboles por repetición). La producción acumulada 2019-2022, expresada en kg/árbol. Altura, número de cruces y diámetro de la copa, en árboles de 24 meses.

Genotipo	Árbol Selec	Máx. Roya	Producción Acumulada (kg/árbol/4 años)		Altura 24M		Cruces 24M		DCopa24M		% Vanos		% Caracol		% Supremo		SCA
			PROM	Árbol	PROM	Árbol	PROM	Árbol	PROM	Árbol	PROM	Árbol	PROM	Árbol	PROM	Árbol	
MEG6,65 #205	321	2	13,4	16,3	168,8	180	35,9	39	150,8	145	9,13	5	12,5	9	83,68	90	81,45
MEG6,65 #205	324	1		16,6		165		33		145		10		7		90	
MEG6,65 #205	755	0		17,8		170		40		160		10		7		88,7	
MEG6,65 #205	759	1		18,5		170		38		160		10		7		87,5	
MEG6,65 #259	476	0	12,9	18,4	175,3	170	34,8	33	164,3	190	7,77	SD	20,9	SD	76,65	SD	
MEG6,65 #259	816	0		13,4		175		35		180		8		10		92,1	82,5
MEG6,65 #259	819	0		13,6		175		37		145		4		6		80,4	
MEG6,65 #685	44	0	11,6	17,2	174,8	200	35,0	39	175,8	205	11,32	7	19,8	12	78,71	78,9	80,25
MEG6,65 #685	467	2		10,6		185		33		175		6		12		94	
MEG6,65 #685	888	0		11,5		175		33		170		5		12		83,8	82,5
MEG6,65 #688	101	2	10,0	13,5	152,3	175	31,6	35	135,2	180	10,05	SD	9,0	SD	88,14	SD	
MEG6,65 #688	105	0		14		180		35		190		12		9		93,4	
MEG6,65 #688	106	0		13,6		175		39		180		10		10		83,4	
MEG6,65 #688	880	2		13,3		160		31		155		6		9		90,8	
MEG6,65 #700	14	2	11,5	13,4	169,5	175	33,7	32	181,7	180	12,22	12	10,0	9	78,8	88,8	80,5
MEG6,65 #700	434	2		15,6		180		33		200		9		8		83,8	
MEG6,65 #700	437	1		13,6		170		37		195		6		12		80,9	
MEG6,65 #700	674	0		15,8		170		36		200		12		10		85	
MEG6,65 #517	246	2	13,6	15,1	136,2	130	28,0	30	133,6	135	6,15	7	9,9	8	73,92	71,2	
MEG6,65 #517	247	2		15,3		155		30		135		6		10		70,7	80,5
MEG6,65 #517	896	2		15,3		145		29		175		10		5		88,9	

originalmente (CatxHdT). Para la inoculación de las plantas F2, la solución se preparó utilizando por cada mililitro de agua 0,5 mg de urediniosporas, asperjando aproximadamente 0,7 mL en cada planta sobre el envés de las hojas más jóvenes completamente desarrolladas. Las plantas fueron mantenidas en un cuarto húmedo a oscuridad, con una temperatura promedio de 22°C y una humedad relativa entre 95% – 100%, por 48 horas. Después de transcurrido este período, las plantas inoculadas fueron llevadas a invernadero, donde permanecieron por un período de 40 días hasta la aparición de las pústulas. Un total de 497 plantas, derivadas de tres híbridos F1 fueron inoculadas, logrando identificar un 21,5% de plantas susceptibles (Tabla 33). El mayor porcentaje de susceptibilidad fue identificado en las poblaciones donde se utilizaron derivados de H1E (25,4%), con respecto a la menor (15,9%) donde interviene el HdT832/2. A pesar de que la proporción de plantas susceptibles se ajusta a la segregación esperada para un solo gen de resistencia ($\chi^2=2.33$; χ^2t (gl=1; $\alpha=0.05$)=3.841) se requiere profundizar en el tema para su confirmación.

Desarrollo y evaluación de poblaciones de *Coffea arabica* L. con genes de resistencia a la enfermedad de las cerezas CBD (*Colletotrichum kahawae* Waller and Bridge) provenientes de diferentes fuentes. MEG102027

La presente investigación tiene por objetivo incorporar fuentes de resistencia a la enfermedad de las cerezas del café diferentes a las provenientes del HdT 1343. Es así como se desarrollaron 17 poblaciones F1 a partir de cruzamientos entre: (1) F5RC1 de Caturra x *C. canephora* -H1E, (2) F4 de Caturra x HdT1343 y (3) Villa Sarchí x HdT832/2; con siete accesiones de la Colección Colombiana de Café, reconocidas por su resistencia a diferentes aislamientos de *C. kahawae* (Tabla 34). Así mismo, durante la presente vigencia, se terminó la curaduría de la base de datos de 18 años de evaluaciones de resistencia de 1.500 genotipos de *C. arabica*, con distintos fondos genéticos a 13 aislamientos de *C. kahawae* provenientes de Angola, Camerún y el Oriente de África (A68, Ang29, Cam1, CC, M, M2, Que2, R, Uga1, Z12, Z9, Zim1, Zim12). Estas evaluaciones fueron hechas dentro del marco del Convenio de Colaboración entre el Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro - CIFC (Lisboa – Portugal) y Cenicafé. Se determinó que las líneas componentes de las variedades resistentes entregadas por Cenicafé a los caficultores colombianos poseen resistencia genética a diferentes aislamientos de *C. kahawae* (Tabla 35).

Conservación, caracterización y evaluación de los recursos genéticos de café

Conservación de la Colección Colombiana de Café. MEG103011

Para la caficultura, disponer de recursos genéticos conservados y diversos en la Colección Colombiana de Café (CCC) proporciona la oportunidad de buscar y hallar soluciones a las diferentes problemáticas a través del fitomejoramiento. Sin embargo, la conservación a través del tiempo de este tipo de colecciones es difícil, dado que están expuestas a diferentes factores que pueden afectar su integridad. En este sentido, el conocimiento de lo que se tiene conservado es fundamental, debido a que permite entre

otros aspectos, establecer planes de manejo y uso de los recursos genéticos. Es así como, mediante la documentación y evaluación en el campo, se estableció que la CCC está conformada por 3.598 accesiones, las cuales pueden ser agrupadas en dos grandes secciones: La Colección Internacional (CI) y la Colección de Trabajo (CT). La CI está conformada por 1.028 accesiones (Tabla 36), que principalmente fueron introducidas al país entre 1947 y 1991 desde diferentes centros de investigación. La CT está compuesta por 2.570 accesiones (Tabla 37), fruto de las investigaciones de evaluación y selección realizados en la Disciplina de Mejoramiento Genético. En este sentido, cerca del 20% de este grupo, lo conforman genotipos seleccionados del germoplasma introducido (Colección Internacional), bien sea por su resistencia a enfermedades (Roya, CBD), plagas, o características particulares (androesterilidad). La fracción restante, refleja en sí la historia del mejoramiento genético en café, iniciando con el propósito de combinar atributos de las variedades tradicionales (H.1000), la posterior búsqueda de resistencia a roya, bien sea de genes de *C. arabica* (H.2000), o del híbrido de Timor (H.3000) o proveniente de especies diploides (H.4000). Por último, la inclusión del germoplasma de procedencia etíope (H.5000) en la búsqueda de diversificar no solo de la resistencia a la roya, sino a otros atributos de interés, como la calidad sensorial. Es de anotar que, es la primera vez que se tiene la estructura de esta sección de la CCC, dado que es dinámica, siendo permanentemente ingresadas o eliminadas accesiones. El valor de su conservación está dado por la información disponible, como la presencia de genes de resistencia a enfermedades, comportamiento agronómico y calidad en taza, entre otros.

Tabla 33. Porcentaje de plantas susceptibles a la roya del café en tres poblaciones F2 después de su inoculación bajo condiciones semi-controladas.

Híbrido	Cruzamiento	Plantas F2 inoculadas	Plantas susceptibles	Plantas susceptibles (%)
102023/25	MEG.667 #665 x CCC.48 / I.573	293	62	21,2
102023/27	CCC.1198 x CCC.48 / I.573	113	18	15,9
102023/28	MEG.667 #669 x CCC48 / I.573	91	27	29,6
Total		497	107	21,5

Mejoramiento por resistencia a plagas

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

El control genético de la broca del café CBB (*Hypothenemus hampei*, Ferrari), insecto que ocasiona las mayores pérdidas económicas al cultivo de café en Colombia, se basa en el empleo de variedades con antibiosis que reducen el número de individuos por generación, al igual que el crecimiento de la población, así como también aumentan el tiempo de duplicación de cada generación. Con este objetivo se cuenta con poblaciones en diferentes generaciones del cruce de progenitores femeninos con excelentes características agronómicas y resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*, Berkeley y Broome), por parentales masculinos con efecto de antibiosis contra la broca del café: 39 híbridos F1 en etapa productiva del cruce de cinco parentales femeninos por doce parentales masculinos; tres poblaciones F2 en etapa productiva (CU.1827 x CCC183, CU.1778 x CCC477 y CU.1827 x CCC363); y 36 progenies F3 en etapa productiva de cinco poblaciones (CX.2848 x CCC477, CX.2710 x CCC534, CX.2178 x CCC470, CX.2391 x CCC477 y CU.1812 x CCC534). Las poblaciones se evaluaron bajo un diseño completamente aleatorio con 80 repeticiones, la unidad experimental fue un vial con un grano de café pergamino y una hembra, a los 28 días se registró el número de estados vivos de CBB. En el período que comprende este informe se identificaron, en condiciones controladas, 19 plantas F1 pertenecientes a diez híbridos del cruce entre los parentales femeninos (un híbrido interespecífico de Caturra x *Coffea canephora*, IAPAR 59 y CU.2034), por los progenitores masculinos (CCC359, CCC336, CCC354, CCC363, CCC344), que redujeron significativamente el total de estados de CBB. Se seleccionaron 43 plantas F2 con reducción significativa de la oviposición, altura menor a 195 cm y resistencia a la roya según la escala de Eskes & Toma-Braghini; 27 plantas F2 de la población CU1778 x CCC477 (Figura 61); 15

Tabla 34. Origen de las poblaciones desarrolladas con diversas fuentes de resistencia a la enfermedad de las cerezas del café (CBD).

Origen	Progenitor Femenino	Progenitor Masculino
Villa Sarchí x HdT832/2	IAPAR-59	AR 21
		Jackson 2
		ET.56
		Java 65
		Rume Sudán
		K7
		Maragogipe Amarillo
Cat x HdT1343	BG.516	AR 21
		ET.56
		Rume Sudán
		K7
Cat x <i>C. canephora</i>	MEG6.67 # 665	AR 21
		Jackson 2
		ET.56
		Rume Sudán
		K7
		Maragogipe Amarillo

plantas de la población CU1827 x CCC183 y una planta de la población CU1827 x CCC363 (Figura 62). Se identificaron 151 plantas F3 de 30 progenies F3 con menor oviposición con respecto de los testigos susceptibles, de acuerdo con la prueba Tukey-Kramer al 5%, altura igual o menor, significativamente, que Caturra y Cenicafé 1, resistencia a roya y producción igual o mayor estadísticamente a Caturra y Cenicafé 1. Al analizar los resultados obtenidos bajo un modelo donde se simula el desarrollo de CBB en los escenarios climáticos Neutro y El Niño en dos localidades (Naranjal y Paraguaicito), se observó que cuando el

Tabla 35. Grado medio de infección por CBD (GMI) de las líneas componentes de las variedades comerciales desarrolladas por Cenicafé. GMI < 3: Resistencia.

Línea Componente	Malawi		Kenia	Ruanda	Zimbabwe		
	M	M2	Que2	R	Z9	Zim1	Zim12
BH.1247		1,06	1,46			1,57	2,03
CU.1778	2,10		3,00				2,92
CU.1819	1,12		1,63		2,83	1,96	
CU.1825	1,35			1,98	2,38	2,57	
CU.1827	1,04		1,61	2,25	1,63	2,60	1,70
CU.1842	1,12		2,30		2,85	2,73	1,80
CU.1843							1,96
CU.1849	1,68		1,50			2,50	
CU.1850					1,99	2,64	2,70
CU.1855	2,85						
CU.1951	2,31		1,82		1,68	1,88	
CU.1953	1,72		1,87		2,26	2,56	
CU.1993						2,58	
CU.2034			2,27		2,45	2,31	
CX.2065						2,90	2,34
CX.2080	2,07		2,40		1,03	1,84	1,86
CX.2178	2,67		2,25				2,73
CX.2385							2,79
CX.2391						2,78	1,85
CX.2633	1,46		2,34			1,59	
CX.2710	1,75		1,46			1,89	2,45
CX.2720			2,65		2,34		1,36
CX.2866							
DH.18	2,62		2,99		1,09	2,14	2,59
DH.4	1,66		2,08		1,85	2,97	2,08
GB.306			2,72				
GB.571			2,57			2,20	
GB.642			2,68				
Caturra	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

promedio de reducción de estados en el campo es de 32% se retarda el crecimiento de la población hasta por dos meses, manteniendo durante la cosecha la infestación por debajo del nivel de daño económico, lo cual contribuye a disminuir las pérdidas en producción y calidad sensorial ocasionadas por CBB (Figuras 63 y 64).

Evaluación regional de progenies avanzadas

MEG105006

En 2020, se inició la evaluación de 126 líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético en cinco departamentos representativos de la caficultura colombiana. Los primeros lotes experimentales se sembraron en el primer trimestre de 2020, en las Estaciones Experimentales localizadas en Pueblo Bello (Cesar), Venecia (Antioquia) y El Tambo (Cauca). Esta prueba se identificó como PR2020-1, en la que se están evaluando 25 genotipos (cuatro testigos y 21 líneas mejoradas). Entre noviembre de 2020 y febrero de 2021, se sembraron los lotes experimentales de la segunda prueba regional, en las Estaciones Experimentales localizadas en Pueblo Bello (Cesar), Venecia (Antioquia), Chinchiná (Caldas) y El Tambo (Cauca), así como en la Concentración Jorge Villamil del Comité de Cafeteros del Huila, ubicada en Gigante. En esta prueba se están evaluando 103 líneas mejoradas y cinco variedades comerciales como testigo.

PPR2020-1

Al comparar la respuesta de la variable altura en las tres localidades evaluadas, se observa que en promedio los árboles establecidos en la Estación Experimental El Rosario (Venecia-Antioquia) está entre un 20%-27% más altos que se desarrollan bajo las condiciones predominantes en Pueblo Bello y El Tambo (Tabla 38). En términos de altura del árbol, registrado a los 24 meses, no se observaron diferencias significativas entre las variedades comerciales testigo, Caturra, Cenicafé 1, Castillo® Zona Centro y Castillo® Zona Sur. Entre los genotipos evaluados, se

Tabla 36. Estructura actual de la Colección Internacional de la Colección Colombiana de Café.

Especie	Número de Acciones	Part. (%)
<i>Coffea arabica</i>	880	85,5
<i>Coffea canephora</i>	93	9,1
<i>Coffea liberica</i>	19	1,9
<i>Coffea congensis</i>	6	0,6
<i>Coffea eugenioides</i>	2	0,2
<i>Coffea kapakata</i>	2	0,2
<i>Coffea racemosa</i>	5	0,5
<i>Coffea salvatrix</i>	1	0,1
<i>Coffea stenophylla</i>	1	0,1
<i>Coffea benghalensis</i>	1	0,1
Híbridos Interspecíficos	18	1,8
Total	1.028	

Tabla 37. Estructura actual de la Colección de Trabajo de la Colección Colombiana de Café.

Procedencia	Clase	Núm. Acciones	Part. (%)
CCC	Especies diploides	90	3,5
	Híbridos interspecíficos	73	2,4
	Cruzamientos CIFC	111	4,3
	Híbrido de Timor	48	1,9
	Variedades introducidas	98	3,8
	Procedencia etíope	90	3,5
Híbridos	H.1000 - Cruzamientos intervarietales	62	2,4
	H.2000 - Cruzamientos resistencia <i>C. arabica</i>	179	7,0
	H.3000 - Cruzamientos Híbrido de Timor	814	31,7
	H.4000 - Cruzamientos interspecíficos	852	33,2
	H.5000 - Cruzamientos complejos	153	6,0
Total		2.570	

observan diferencias a favor de los tratamientos 14, 17, 9 y 15 con respecto a los tratamientos 21, 18, 20 y 10, que se caracterizaron por presentar una menor altura del árbol (Tabla 38). Los lotes iniciaron su producción primero en Venecia (julio 2021), posteriormente en Pueblo Bello (noviembre 2021) y finalmente en El Tambo (abril 2022). Hasta la fecha se han recolectado, siete pases en Pueblo Bello, 22 en Venecia y 25 en El Tambo.

PPR2020-2

Al analizar la altura del árbol registrada a los 24 meses, no se observaron diferencias significativas entre las variedades comerciales testigo, Caturra, Cenicafé 1, Castillo® Zona Norte, Castillo® Zona Centro y Castillo® Zona Sur. Entre los genotipos evaluados, dos de las líneas evaluadas se caracterizaron por presentar diferencias consistentes en todas las localidades evaluadas, siendo la línea del tratamiento 3 siempre

de porte alto, y la línea del tratamiento 94 catalogada de porte más bajo que las variedades comerciales evaluadas como testigos (Tabla 39).

La primera localidad donde se dio inicio a la producción fue en Chinchiná (Caldas, julio 2022), seguido de Venencia (Antioquia, agosto 2022). Hasta la fecha se han recolectado cuatro pases en Pueblo Bello, 14 en Chinchiná, nueve en Venecia, seis en Gigante y tres en El Tambo.

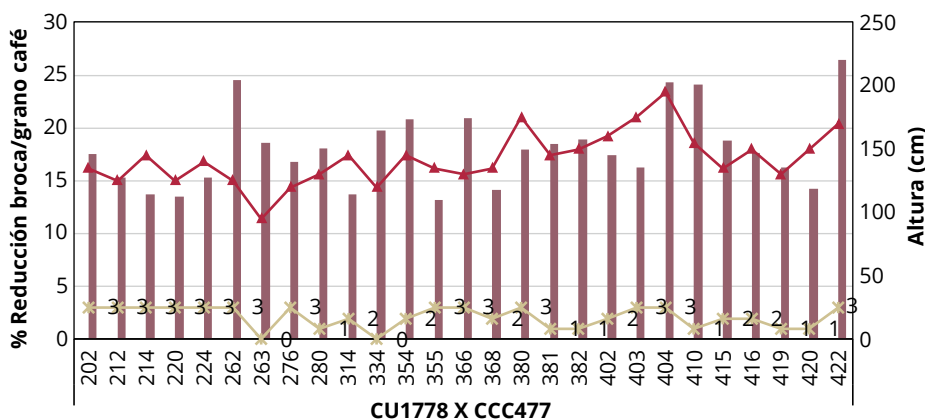


Figura 61. Identificación en condiciones controladas de 27 plantas F2 de la población CU1778 x CCC477 con reducción de la oviposición de la broca del café entre 13,2% a 26,4% (columna vinotinto), altura igual o menor a 195 cm (línea roja con triángulos), e incidencia de roya entre 0 a 3 según la escala de Eskes y Toma Braghini (línea amarilla con asteriscos).

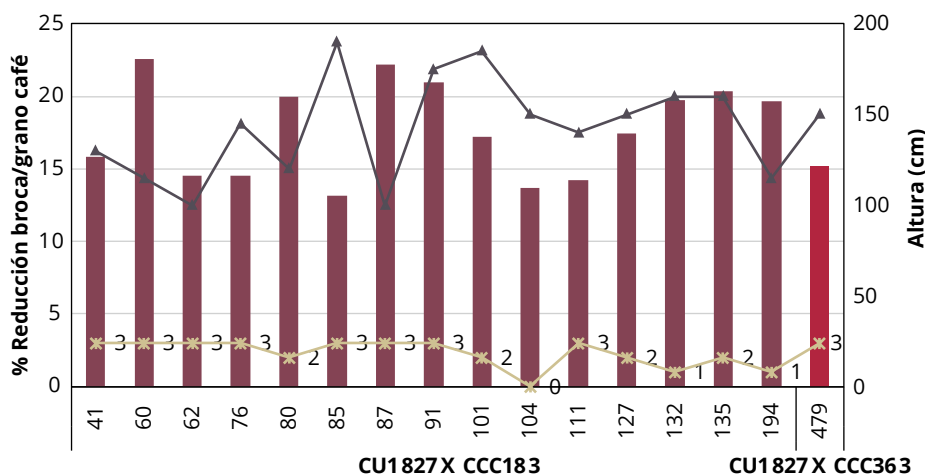


Figura 62. Identificación en condiciones controladas de 15 plantas F2 de la población CU1827 x CCC183 y una planta F2 de la población CU1827 x CCC363 con reducción de la oviposición de la broca del café entre 13,1% a 22,6% (columnas vinotinto y roja, respectivamente), altura igual o menor a 195 cm (línea roja con triángulos) e incidencia de roya entre 0 a 3 según la escala de Eskes y Toma Braghini (línea amarilla con asteriscos).

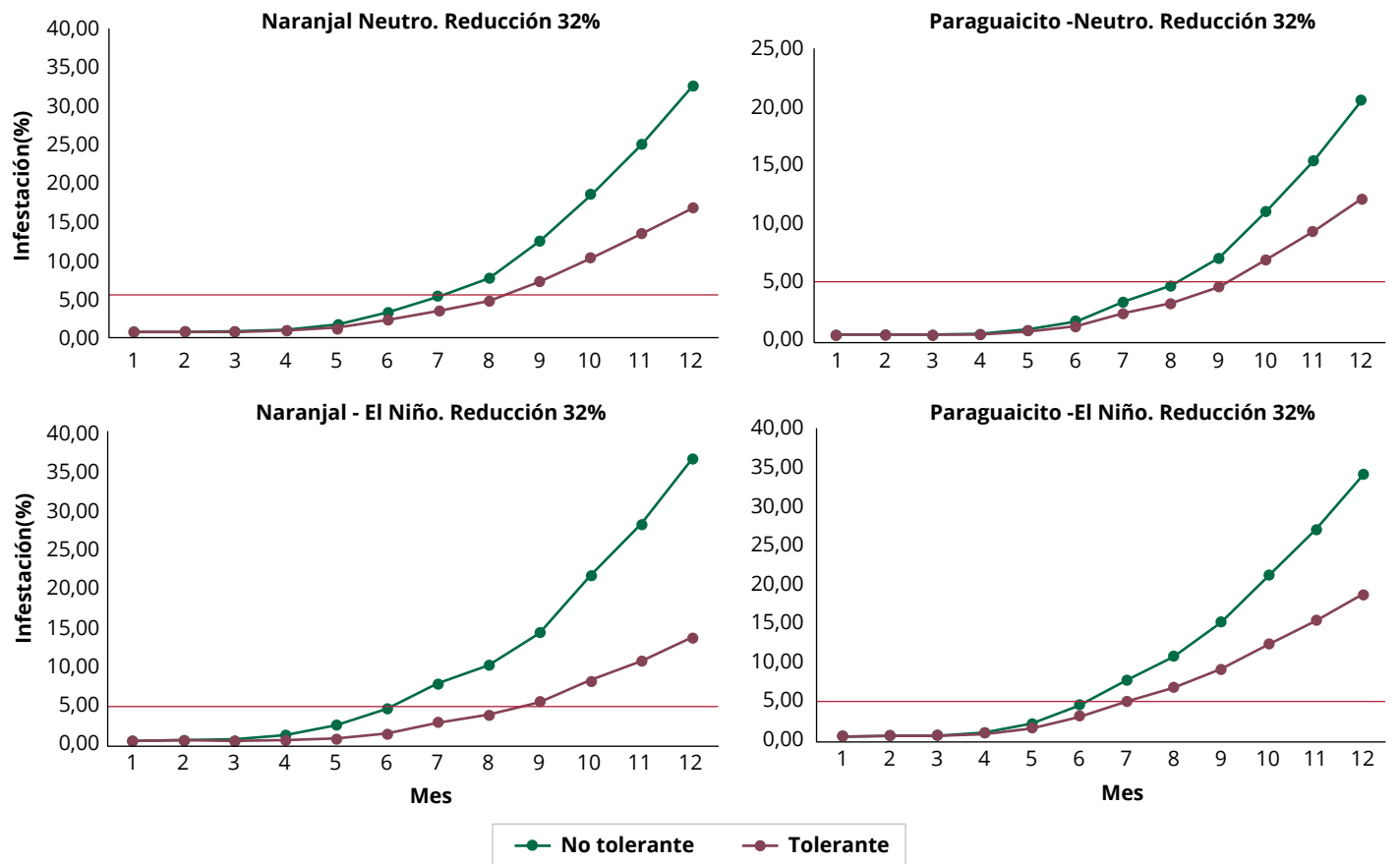


Figura 63. Simulación de la infestación de broca en las Estaciones Experimentales de Naranjal y Paraguaicito en eventos de variabilidad climática El Niño y Neutro, con un promedio de reducción de los estados totales de 32% en el campo, en ramas con mangas entomológicas.

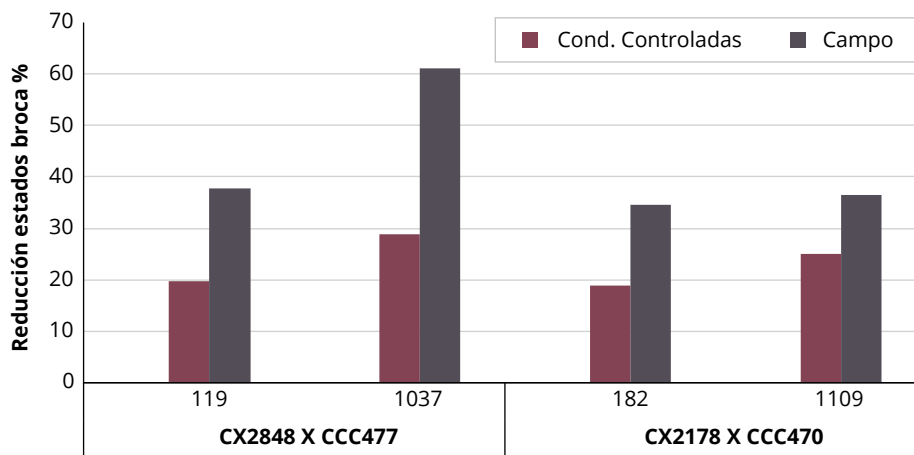


Figura 64. Porcentaje de reducción de estados de la broca del café de plantas F3 de dos poblaciones (CX2848 x CCC477 y CX2178 x CCC470) bajo condiciones controladas (barra vinotinto) y en el campo en ramas con mangas entomológicas (barras uva)

Tabla 38. Altura promedio evaluada en árboles de 24 meses en 19 líneas F5RC1 originadas a partir del cruzamiento entre Caturra x *C. canephora* (tratamientos 1-19), dos híbridos F1 (tratamientos 20-21) y cuatro variedades comerciales testigo (Caturra, Cenicafé 1, Castillo® Zona Centro y Castillo® Zona Sur). Promedio de tres repeticiones (diez árboles efectivos por repetición), en tres localidades (Pueblo Bello (Cesar), Venecia (Antioquia) y El Tambo (Cauca)).

Genotipo	Tratamiento	ALT PROM			PROM GRAL
		Pueblo Bello	El Rosario	El Tambo	
MEG6.67 #24	1	154,56	193,79	140,56	162,97
MEG6.67 #61	2	124,67	184,41	128,00	145,69
MEG6.67 #63	3	126,22	188,33	138,00	152,46
MEG6.67 #64	4	138,78	171,65	130,78	147,07
MEG6.67 #113	5	153,56	171,98	130,44	151,99
MEG6.67 #127	6	148,83	177,50	138,89	155,08
MEG6.67 #142	7	144,00	186,73	133,00	154,58
MEG6.67 #144	8	135,67	168,69	126,33	143,56
MEG6.67 #150	9	124,22	179,69	110,67	138,19
MEG6.67 #283	10	160,33	210,30	146,22	172,29
MEG6.67 #307	11	123,11	179,93	127,89	143,64
MEG6.67 #379	12	137,56	190,35	137,89	155,27
MEG6.67 #475	13	135,33	186,61	130,33	150,76
MEG6.67 #726	14	132,89	143,54	120,00	132,14
MEG6.67 #762	15	132,56	178,80	114,89	142,08
MEG6.67 #768	16	158,44	187,49	146,00	163,98
MEG6.67 #878	17	111,67	173,97	117,67	134,43
MEG6.67 #892	18	144,33	214,34	140,67	166,45
MEG6.67 #958	19	155,72	167,68	132,89	152,10
F1_CX2358xE286	20	176,44	190,38	144,11	170,31
F1_CU1842xE286	21	182,11	182,33	129,44	164,63
Cenicafé 1	22	164,50	172,00	148,33	161,61
Zona Centro	23	155,00	182,63	146,22	161,29
Zona Sur	24	169,06	191,33	120,33	160,24
Caturra	25	142,33	187,61	136,56	155,50
PROM GRAL		145,28	182,48	132,57	

Tabla 39. Altura promedio evaluada en árboles de 24 meses en 103 líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé. Promedio de cinco repeticiones (cinco árboles efectivos por repetición), en cinco localidades (Pueblo Bello (Cesar), Venecia (Antioquia), Chinchiná (Caldas), Gigante (Huila) y Tambo (Cauca)).

Tratamiento	ALTURA PROMEDIO (cm, 24 meses)					Altura promedio
	Gigante	Naranjal	Pueblo Bello	El Rosario	El Tambo	
1	133,90	161,50	122,60	128,44	96,10	128,51
2	131,30	159,50	114,70	124,01	105,40	126,98
3	214,80	235,50	190,20	176,94	131,00	189,69

Continúa...

...continuación.

Tratamiento	ALTURA PROMEDIO (cm, 24 meses)					Altura promedio
	Gigante	Naranjal	Pueblo Bello	El Rosario	El Tambo	
4	129,60	152,00	113,70	137,48	105,00	127,56
5	146,20	156,00	138,80	129,44	96,90	133,47
6	135,00	143,50	104,13	131,21	103,00	124,17
7	116,20	157,50	106,30	126,56	104,60	122,23
8	123,90	152,50	125,13	125,48	105,60	126,58
9	124,90	152,50	146,40	137,07	90,60	130,29
10	147,10	155,00	118,80	133,73	101,00	131,13
11	125,90	157,50	110,20	130,03	90,80	122,89
12	141,00	168,50	122,90	122,29	97,80	130,50
13	153,00	175,00	132,10	154,77	101,70	143,31
14	118,30	151,00	116,00	131,89	94,50	122,34
15	130,30	148,00	111,70	126,59	98,50	123,02
16	132,50	161,50	113,80	132,30	87,10	125,44
17	138,10	168,00	120,50	136,78	94,00	131,48
18	132,40	164,00	102,20	132,68	96,50	125,56
19	154,60	149,00	119,60	120,09	88,30	126,32
20	134,30	162,50	135,20	124,16	91,90	129,61
21	138,40	158,50	110,80	135,74	98,60	128,41
22	151,40	179,00	133,60	133,31	112,40	141,94
23	129,40	153,00	109,70	120,29	102,40	122,96
24	127,63	144,50	116,60	126,77	98,00	122,49
25	126,20	152,00	96,10	132,05	92,50	119,77
26	125,60	149,00	127,00	138,25	91,20	125,71
27	121,00	156,50	121,20	128,12	97,30	124,82
28	124,90	170,00	115,30	127,54	100,10	127,57
29	146,10	159,50	108,10	138,80	98,20	130,14
30	140,80	165,00	127,50	151,18	87,80	134,46
31	117,60	161,00	115,20	116,07	96,10	121,19
32	140,10	160,00	120,50	122,18	84,40	125,44
33	125,00	149,00	114,90	128,19	97,20	122,86
34	123,80	148,00	119,40	134,22	87,20	122,52
35	114,40	139,50	115,10	138,89	86,50	118,88
36	131,00	160,00	117,20	144,35	92,30	128,97
37	121,10	162,50	129,50	113,23	93,00	123,87
38	134,20	167,00	118,70	140,16	91,80	130,37

Continúa...

...continuación.

Tratamiento	ALTURA PROMEDIO (cm, 24 meses)					Altura promedio
	Gigante	Naranjal	Pueblo Bello	El Rosario	El Tambo	
39	109,90	140,00	99,40	123,89	85,60	111,76
40	120,60	147,00	113,10	121,97	88,90	118,31
41	132,20	162,00	116,00	124,34	93,50	125,61
42	128,70	153,50	104,50	126,00	76,20	117,78
43	131,50	150,00	121,60	128,72	98,90	126,14
44	120,00	150,00	101,90	117,41	88,60	115,58
45	123,50	162,50	110,40	130,12	94,00	124,10
46	136,10	171,00	130,00	129,56	107,30	134,79
47	142,80	167,00	117,50	128,33	87,80	128,69
48	125,90	154,00	105,40	141,66	117,67	129,90
49	125,00	171,00	106,30	159,02	104,00	133,06
50	143,00	174,00	128,60	148,65	115,00	141,85
51	121,80	171,50	106,30	130,59	94,00	124,84
52	120,20	151,50	106,13	128,44	96,30	121,11
53	116,30	162,50	108,70	129,61	88,90	121,20
54	117,10	154,00	112,20	131,12	82,50	119,38
55	131,00	141,50	112,00	123,28	85,90	118,74
56	115,80	159,50	108,90	117,86	85,00	117,41
57	122,90	166,00	111,90	121,80	92,80	123,08
58	135,10	168,00	104,70	132,92	103,40	128,82
59	127,60	152,50	109,30	137,99	97,30	124,94
60	126,20	156,00	120,75	126,87	87,20	123,51
61	142,50	164,50	127,50	134,00	104,60	134,62
62	145,90	160,50	127,60	132,06	85,10	130,23
63	146,10	177,00	136,30	136,29	95,10	138,16
64	146,20	159,50	106,80	137,72	97,50	129,54
65	140,30	176,00	105,40	135,61	103,30	132,12
66	140,80	175,00	117,20	140,16	105,00	135,63
67	148,60	167,50	126,20	152,17	101,90	139,27
68	131,80	149,00	106,50	117,40	94,30	119,80
69	142,10	161,00	119,00	136,66	95,70	130,89
70	143,80	154,50	105,20	120,79	86,20	122,10
71	130,50	154,00	113,90	135,53	89,40	124,67
72	120,10	142,00	125,40	132,75	82,75	125,76
73	118,30	147,50	105,00	129,73	96,90	119,49

Continúa...

...continuación.

Tratamiento	ALTURA PROMEDIO (cm, 24 meses)					Altura promedio
	Gigante	Naranjal	Pueblo Bello	El Rosario	El Tambo	
74	135,90	156,00	108,60	143,26	90,20	126,79
75	126,90	155,50	122,20	125,32	85,40	123,06
76	125,80	160,00	131,20	138,64	97,80	130,69
77	112,30	138,50	105,40	130,16	80,00	113,27
78	123,60	152,00	106,30	137,64	83,00	120,51
79	124,90	158,00	124,60	133,15	81,80	124,49
80	118,70	153,50	116,40	131,60	79,38	121,60
81	107,70	141,50	97,50	122,57	82,50	110,35
82	101,75	128,50	93,20	126,09	77,80	105,62
83	114,10	142,00	110,60	130,73	78,40	115,17
84	125,80	147,50	116,90	124,76	88,30	120,65
85	123,70	159,00	120,80	120,76	91,50	123,15
86	118,60	150,50	126,40	113,10	82,30	118,18
87	114,80	140,00	121,00	126,07	77,83	115,94
88	125,20	144,50	113,10	125,44	83,80	118,41
89	119,80	128,00	95,60	116,56	86,10	109,21
90	118,40	131,00	101,50	120,82	80,50	110,44
91	123,70	141,00	97,10	118,18	78,80	111,76
92	122,00	140,50	85,20	124,58	80,70	110,60
93	114,60	149,00	96,90	132,04	82,30	114,97
94	110,30	132,50	90,00	120,85	71,20	104,97
95	125,30	146,50	120,30	143,86	85,00	124,19
96	119,10	152,00	124,90	138,48	82,60	123,42
97	104,40	138,50	95,88	116,25	82,00	107,89
98	124,60	152,50	129,25	136,61	90,00	126,48
99	112,90	141,00	90,00	137,74	77,60	112,76
100	118,50	139,00	95,30	118,97	68,50	108,05
101	114,70	141,00	98,30	124,24	67,13	109,07
102	123,90	154,00	125,30	132,91	86,10	124,44
103	125,60	157,50	117,60	119,56	76,73	119,40
104	134,30	163,00	125,70	137,33	92,00	130,47
105	138,30	168,00	132,50	129,12	106,50	134,88
106	127,10	161,00	127,90	125,03	90,70	126,35
107	107,70	162,00	131,70	111,14	96,60	121,83
108	113,60	153,50	109,10	131,97	92,00	120,03
ALT PROM	128,48	155,70	115,47	130,52	91,91	



Poscosecha

Beneficio de café: POS101000

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

Se avanzó en el diseño y desarrollo de la arquitectura de software del sistema optoelectrónico para la detección y clasificación de defectos del café lavado. Para ello, se desarrolló una librería en lenguaje C-Sharp (C#) funcional en Linux para el control de módulos ADAM, los cuales permiten la comunicación entre la unidad central de procesamiento (CPU) y los periféricos asociados a la máquina: sensor de movimiento (Encoder), electroválvulas para eyección y sistema de iluminación estroboscópica, a través del protocolo Modbus/TCP vía Ethernet. Además, se desarrolló otra librería en C++ y OpenCV para el control de la cámara ImageSource 33U series DFK 33UX174 bajo sistema operativo Linux. Finalmente, se creó un programa para lectura de los pulsos del Encoder y control de la cámara para adquisición de imágenes.

Separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín para altos flujos de café. POS101023

Para el diseño y construcción de beneficiaderos con capacidad de procesamiento de masas de frutos de café superiores a 2.500 kg h^{-1} , se diseñó, construyó y evaluó un separador hidráulico de tolva y tornillo sinfín SHTTS, partiendo de los desarrollos propuestos por Oliveros et al. en el año 2010. El equipo construido y esquematizado en la Figura 65, cuenta con un tornillo sinfín horizontal, que dosifica continuamente los frutos a una tolva con forma de pirámide invertida, que contiene agua; los frutos clasificados que por su peso superan la densidad del agua son conducidos a la parte inferior de esta tolva y se disponen para su transporte con un tornillo sinfín de 211 mm (8 pulgadas) de diámetro, que trabaja de forma inclinada a una velocidad prefijada en 350 rpm.

Se evaluaron ángulos de inclinación de 90° , 60° y 45° , encontrando flujos máximos de trabajo hasta 4.200 , 13.300 y 15.700 kg h^{-1} (Figura 66), respectivamente, y que en el mismo orden corresponden con eficacias de

separación de flotes del 96%, 86% y 85%. A partir de los resultados experimentales, se validó el buen ajuste de una ecuación para determinar la capacidad de transporte del tornillo sinfín a partir de la geometría propia del mismo, un coeficiente de llenado estimado en 0,25 para frutos de café y un coeficiente de inclinación del tornillo sinfín dado por $i = -0,0093\phi + 0,9866$. De acuerdo a los análisis se evidenció que para mejorar la eficacia de separación de flotes es necesario ampliar la capacidad de la tolva de clasificación.

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

Se estudió la composición microbiana y las características físico-químicas durante la fermentación de tres variedades de *Coffea arabica* L. Var. Tabi, Var. Castillo General® y Var. Colombia obtenidas en la Estación Experimental en Pueblo Bello (Cesar). Se recolectaron muestras de mucílago y semillas de café

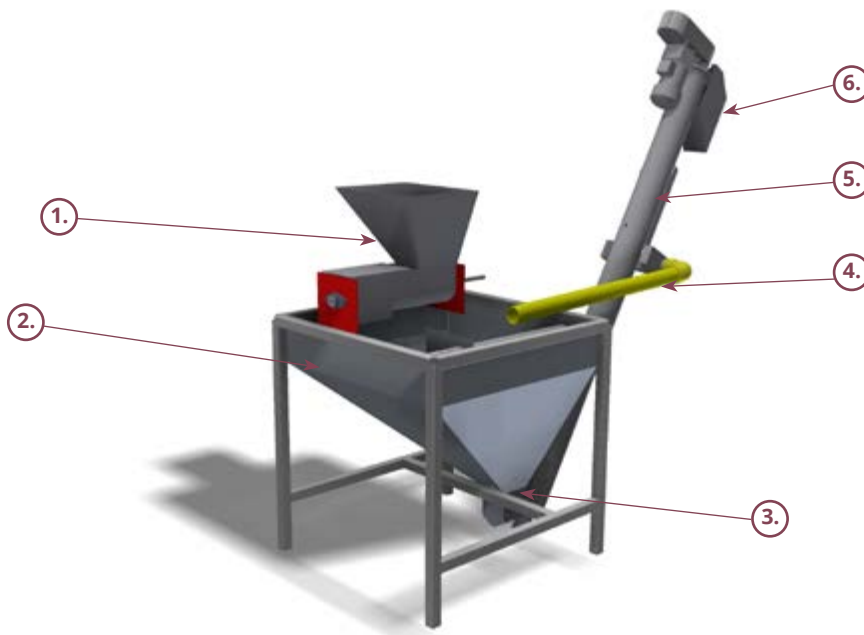


Figura 65. 1. Tolva de ingreso y dosificador de frutos de café, 2. Tolva de almacenamiento, 3. Depósito o apéndice para la captura de objetos duros, 4. Tubería de retorno de agua, 5. Tornillo sinfín de 8" para el transporte de frutos café y 6. boca de descarga de frutos.

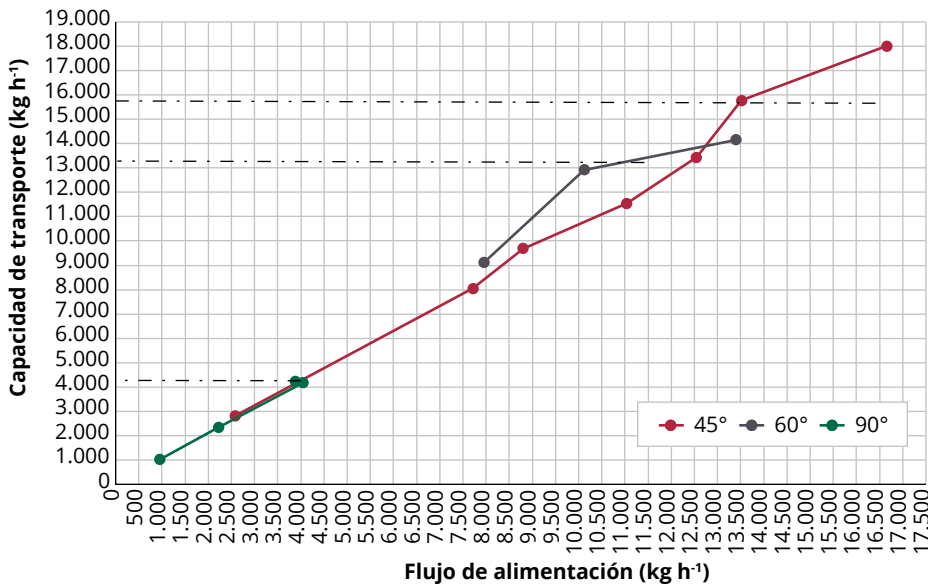


Figura 66. Puntos de saturación del transportador helicoidal de 8" en función del flujo de alimentación para tres ángulos de inclinación 45°, 60° y 90°.

lavadas en diferentes etapas de fermentación. La caracterización microbiológica del mucílago y el análisis metataxonómico se realizaron mediante secuenciación de ADNr 16S para determinar la diversidad bacteriana y secuenciación ITS para la diversidad de hongos. Además, se aislaron los microorganismos. Se realizaron análisis sensoriales de las bebidas de café (metodología SCA) para todas las muestras. La var. Tabi tuvo la puntuación SCA más alta, entre 82,7 y 83,2, mientras que en Var. Colombia, el puntaje osciló entre 82,1 y 82,5. Los análisis de diversidad

molecular mostraron similitudes en los microorganismos presentes durante la fermentación de Var. Castillo® General y Var. Colombia, estas dos especies están genéticamente relacionadas: las bacterias ácidas mixtas (*Enterobacteriaceae* y *Tatumella* sp.) y las bacterias ácido lácticas (*Leuconostoc* sp., *Weisella* sp. y *Lactobacillaceae*) fueron comunes para estas dos especies y fueron las predominantes. Mientras que en Var. Tabi, bacterias ácido acéticas (*Gluconobacter* sp. y *Acetobacter* sp.) y *Leuconostoc* sp. fueron las predominantes (Figura 67). Al final del proceso de fermentación se encontraron en Var. Castillo® General y Var. Colombia los hongos *Saccharomycodaceae*, *Pichia* sp. y *Wickerhamomyces* sp., mientras que en Var. Tabi se registraron *Saccharomycodaceae*, *Pichia* sp. y *Candida* sp. (Figura 68). Las tres variedades de café mostraron potencial para la producción de cafés especiales influenciados por procesos de fermentación espontánea que dependen de consorcios microbianos en lugar de un solo microorganismo. Se están analizando también las mismas características en 20 fincas del Cesar.

Diversidad microbiana, caracterización físico-química y metataxonómica del proceso de fermentación en 20 fincas del departamento del Cesar y su relación con la calidad en taza. POS101024-2

Para identificar la composición microbiana durante el proceso de fermentación del café y su relación con la calidad del café, en 20 fincas del departamento del Cesar, ubicadas entre los 1.116 y los 1.938 m de altitud, se realizaron muestreos de frutos de café de Var. Cenicafé 1, Var. Castillo® General y Var. Colombia. En cada finca se

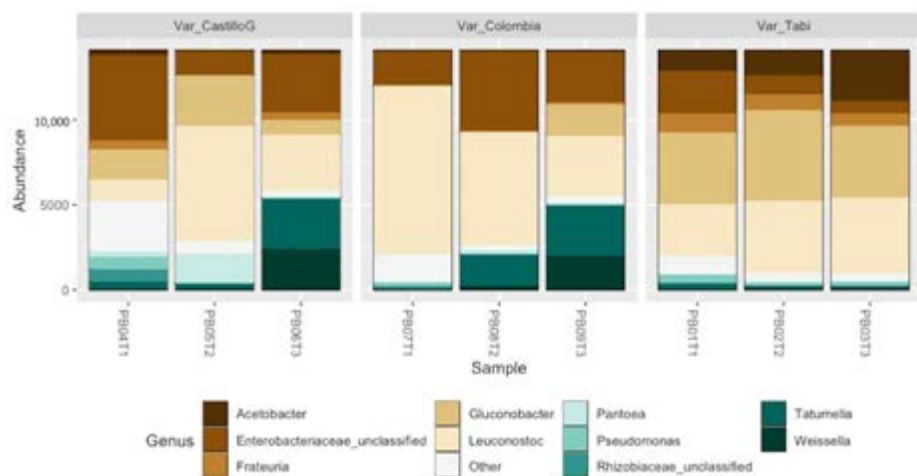


Figura 67. Asignación taxonómica de bacterias a categoría de género en las variedades analizadas.

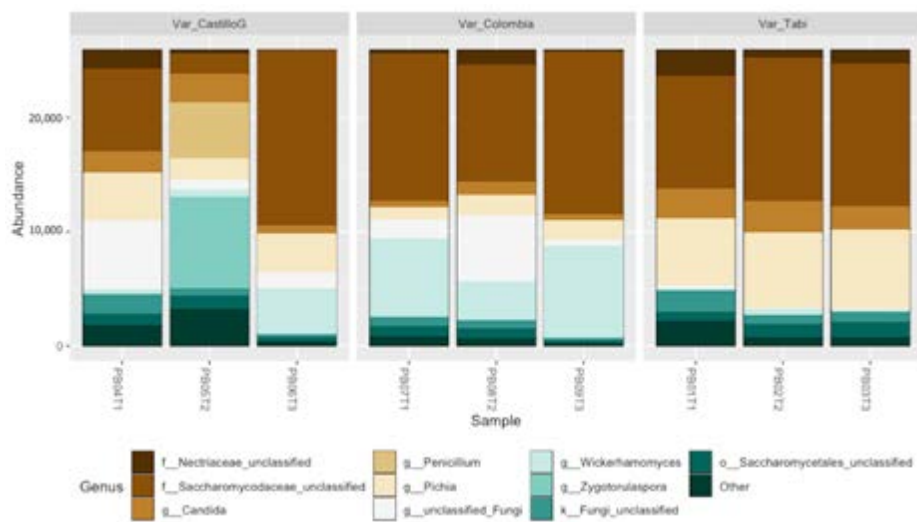


Figura 68. Asignación taxonómica de hongos a categoría de género en las variedades analizadas.

procesaron los frutos y el proceso de fermentación se realizó entre 10 y 42 h (tiempo determinado por cada caficultor). Durante la fermentación se recolectaron tres muestras de mucílago y semillas de café lavadas por finca. La caracterización microbiológica del mucílago se realizó mediante métodos metataxonómico secuenciación de ADNr 16S para determinar la diversidad bacteriana (Figura 69) y secuenciación ITS para la diversidad de hongos (Figura 70). Además, se realizó el cultivo, aislamiento e identificación de morfotipos de los microorganismos. El análisis de bacterias permitió identificar los géneros: *Gluconobacter* sp., *Leuconostoc* sp., *Acetobacter* sp., *Frateuria* sp., *Pantoea* sp., *Pseudomonas* sp., *Tatumella* sp. y *Weissella* sp., enterobacterias no clasificadas y la familia Lactobacillaceae. Adicionalmente, el género *Secundilactobacillus* sp. se identificó únicamente en el café Var. Cenicafé 1. Para los hongos se encontraron 11 géneros, entre ellos *Candida* sp., *Meyerozyma* sp., *Wickerhamomyces* sp., *Pichia* sp., f-*Saccharomycodaceae*, f-*Nectriaceae*, Unclassified-Fungi f y *Saccharomycetaceae* sp., que se encontró solamente en Var. Cenicafé 1. Los análisis de diversidad molecular beta (NMDS) mostraron mayor similitud de microorganismos, en Var. Castillo® y Var. Colombia mientras que se observa una agrupación separada

con diferencias en los grupos de microorganismos en las muestras de café Var. Cenicafé 1. El 92% de las muestras de tazas de café obtuvieron puntuaciones entre 80,1 y 84,9, lo que indica café muy bueno (escala SCA). En el 50% de las fincas se observó que el proceso de fermentación permitió incrementar los puntajes de calidad sensorial finales si la fermentación hubiera llegado a su final en todas las fincas, y en al menos 15 fincas (75%) el proceso de fermentación humedad podría haber incrementado la calidad final del café. En dos fincas se obtuvieron defectos asociados posiblemente al incremento de la población de bacterias del género *Acetobacter* sp., y levaduras *Candida* sp. y la interacción con otros microorganismos durante la fermentación. Se identificaron microorganismos diferenciadores en las fincas con los mejores puntajes de calidad. Durante la fermentación del café existe un microbioma central. Las diferencias entre los géneros de microorganismos pueden estar influenciadas por la variedad de café, mientras que las condiciones específicas de cada finca (por ejemplo, altitud y temperatura) y el proceso de fermentación puede determinar las proporciones e interacciones entre los grupos microbianos que favorecen o no las características sensoriales de calidad de taza de café.

Beneficiario experimental para identificar los protocolos de fermentación, asociados a la calidad sensorial del café. POS101025

En las Figuras 71 y 72 se muestra el montaje definitivo, el cual se ajustó totalmente a los diseños realizados en Cenicafé. En la Figura 72 se muestra la tolva de recibo y el módulo de despulpado, mientras que la Figura 73 muestra el módulo

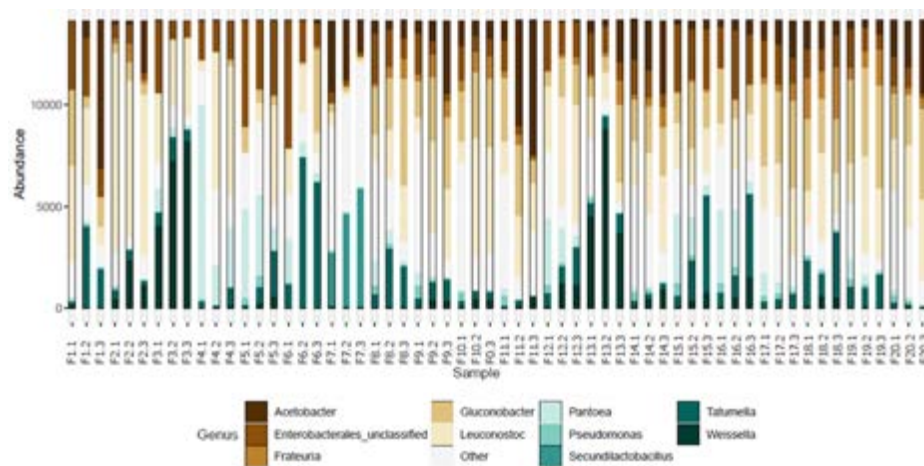


Figura 69. Clasificación taxonómica de géneros de bacterias en procesos de fermentación en 20 fincas del departamento del Cesar. **1.** Inicio **2.** Punto medio y **3.** Final de la fermentación.

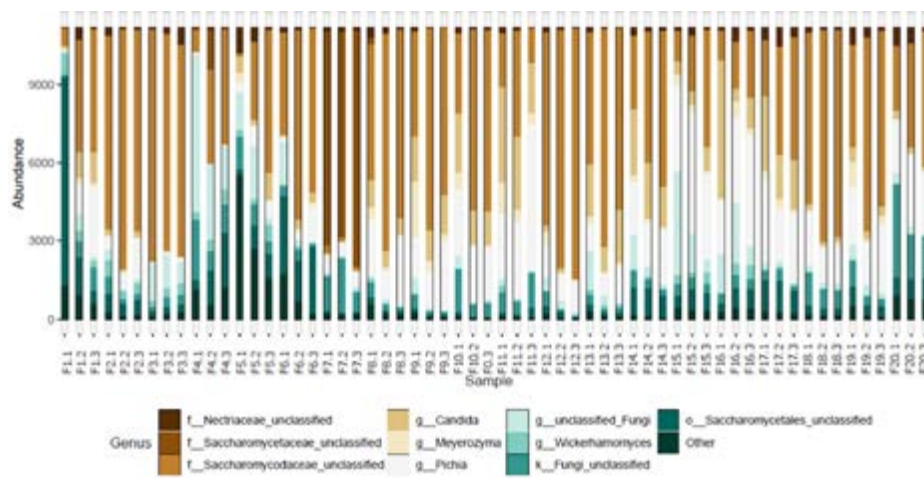


Figura 70. Clasificación taxonómica géneros de hongos en procesos de fermentación en 20 fincas del departamento del Cesar. **1.** Inicio **2.** Punto medio y **3.** Final de la fermentación.

Ecomill® 1.500 y los dos tanques de fermentación. Se realizaron tres pruebas del beneficiadero con los equipos en pleno funcionamiento, con dos tandas de 500 kg cada una, y una tanda de 300 kg de frutos de café, respectivamente. En la Tabla 40 presentan los resultados de la evaluación de las pruebas de los equipos.

El lavador mecánico Ecomill® presentó una capacidad de 1.500 kg h⁻¹ de café lavado y un consumo específico de agua que varió entre 0,56 y 0,62 L kg⁻¹ de cps. Así mismo, en el análisis del daño mecánico causado a los granos de café se obtuvieron resultados que no muestran un aumento de este defecto en el café que salió del lavador mecánico que hace parte de la tecnología Ecomill®.

El consumo específico total de agua del beneficiadero registró un mínimo de 6,04 L kg⁻¹ de cps y máximo de 10,06 L kg⁻¹, lo cual se considera en el rango del beneficiadero ecológico. No obstante, este resultado no es el nominal de la planta, porque las pruebas fueron trabajadas con cantidades pequeñas de café. El aporte al consumo específico total de agua de las aguas remanentes

varió entre 80,87% y 84,58%. En el caso de usar la capacidad nominal esta participación sería menor y el consumo de agua estaría del orden de 1,2 L kg⁻¹ de cps.

Poner en funcionamiento la planta piloto para el beneficiadero experimental de café en la Granja El Agrado. POS101030

Las Figuras 73 y 74 muestran el montaje definitivo del beneficiadero para cumplir los dos objetivos: efectuar las siete prácticas clave para producir café de buena calidad y cumplir con la legislación ambiental vigente. La Figura 74 muestra una fotografía panorámica de los equipos dentro del beneficiadero, mientras que la Figura 75 presenta la fachada exterior, con una arquitectura consistente con el paisaje cultural cafetero y con las demás construcciones de la finca El Agrado (Montenegro, Quindío). El proceso incluyó una novedad al disponerse una zaranda antes de las despulpadoras en la que se hace, continuamente, una división de la masa en dos tamaños. La zaranda que se utiliza es de lámina perforada, con perforaciones oblongas de 12,2 mm de ancho por 45 mm de longitud.

Se realizaron dos pruebas del beneficiadero con los equipos en pleno funcionamiento, con 1.497 y 1.694 kg de frutos de café, respectivamente. La masa de 1.497 kg tenía 86,51% de los frutos en los estados 4, 5 y 6 de acuerdo con la escala Cromacafé, mientras que la masa de 1.694 kg tenía 81,87% de frutos en esos mismos estados. La primera masa se considera ideal para el procesamiento y obtención de buena calidad (>85%) mientras que la segunda se considera aceptable (entre 80% y 85%). En la Tabla 41 se presentan los resultados de las pruebas realizadas.



Figura 71. Tolva de recibo y módulo de despulpado.

En la Tabla 41 se observa que la división de la masa de frutos de café por tamaño antes del despulpado tiene un efecto contundente sobre la calidad de la labor, aunque la máquina para despulpar frutos pequeños todavía es susceptible de tener una mejor calibración.

El control de la contaminación por aguas residuales de lavado de café fue del 100% en dos adiciones a la pulpa. El consumo específico total de agua del beneficiadero presentó un promedio de $2,85 \text{ L kg}^{-1}$ de cps, lo cual se considera en el rango del beneficiadero ecológico. No obstante, este resultado no es el nominal de la planta porque las pruebas fueron trabajadas con cantidades menores de café.

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

Con el objetivo de realizar la caracterización e identificación de las poblaciones microbianas presentes en la fermentación de fincas del departamento de Quindío, se realizó una investigación con recursos de cofinanciación del Sistema General de Regalías. Muestras de café al inicio y final de fermentación fueron recolectadas en 20 fincas, para evaluar la diversidad microbiana mediante enfoques independientes y dependientes de cultivo. Los resultados indicaron alta riqueza y diversidad en la microbiota involucrada en la fermentación, siendo mayores estos índices para bacterias que para levaduras. De manera general, 167 familias de hongos fueron identificadas, pero la familia Saccharomycetaceae dominó desde el principio de los procesos. La familia Enterobacteriaceae dominó



Figura 72. Módulos Ecomill® 1.500 con sus dos tanques de fermentación.

al inicio de la fermentación, mientras los géneros *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Gluconobacter* y *Acetobacter* dominaron al final, relacionados con la disminución del pH. Se identificaron diferencias significativas entre los índices de riqueza y diversidad de las poblaciones de bacterias y hongos (levaduras) al inicio de la fermentación, comparado con el final de fermentación.

Los resultados del análisis de biodiversidad de café al inicio y final de fermentación indicaron que los grupos microbianos fúngicos predominantes en los sistemas de fermentación de las fincas seleccionadas pertenecían a la familia Saccharomycetaceae no clasificado, Saccharomycetales sin clasificar, -hongo no clasificado, los géneros *Pichia*, *Candida* y *Wickeromyces* (Figura 75a). En cuanto a los géneros bacterianos principales se identificaron *Tatumella*, *Leuconostoc*, *Gluconobacter*, *Acetobacter*, pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, que no fueron clasificados a nivel de género (Figura 75b).

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 segundo trimestre del año 2023 se inició la etapa experimental, en la cual se están evaluando diferentes condiciones en el proceso de fermentación

Tabla 40. Resultados de las tres pruebas realizadas.

Etapa	Parámetro	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Recibo	Frutos en estados 4, 5 y 6 (%)	90,62	71,69	78,53
SHTTS	Flotes en la masa cosechada (%)	3,20	5,00	6,67
Despulpado	Capacidad de despulpado (kg h ⁻¹)	1.500	1.000	1.000
	Grano mordido (%)	0,77	0,87	1,03
	Pulpa en el grano (%)	0,83	0,63	0,87
	Grano en la pulpa (%)	0,00	0,00	0,00
	Grano trillado (%)	0,47	1,70	2,40
	Grano sin despulpar (%)	0,40	2,70	1,87
Zaranda	Separación de granos buenos (%)	99,95	99,95	99,97
	Separación de granos malos (%)	3,98	12,62	50,89
Fermentación	Tiempo de fermentación (horas)	17,5	16,41	16,75
Lavador	Capacidad de lavado (kg h ⁻¹ café lavado)	1.500	1.500	1.500
	Consumo de agua de lavado de café (L)	58	62	35
	Consumo específico de agua (L kg ⁻¹ de cps)	0,56	0,62	0,58
	Grano mordido (%)	0,32	0,44	0,60
	Grano trillado (%)	1,20	1,52	1,64
Aseo	Agua residual de lavado de equipos (L)	65	54	60
Remanente	Agua remanente de trabajo (L)	520	494	521
Secado	Café pergamino seco (kg)	104,17	101,01	61,22
Gasto de Agua	Volumen de agua total (L)	643	610	616
Consumo específico total de agua (L kg ⁻¹ de cps)		6,17	6,04	10,06



Figura 73. Panorámica del montaje de los equipos.

del café y secado controlado, partiendo de frutos verdes almacenados previo al proceso de beneficio (Figura 76). En cada tratamiento se está evaluando la calidad en taza, la calidad física, el contenido de ácidos orgánicos por HPLC y la predicción de los contenidos de cafeína, ácidos clorogénicos (CQA), lípidos, sacarosa y trigonelina mediante el método de espectroscopia



Figura 74. Fachada exterior del beneficiadero de la Finca El Agrado, Montenegro (Quindío).

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 se deben explorar otras opciones de valorización.

Según los resultados de los análisis sensoriales realizados hasta la fecha (dos repeticiones, de las cinco planteadas), no se ha logrado evidenciar un efecto en la calidad en taza dado que el puntaje promedio obtenido en la escala SCA fue 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 (1,3%), sacarosa (7,31%), lípidos totales (12,13%) y trigonelina (0,95%), 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 (5,90%) 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.

Tabla 41. Resultados de las tres pruebas realizadas.

Etapa	Parámetro	Prueba 1	Prueba 2
Recibo	Frutos en estados 4, 5 y 6 (%)	86,51	81,87
SHTTS	Flotes en la masa cosechada (%)	6,35	7,38
Despulpado	Capacidad total de despulpado (kg h ⁻¹)	2.364	2.675
	Daño mecánico despulpadora pequeños (%)	1,73	1,43
	Daño mecánico despulpadora grandes (%)	0,40	1,09
División	Frutos grandes (%)	65,80	66,24
	Frutos pequeños (%)	34,20	33,76
Fermentación	Tiempo de fermentación (horas)	19	17
Lavador	Capacidad de lavado (kg h ⁻¹ café lavado)	1.863	1.926
	Consumo específico de agua (L kg ⁻¹ de cps)	0,47	0,44
	Grano mordido (%)	0,0	0,0
	Grano trillado (%)	0,0	0,0
Aseo	Agua residual de lavado de equipos (L)	268	254
Remanente	Agua remanente de trabajo (L)	520	494
Secado	Café pergamino seco (kg)	305,5	345,7
Gasto de agua	Volumen de agua total (L)	931,6	900,1
Retención de aguas residuales en la pulpa	Primera adición (%)	81,25	
	Segunda adición (%)	100	
Consumo específico total de agua (L kg ⁻¹ de cps)		3,05	2,60

Teniendo cuenta lo anterior, a pesar de no lograr una calidad en taza adecuada, se evidencia 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 la elaboración de farmacéuticos, cosméticos o fitoquímicos.

Energías renovables: POS102000

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

Este proyecto tiene por objetivo determinar la viabilidad técnica y económica de los sistemas de paneles solares para el suministro de energía eléctrica a beneficiaderos de café. Fue diseñado y está en proceso de construcción un sistema de 18 paneles solares con capacidad para suministrar 24,74 kWh de energía eléctrica a un beneficiadero de 400

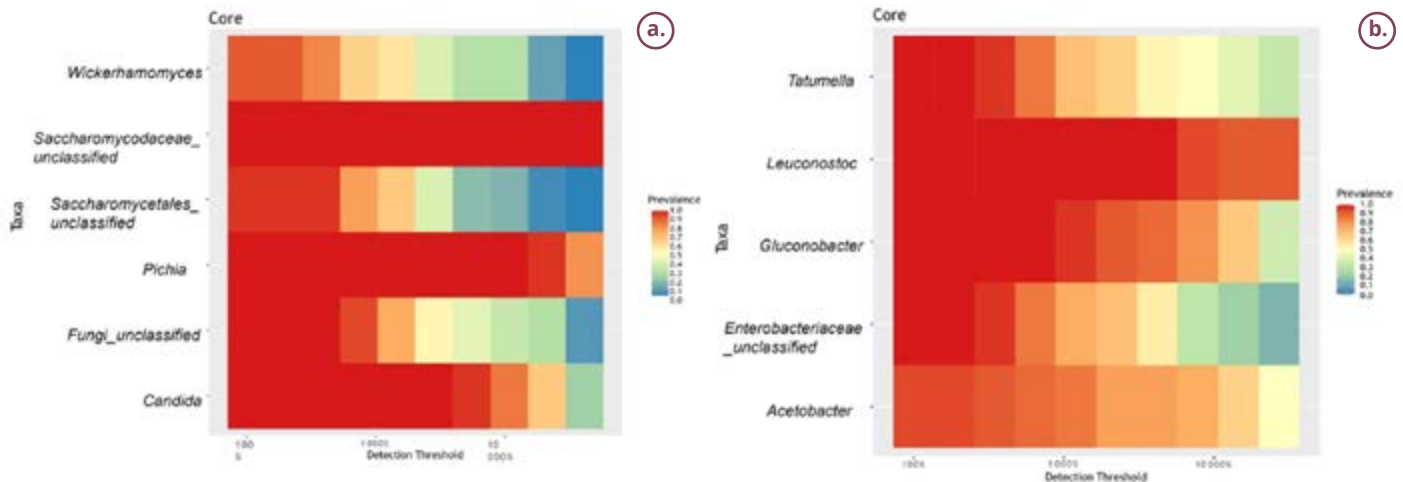


Figura 75. Análisis de la comunidad core. Mapa de calor que representa los géneros fúngicos **a.** y bacterianos **b.** con prevalencia en muestras de café. En el eje X se representa la prevalencia de cada género con diferentes umbrales de detección.



Figura 76. Proceso para la valorización de frutos verdes de café.

@ año⁻¹ de café pergamino seco (cps), que requiere 24,72 kWh (Tabla 42), en el día pico de producción (Figura 77). Adicionalmente, en el marco de este proyecto se está construyendo un beneficiadero para café 100% sostenible, el cual integra toda la tecnología desarrollada en la Disciplina de Poscosecha para ser amigables con el medio ambiente, y procesar café de alta calidad. Este beneficiadero está compuesto por: (i) Fuente renovable de energía eléctrica como la energía solar fotovoltaica, (ii) Proceso de beneficio

7P® para obtener café de buena calidad, (iii) Manejo y aprovechamiento de las aguas residuales de lavado de café con tecnología Ecomill®, (iv) Filtro verde para cero descargas (v) Cosecha de aguas de lluvia (Figura 78).

Secado de café: POS103000

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

Esta investigación de tipo descriptiva exploratoria, se realizó con el objetivo de estudiar la influencia en el secado solar de dos zonas climáticas contrastantes, en la calidad física y sensorial del café variedad Castillo®. Se contó con recursos de cofinanciación del Sistema General de Regalías del departamento de Quindío. Las zonas climáticas, definidas por la Disciplina de Agroclimatología fueron: Zona 1 entre 1.061 y 1.399 horas de brillo solar al año y Zona 2 entre 1.400 y 1.800 horas de brillo solar al año. Para el proceso de café se siguieron las recomendaciones del proceso 7P®. Se utilizaron 24 kg de café lavado en cada tanda de secado, en cada una de las fincas de las zonas climáticas definidas. Los secadores solares contaron con un sistema de control para la extracción de aire húmedo y para el registro de las variables humedad relativa y temperatura al interior del secador, masa del café y tiempo de secado. Adicionalmente, se tuvo la información de humedad y temperatura del aire ambiente del lugar de experimentación de cada tanda de secado. Se registraron diferencias en el tiempo de secado de acuerdo a la zona climática, siendo significativamente mayor para la zona de menor brillo solar. El número de horas de brillo solar acumulado durante el secado para obtener el café pergamino seco mostró que se requirió mayor cantidad de horas para

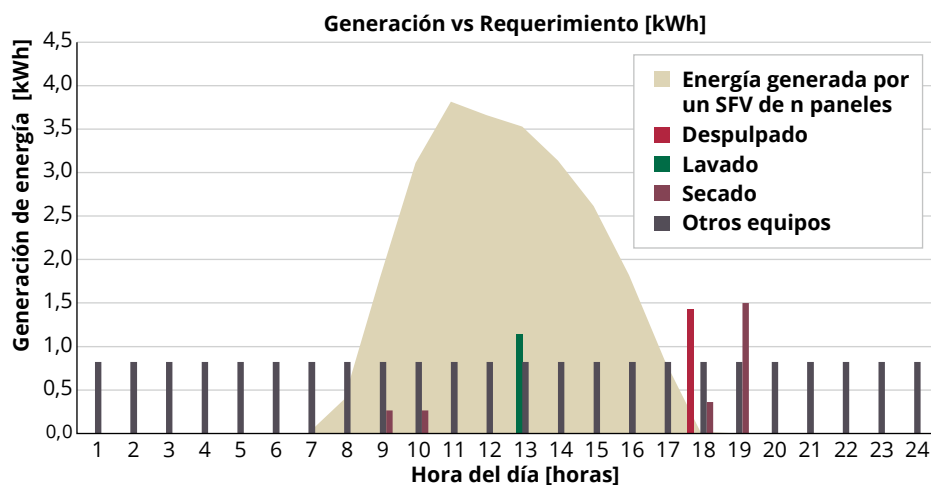


Figura 77. Requerimiento eléctrico y generación de energía eléctrica.

Tabla 42. Energía generada y energía requerida para un beneficiadero de 400 @ de cps.

Capacidad de procesamiento de café con un día pico 2,5%		Requerimiento de energía en el beneficio	
Tipo de café	[kg]	Equipo	[kWh] día ⁻¹
Frutos de café	617,5	Despulpado	1,43
Café despulpado	342,5	Lavado	1,15
Café lavado	241,3	Secado	19,75
Café pergamino	125,0	Otros equipos	2,39
Energía generada con 18 paneles solares [kwh día ⁻¹]	24,74	Energía requerida por un beneficiadero de 400@CPS [kwh día ⁻¹]	24,72

obtener la humedad deseada (11% b.h.) en la zona climática 1, con una diferencia de 12,8 horas más que la zona climática 2 (Figura 79a), representando entre 3 y 4 días más de secado en promedio. Pese a las diferencias en el tiempo de secado, la calidad sensorial no presentó diferencias significativas entre las zonas climáticas (Figura 79b). Durante el secado, se identificó un rehumedecimiento de la masa de café cuando la humedad relativa fue superior al 80%, al inicio del proceso los valores son bajos y aumentan al final del proceso.

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

Se realizaron evaluaciones preliminares con el fin de afinar y ejercitar la instrumentación en la toma de datos luego de la construcción de los prototipos de secadores solares. Se realizó el diseño estructural del secador solar de café tipo túnel, con dimensiones de 2 m de ancho por 10 m de largo aproximadamente, de estructura modular para su fácil transporte



Fuente de energía solar



Cosecha de aguas de lluvia



Proceso 7P®



Procesadora de pulpa y mucílago



Filtros Verdes para cero descargas

Figura 78. Beneficiadero de café 100% sostenible.

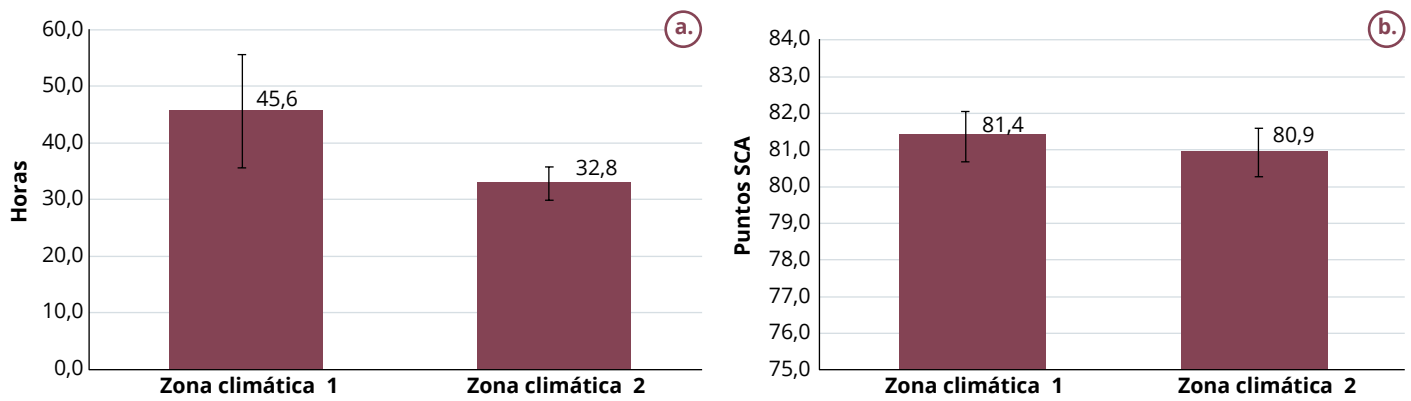


Figura 79. Promedio e intervalo de confianza para el brillo solar acumulado (horas) durante el secado solar **a.** y la calidad sensorial del café obtenido **b.** en dos zonas climáticas del departamento de Quindío.

y ensamblaje, como cubierta se utilizaron dos tipos de materiales, policarbonato macizo y policarbonato alveolar, su estructura se diseñó con perfiles metálicos, la cama para el secado del café se construyó en madera y tela de sombrío al 70%, el sistema de secado cuenta con sistema de extracción de aire, alimentado por energía proveniente de un panel solar. El secador tipo túnel también contará con un sistema de ventanas que permitirá revolver el café y además facilitará la entrada de aire con el fin de homogenizar y recolectar la masa de café dispuesta en el proceso de secado.

Se realizaron pruebas de resistencia de materiales donde se verificó la absorción de agua que presenta la lámina maciza de policarbonato, uno de los materiales de cubierta a utilizar en la construcción de las diferentes estructuras para el secado solar de café.

Se estudió la opción de disponer un sistema de extracción de la humedad del aire caliente, con el fin de que el secado sea más homogéneo y que la calidad del café se mantenga durante este proceso.

Actualmente se encuentra en la etapa de construcción de los prototipos de secadores solares a evaluar en las instalaciones de Poscosecha de Cenicafé (Figura 80).



Figura 80. Figura 14. Secador solar tipo túnel con cubierta en policarbonato macizo color cristal.

Gestión ambiental: POS10400

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

Se investigó la tecnología de filtros verdes con cero descargas para el manejo de las aguas residuales del café, determinando la idoneidad de la tecnología para ser implementada por los caficultores de Colombia, independiente del tamaño de su finca y de sus niveles de producción. La tecnología está conformada por una unidad de pretratamiento, de aplicación de agua, área de cultivo impermeabilizada y bajo invernadero y unidad de recolección de drenados. La tecnología tiene un bajo costo relativo de implementación, alrededor de \$ 1 millón de pesos por hectárea, con una vida útil promedio superior a los 20 años, y ofrece beneficios económicos y ambientales para los productores de café al evitar la contaminación del medio natural, y los costos legales anuales ambientales asociados al manejo de vertimientos, contribuyendo a la rentabilidad del negocio cafetero. Si se implementara este tipo de tecnología en todas las fincas cafeteras de Colombia, se requiere disponer de alrededor de 882 ha (el 0,1% del área cafetera) y se evitaría el vertido de 158.760 t año⁻¹ de carga orgánica contaminante a los cuerpos de agua, permitiendo el reciclaje de los nutrientes al suelo impermeabilizado, que sería del orden de 1.304 t de N, 91 t de P y 1.291 t de K. Como resultado de la tecnología se cosechan anualmente alrededor de 34 t ha⁻¹ de biomasa seca de hojas de vetiver, lo que representaría para toda la caficultura, una disponibilidad adicional de 431, 42 y 749 t anuales de N, P, K, respectivamente, para su reincorporación al suelo como abono orgánico. Se determinó, en promedio, una tasa de crecimiento de las raíces del pasto vetiver de 0,18 mm d⁻¹, por lo que pasarían más de diez años para que las raíces del vetiver llegaran hasta el fondo de los filtros verdes. La producción total

promedio de biomasa de pasto vetiver (hojas, tallos y raíces) para los filtros verdes con aplicaciones de aguas residuales del café fue de 71,75 t ha-año⁻¹ (peso fresco) y 41,98 t ha-año⁻¹ (peso seco).

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, en los procesadores de pulpa, durante las etapas de almacenamiento y producción de abono orgánico, se iniciaron con pruebas preliminares que permitieron determinar para masas de pulpa fresca de 72,0 kg de peso y 1,0 m de altura, sometidas a condiciones ambientales bajo techo, pérdidas de peso en base húmeda, en dos meses de proceso, del 89,71% (pérdida de 0,016 kg kg⁻¹ de pulpa inicial-día). La pérdida de agua fue del 93,76% (pérdida de 0,014 L kg⁻¹ de pulpa inicial-día) y la pérdida de materia seca fue del 66,87% (pérdida de 0,002 kg kg⁻¹ de pulpa inicial-día). La tasa de pérdida de agua fue siete veces superior a la tasa de pérdida de materia seca. La pérdida de agua de la masa de pulpa durante los dos meses de proceso es equivalente, 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 agua hasta 2,5 L kg⁻¹ de café pergamino seco, que abarcaría las dos primeras cabezas de lavado de la tecnología del tanque tina y el agua residual generada en el lavado del café utilizando las tecnologías Becolsub y Ecomill®.

Valoración de subproductos: POS106000

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 ocho acelerantes comerciales, un acelerante enzimático y tres acelerantes preparados, utilizando dos tipos de sustratos (pulpa sola y pulpa mezclada con mieles de la tecnología Ecomill®). El proceso de transformación se evaluó durante 20 semanas consecutivas, 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 identificaron, con base en las variables principales y complementarias, a escala de laboratorio, varios acelerantes que permitieron reducir en al menos el 20% el tiempo de descomposición de los testigos (pulpa sola y pulpa con mieles del Ecomill®). Para los tratamientos que utilizaron como sustrato pulpa de café sola, los mejores resultados se alcanzaron con aquellos que utilizaron como acelerantes productos que involucraron el uso de microorganismos como *Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma lignorum*, *Trichoderma viride* y enzimas microbianas proteolíticas, celulolíticas, lipolíticas y amilolíticas, productos de fermentación de *Aspergillus oryzae* y probióticos, los cuales mostraron un mejor desempeño que el testigo. Para los tratamientos que utilizaron como sustrato pulpa de café + mieles del Ecomill® los mejores resultados se alcanzaron con aquellos que utilizaron como acelerantes productos que involucraron el uso de microorganismos como *A. brasilense*, *A. chroococcum*, *L. acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *S. cerevisiae*, *Rhodoseudomonas palustris*, productos de fermentación de *A. oryzae* y probióticos los cuales mostraron un mejor desempeño que el testigo.

Cafés diferenciados: POS110000

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

Dentro de las actividades del proyecto “Desarrollo experimental para la competitividad del sector cafetero del departamento de Quindío”, se planteó esta investigación con el objetivo de evaluar el efecto de realizar fermentaciones en café en un biorreactor de tanque agitado, sobre la calidad en taza con café producido en cinco rangos de altitud cafetera del departamento de Quindío. Se aplicó un diseño completamente aleatorio con diez tratamientos, compuestos por cinco rangos de altitud y dos temperaturas de control en la fermentación. Los rangos de altitud se definieron desde menos de 1.200 m, hasta más de 1.800 m, cada 200 m. Las temperaturas de control se definieron mediante un proceso de puesta a punto del biorreactor, a 15°C y 30°C. En este proceso, las condiciones de operación permitieron identificar la velocidad, tiempo y período de agitación a 3,0 rpm x 2 min cada 6 horas. Cada fermentación tuvo un tratamiento testigo que fue una fermentación sin control (proceso espontáneo).

Los resultados indicaron que se presentaron diferencias en el tiempo de fermentación, el cual fue significativamente mayor (24 h en promedio) para las fermentaciones realizadas a 15°C, respecto a las de 30°C y tratamientos testigo. La fermentación a temperatura controlada dio como resultado café de alta calidad para todos los rangos de elevación, y el café de elevaciones más altas, procesado a temperaturas controladas de 15°C, recibió las puntuaciones más altas en taza en comparación con el café sometido a 30°C (Figura 81). Estos resultados sugieren que puede utilizarse la temperatura controlada para diseñar procesos de fermentación estandarizados con el fin de mejorar la calidad del café a través de perfiles sensoriales diferenciados.

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

En Cenicafé, se realizó una prueba preliminar para conocer la metodología que se implementará en las fincas. Con la ayuda de las herramientas Mediverdes® y Cromacafé®, pudo determinarse el estado de la masa de café. La recolección de café tuvo un contenido de 74,6 % de frutos en los estados 4, 5, 6 y 7, y una presencia de 3,44% de frutos inmaduros en los estados 1 y 2. El estado 8 (seco) representó el 6,27%.

Las muestras fueron procesadas siguiendo rigurosamente las siete prácticas clave (7P®) hasta la fermentación. El tratamiento T1 siguió el proceso de fermentación hasta que el Fermaestro® indicó que había finalizado el proceso (testigo), en T2 se adicionaron cuatro horas después de que el Fermaestro® indicó el punto de finalización de la fermentación, en T3 se adicionaron ocho horas y en T4 se adicionaron 12

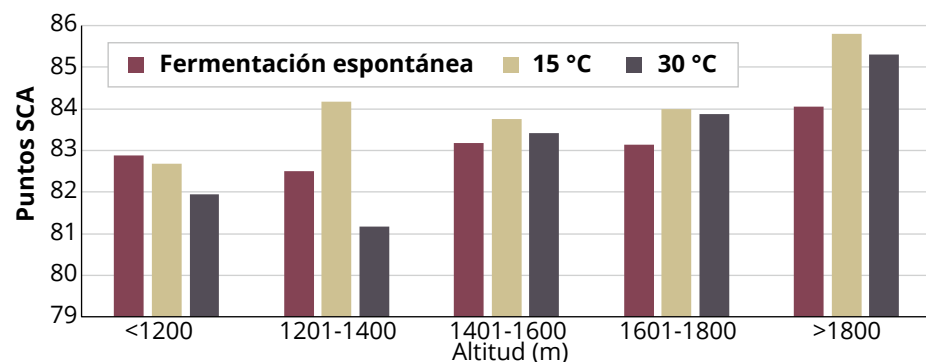


Figura 81. Calidad sensorial (puntos SCA) del café producido a diferentes rangos de altitud en el Departamento de Quindío, con fermentación espontánea y dos temperaturas de control.

horas. En la Tabla 43 se presentan los datos de pH promedio y temperaturas iniciales y finales promedio, lo mismo que el tiempo de tratamiento. El secado tomó entre 179 y 186 horas.

El mayor puntaje fue obtenido por la muestra de café que siguió un proceso de fermentación con prolongación de ocho horas (T3), sin embargo, con muy poca diferencia con relación al testigo (T1) y al tratamiento que tuvo una prolongación de cuatro horas (T2). El tratamiento con prolongación de 12 horas (T4) presentó defecto terroso. Estos datos son solamente de una prueba preliminar y no conducen a consideraciones ni conclusiones.

Evaluación del astillado de tallos de zoca de café como fuente alterna de combustible para secadores mecánicos de café

Ante la necesidad de tener un combustible alternativo al cisco de café, se evaluó el funcionamiento de una máquina chipeadora Bear Cat FC400 para el chipeado o astillado de tallos provenientes del zoqueo de café (Figura 82). La evaluación se llevó en tres pasos: 1) se determinó la forma segura de operación de la máquina, 2) para esta condición, se caracterizó el desempeño del equipo trabajando con tallos frescos de café, y 3) las astillas resultantes y secas, se caracterizaron y emplearon como combustible en un secador

Tabla 43. Resultados de cada tratamiento.

Tratamiento	pH inicial	pH final	T inicial [°C]	T final [°C]	Tiempo [h]	Puntaje SCA	Taza
T1	5,19	3,61	26,63	25,40	16	81,90	Sin defecto
T2	5,25	3,33	25,47	26,90	20	81,60	Sin defecto
T3	5,26	3,13	25,57	29,93	24	82,25	Sin defecto
T4	5,27	3,16	25,37	30,53	28	54,15	Terroso

mecánico de café. En este sentido, para un trabajo seguro con la máquina se identificó que los individuos o tallos deben adecuarse con herramientas manuales, de tal manera que quede totalmente libre de partes de ramas y ser cortado en su longitud, buscando no superar los 6,0 cm en su diámetro, condiciones que permiten un fácil procesamiento y que el mecanismo de corte de la chipeadora evaluada no se atasque. Con los tallos adaptados a las necesidades, se determinó un rendimiento entre 831 a 1.141 kg h⁻¹ de astilla y consumo de gasolina 2,4 - 1,8 mL kg⁻¹. Para las astillas

frescas resultantes se determinó un contenido de humedad promedio de 42,97% b.h, las cuales al ser secadas llegaron a un contenido de humedad de 11,58% b.h., en esta condición se observó su empleo como combustible en un secador comercial de semilla de café, con capacidad para 200 arrobas de café pergamino seco, que trabaja con aire de secado a 38°C, encontrando un consumo de combustible de 12 kg h⁻¹ de astilla seca. La información resultante demuestra el uso promisorio y rentable del tallo chipeado de café como combustible alternativo al cisco.



Figura 82. Chipeadora utilizada para astillar tallos de café.



Suelos

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

Con el objetivo de determinar el efecto de alternativas de fertilización con fósforo durante la etapa de establecimiento de café, en cuatro Estaciones Experimentales (Naranjal, La Trinidad, Paraguaicito y El Tambo), desde el año 2019, se evalúa el efecto combinado de tres dosis de fósforo-P₂O₅ (9, 18 y 27 g/planta) y cuatro formas de aplicación: i-superficial a los dos y diez meses después de la siembra (mds), ii-localizada en el momento de la siembra alrededor del colino a 5 cm de profundidad, iii-mixta, 50% localizada y 50% superficial a los diez mds, y iv-incorporada al suelo del hoyo en la siembra. En Naranjal, La Trinidad y Paraguaicito la investigación finalizó en diciembre de 2022, mientras que en El Tambo la vigencia se extendió hasta junio de 2024.

En todas las localidades, a excepción de Paraguaicito, hubo efecto de las dosis en la cosecha del año 2022 y el acumulado de la producción durante los años 2021 y 2022, más no se presentó efecto de la forma de aplicación de fósforo o la interacción Dosis x Forma de aplicación. En Paraguaicito se

registró el mismo resultado para la producción acumulada; no así para la cosecha de 2022. Para todos los casos fueron suficientes 9 g/planta de fósforo para lograr las mayores producciones, independiente de la forma de aplicación de este nutriente (Figura 83).

En El Tambo, el promedio más alto de la relación café cereza y café pergamino seco se registró para el Testigo sin fósforo, el cual se diferenció estadísticamente de los demás tratamientos (Figura 84). Para Paraguaicito y El Tambo, el suministro de cualquier dosis de fósforo, independiente de la forma de aplicación, contribuyó a reducir el factor de rendimiento en trilla, mientras que en La Trinidad ocurrió una tendencia contraria (Figura 85).

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 el municipio de Los Santos en el 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. La Hacienda El Roble históricamente presenta uno de los niveles más bajos de precipitación anual de la zona cafetera colombiana (1.060 mm año⁻¹), razón por la cual fue elegido para esta investigación. Los tratamientos consisten en riego por goteo, aspersión y un testigo sin riego. La evaluación se realiza en tres parcelas, cada una conformada por 850 plantas de Variedad Castillo®, plantadas en abril de 2018 con distancias de siembra de 1,4 m x 1,2 m.

A julio de 2023, y luego de cuatro años de iniciado el experimento, no se han realizado aplicaciones de riego, debido a que la humedad del suelo se ha mantenido por debajo de -40 kPa, condición requerida para la aplicación de riego en períodos diferentes a los establecidos como necesarios para la generación del estrés y la inducción de floración. Solamente, en agosto de 2023 se hizo una reposición de lluvia deficitaria de 15,5 mm, cuyo posible efecto fue anulado por una precipitación de 36,8 mm tres días después. Durante esta vigencia se continuó con la medición diaria del potencial mátrico del suelo con tensiómetros ubicados a 25 y 40 cm de profundidad y las condiciones climáticas que se registran de la Plataforma Agroclimática Cafetera.

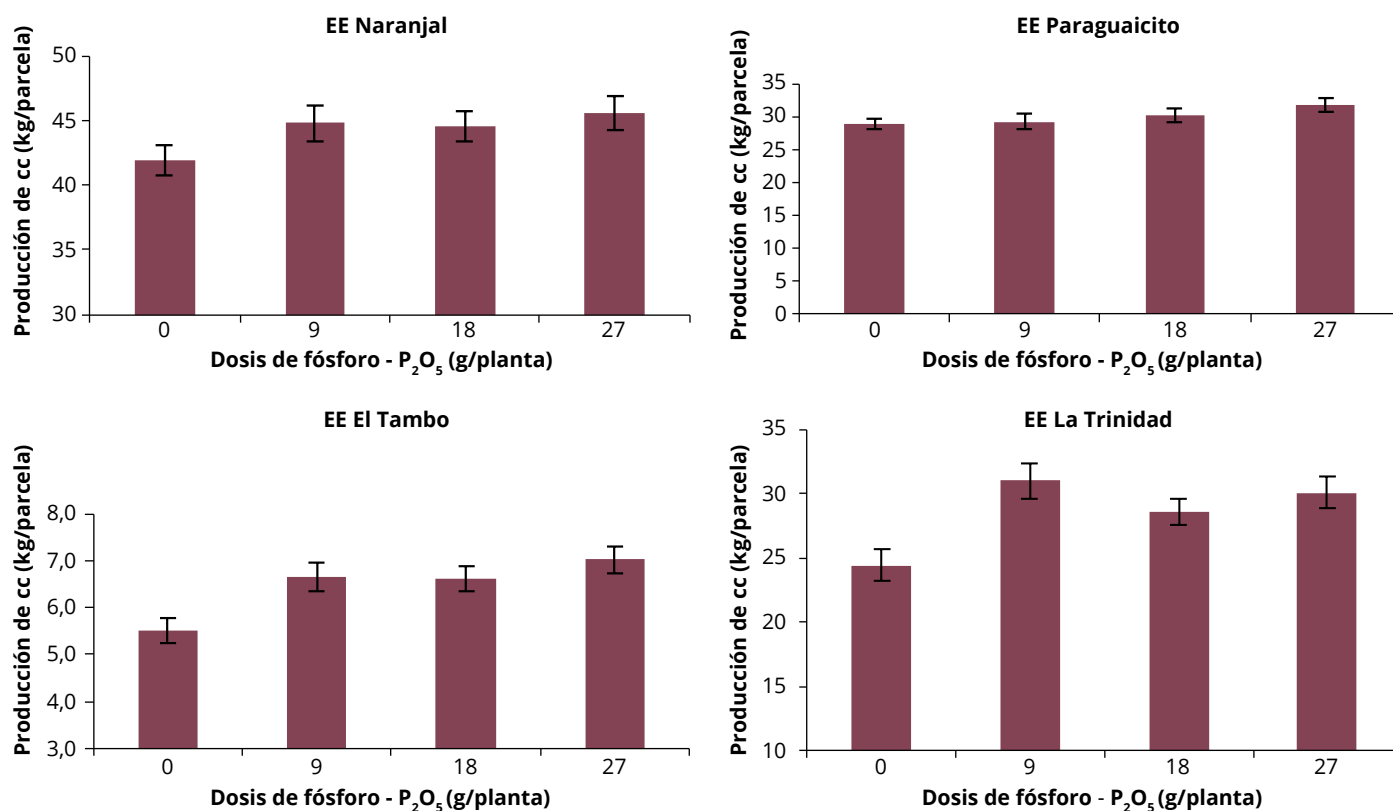


Figura 83. Producción de café cereza (cc), obtenida en respuesta a dosis de fósforo, en cuatro Estaciones Experimentales, durante el año 2022.

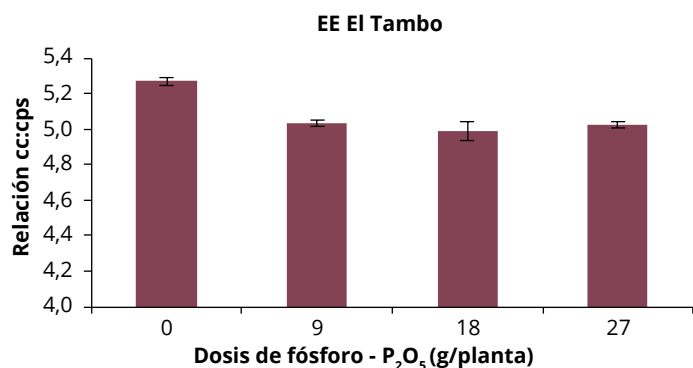


Figura 84. Relación de café cereza y café pergamino seco (cc:cps), obtenida en respuesta a dosis de fósforo, en la Estación Experimental El Tambo, durante el año 2022.

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 tiene efectos en 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.

Con el objetivo de evaluar el efecto del yeso en la producción de café en suelos ácidos, en el primer semestre del año 2021, se establecieron lotes 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 2023 no revelan efecto de la aplicación del yeso en la producción del café (Figura 86). En cuanto a las propiedades del suelo, evaluadas un año después de la aplicación de los tratamientos, no se encontró efecto del yeso en el pH o los niveles de aluminio, potasio y magnesio; en contraste, y pese a algunas variaciones, en El Rosario y Paraguaicito, los niveles de calcio y azufre tendieron a incrementarse con el aumento de las dosis, mientras que en San Antonio sólo se detectaron cambios en los valores de azufre. Las concentraciones foliares de los nutrientes no se modificaron con los tratamientos; siendo la excepción el potasio en la Estación San Antonio, el cual disminuyó con la aplicación del yeso, independiente de la dosis. El suministro de yeso no afectó el crecimiento de las plantas en términos de altura, número de cruces, longitud y número de nudos

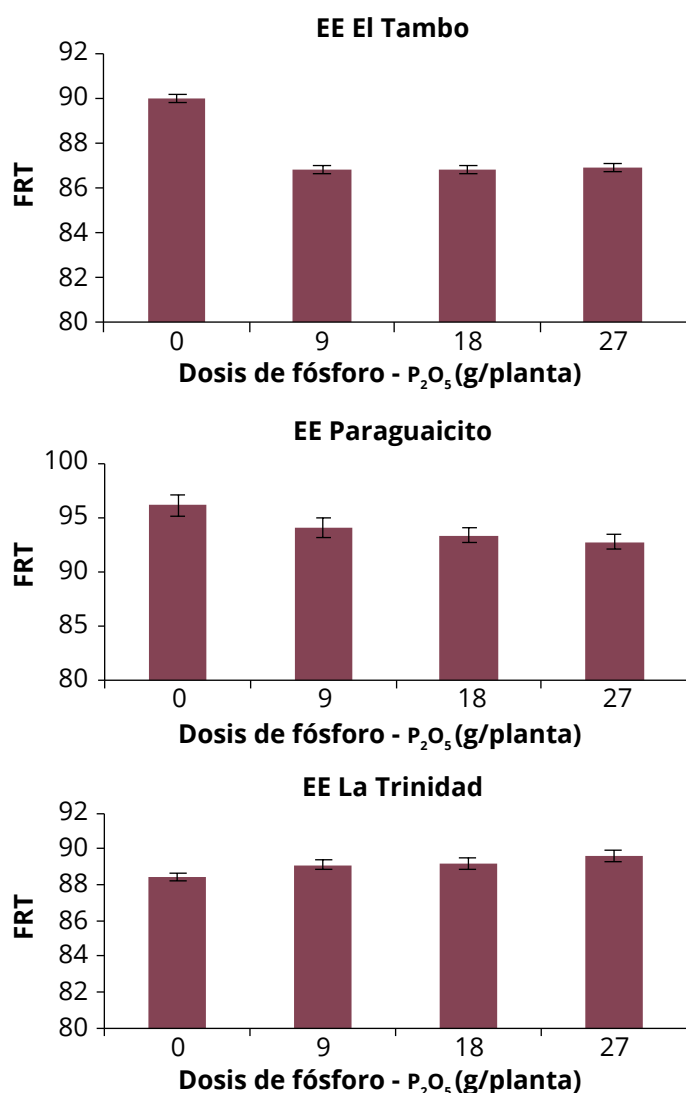


Figura 85. Factor de Rendimiento en Trilla (FRT), obtenida en respuesta a dosis de fósforo, en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé, durante el año 2022.

de la rama más larga, diámetro del tallo a 5 cm de altura ni la biomasa de las raíces.

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

Actualmente, para suelos con bajos contenidos de materia orgánica (menor que 6%) se recomienda la aplicación de pulpa descompuesta en la siembra de café, sin especificar una dosis. Sumado a esto, los caficultores realizan aplicaciones de cantidades variables de pulpa, de las que no se tiene certeza de su respuesta en la producción. Con base en lo anterior, en el año 2021 se inició la evaluación del efecto de diferentes proporciones de pulpa de café aplicadas en la siembra sobre la producción de café. Los

tratamientos consisten en seis proporciones de pulpa de café descompuesta incorporada al suelo del hoyo antes de la siembra (0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en volumen). Los lotes experimentales se encuentran en las Estaciones Experimentales Paraguaicito, Naranjal, La Trinidad y San Antonio. Transcurridos 12 meses luego de la siembra, se midieron variables de crecimiento de las plantas (altura, número de cruces, longitud de la rama más larga y número de nudos) y propiedades físicas de los suelos (densidad real, densidad aparente y capacidad de retención de humedad). También se tomaron muestras de hojas con el fin de analizar el estado nutricional de las plantas. El análisis de los resultados con respecto al crecimiento de las plantas indica efecto de los tratamientos para el número de nudos de la rama más larga en la Estación La Trinidad (Figura 87). En la Estación La Trinidad, los promedios de la densidad aparente en los tratamientos con 20% y 25% de pulpa fueron menores que el testigo sin pulpa. Para las demás propiedades del suelo no se presentaron diferencias estadísticas.

El próximo año se obtendrá la información acerca del efecto de la pulpa en la producción del café.

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

En las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito y El Tambo, se evalúa el efecto de la aplicación de la biomasa de dos leguminosas intercaladas con el café durante la fase de crecimiento del cultivo, en la cosecha del primer año del ciclo productivo. Los tratamientos consisten en la disposición de residuos de guandul o de tephrosia, aplicados como abono verde y complementados con tres niveles de nitrógeno-N (0%, 50% y 100%) en forma de urea, según el análisis de suelos (Tabla 44). La aplicación de todos los tratamientos se lleva a cabo en las épocas recomendadas por Cenicafé (tres veces por año). La aplicación del abono verde consiste en disponer en el plato del árbol de café el conjunto de hojas y ramas de cada leguminosa, resultante de la poda de estas en razón de 1,0 kg/planta/aplicación (3,0 kg/planta/año).

En Naranjal y Paraguaicito se establecieron ambas leguminosas, mientras que en El Tambo sólo creció tephrosia. En este informe se presenta un avance de resultados correspondiente a la Estación El Tambo. La descomposición de la tephrosia aplicada como abono verde, fue explicada a través de una expresión de tipo exponencial ($R^2=0,95$), y la tendencia registrada permitió establecer que, el 58% de este proceso ocurre durante 60 días luego de haber sido aplicado (Figura 88). Dicho abono verde se destacó, además,

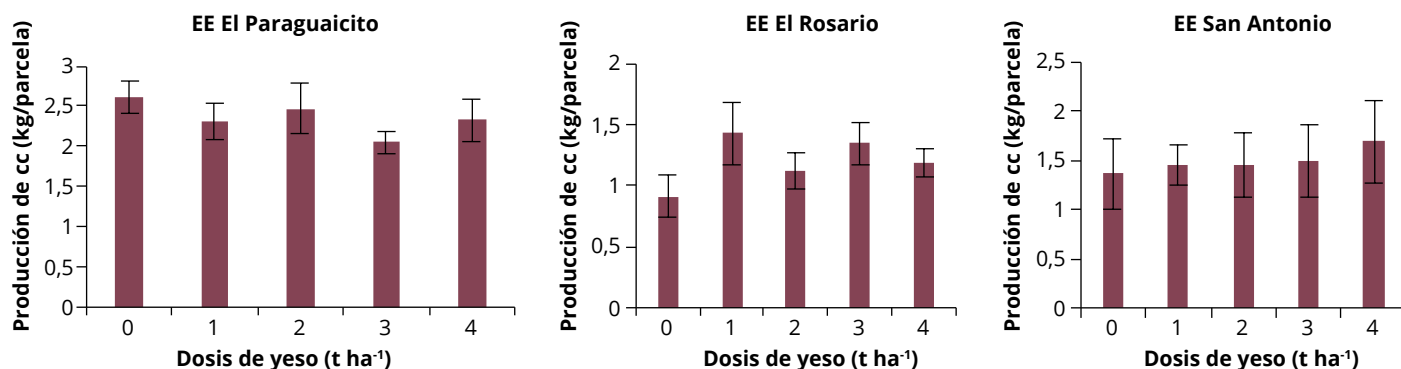


Figura 86. Valores promedio y error estándar (EE) de la producción de café, evaluada durante los 2022, en respuesta a dosis de yeso en tres Estaciones Experimentales.

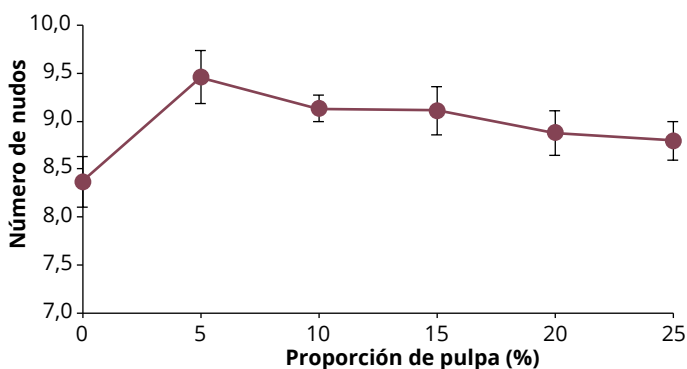


Figura 87. Número de nudos de la rama más larga en respuesta a la aplicación de pulpa de café descompuesta en la siembra en la Estación La Trinidad.

por la concentración de nitrógeno, potasio y azufre, y la magnitud de liberación de estos nutrientes al suelo que, alcanzó valores de 72%, 96% y 87% respectivamente, en este mismo período (Figura 89). Considerando las cantidades de tephrosia que fueron aplicadas, su contenido nutricional y su mineralización, el café puede estar potencialmente abastecido con el nitrógeno y potasio requeridos durante el primer año de establecimiento; mediante el uso de tephrosia se estarían suministrando adicionalmente, alrededor de 17 kg ha⁻¹ de azufre para el mismo período (Figura 90).

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

Se avanzó en la evaluación de herbicidas para el control de arvenses de hoja ancha en el

cultivo del café. La investigación se realiza en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito, en siembras nuevas y renovaciones por zoca de café Variedad Cenicafé 1 y Castillo®. Se evalúan diez tratamientos: **1.** metsulfuron-metilo 15 g ha⁻¹ + glifosato 720 g ha⁻¹, **2.** bensulfuron-metilo 50 g ha⁻¹ + glifosato 720 g ha⁻¹, **3.** carfentrazona-etilo 30 g ha⁻¹ + glifosato 720 g ha⁻¹, **4.** metsulfuron-metilo 15 g ha⁻¹ + glifosato 1.080 g ha⁻¹, **5.** bensulfuron-metilo 50 g ha⁻¹ + glifosato 1.080 g ha⁻¹, **6.** carfentrazona-etilo 30 g ha⁻¹ + glifosato 1.080 g ha⁻¹, **7. y 8.** glifosato 720 y 1.080 g ha⁻¹ respectivamente, **9.** glifosato 1.440 g ha⁻¹ (testigo) y **10.** manejo manual-mecánico. Las aplicaciones se realizan con equipo de aspersión de bombeo manual, boquilla Teejet 8001, regulador de presión (21 psi) y pantalla, a un volumen entre 200 a 250 L ha⁻¹. Se presentan los resultados de porcentajes de cobertura de arvenses, evaluados a los 7, 21, 35 y más de 50 días después de la aplicación (dda) (Figuras 91 y 92

Tabla 44. Descripción de los tratamientos.

*Tratamiento		Porcentaje de N según la dosis recomendada	Leguminosa	Biomasa fresca /aplicación (kg/planta)
1	Sin N	0	---	0
2	50% N	50		
3	100% N	100		
4	Sin N - tephrosia	0	Tephrosia	1,0
5	50% N + tephrosia	50		
6	100% N + tephrosia	100		
7	Sin N - guandul	0	Guandul	
8	50% N + guandul	50		
9	100% N + guandul	100		

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

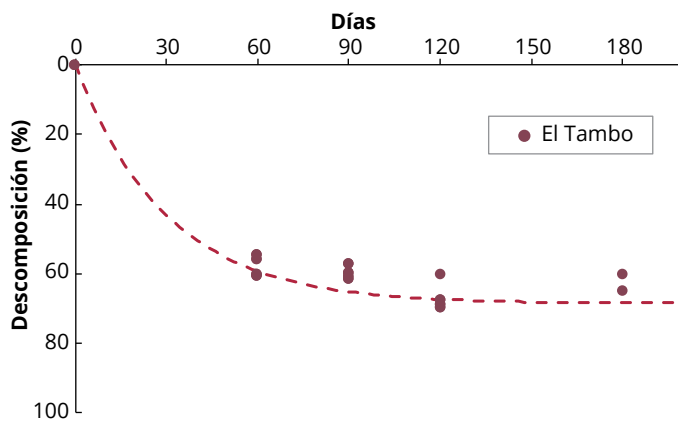


Figura 88. Descomposición de la biomasa de tephrosia aplicada al café como abono verde en condiciones de la Estación Experimental El Tambo (Cauca).

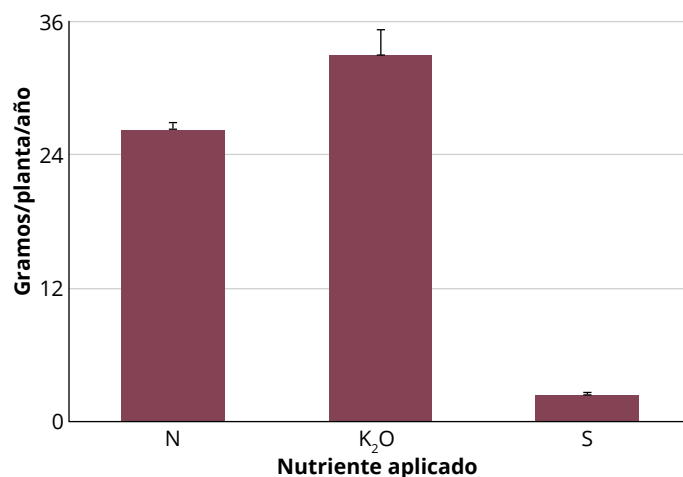


Figura 90. Cantidad anual de nitrógeno (N), potasio (K₂O) y azufre (S) liberados al suelo a partir de tephrosia, dos meses luego de su aplicación como abono verde, en plantas de café en estado de crecimiento vegetativo. Barras indican error estándar.

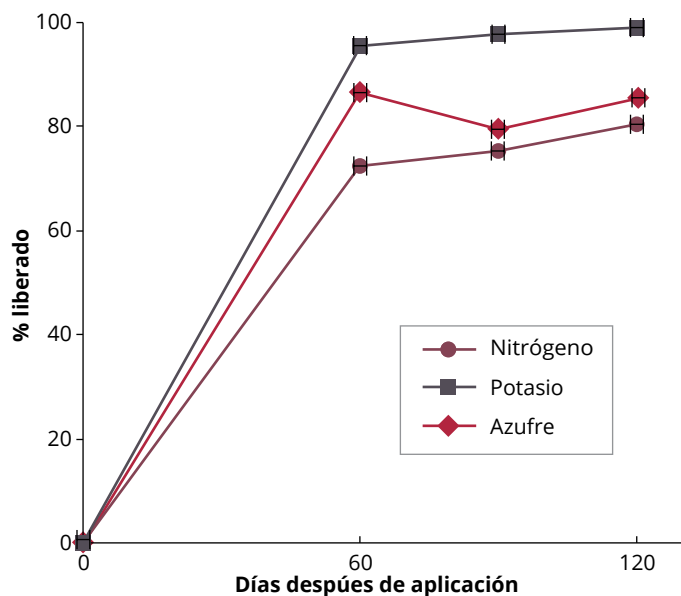


Figura 89. Porcentaje (%) promedio de N, K y S liberados a partir de la tephrosia aplicada como abono verde a las plantas de café en estado de crecimiento vegetativo. Barras indican error estándar.

para Naranjal y Paraguaicito, respectivamente). En Naranjal, los tratamientos 1, 2, 4 y 5 alcanzaron menor cobertura de arvenses que el testigo. En Paraguaicito, en tres aplicaciones, los tratamientos 1 y 4 obtuvieron menor valor de cobertura de arvenses que el testigo, mientras en dos aplicaciones el tratamiento 2 causó reducción significativa de la cobertura de arvenses. En ambas localidades, el tratamiento 6 mostró menores valores de cobertura a los 7 dda. Los tratamientos 1 y 2 son promisorios en el control de arvenses en café y favorables por la reducción de la dosis de glifosato en 50%, mientras que el tratamiento 6 puede ser viable en la reducción de la dosis de glifosato en 25%.

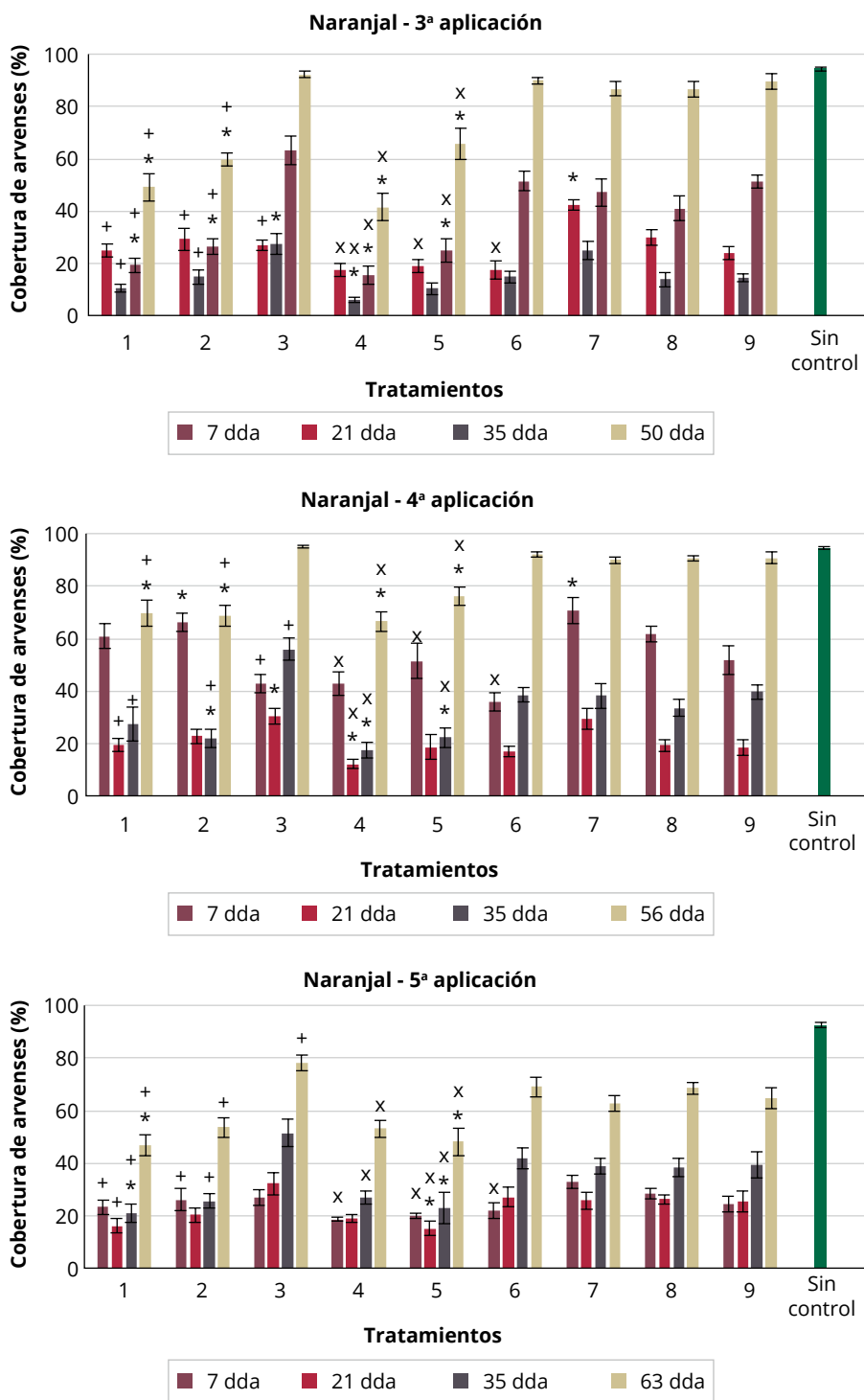


Figura 91. Respuesta de la cobertura promedio de arvenses (%) a los tratamientos en la Estación Experimental Naranjal. * = diferencia de los tratamientos 1 a 8 respecto al testigo (9) según prueba de Dunnett al 5%. + = diferencia de los tratamientos 1, 2 y 3 respecto a 7 según prueba de contrastes al 5%. X = diferencia de los tratamientos 4, 5 y 6 frente a 8 según prueba de contrastes al 5%. Las líneas sobre las barras indican el error estándar. dda = días después de la aplicación.

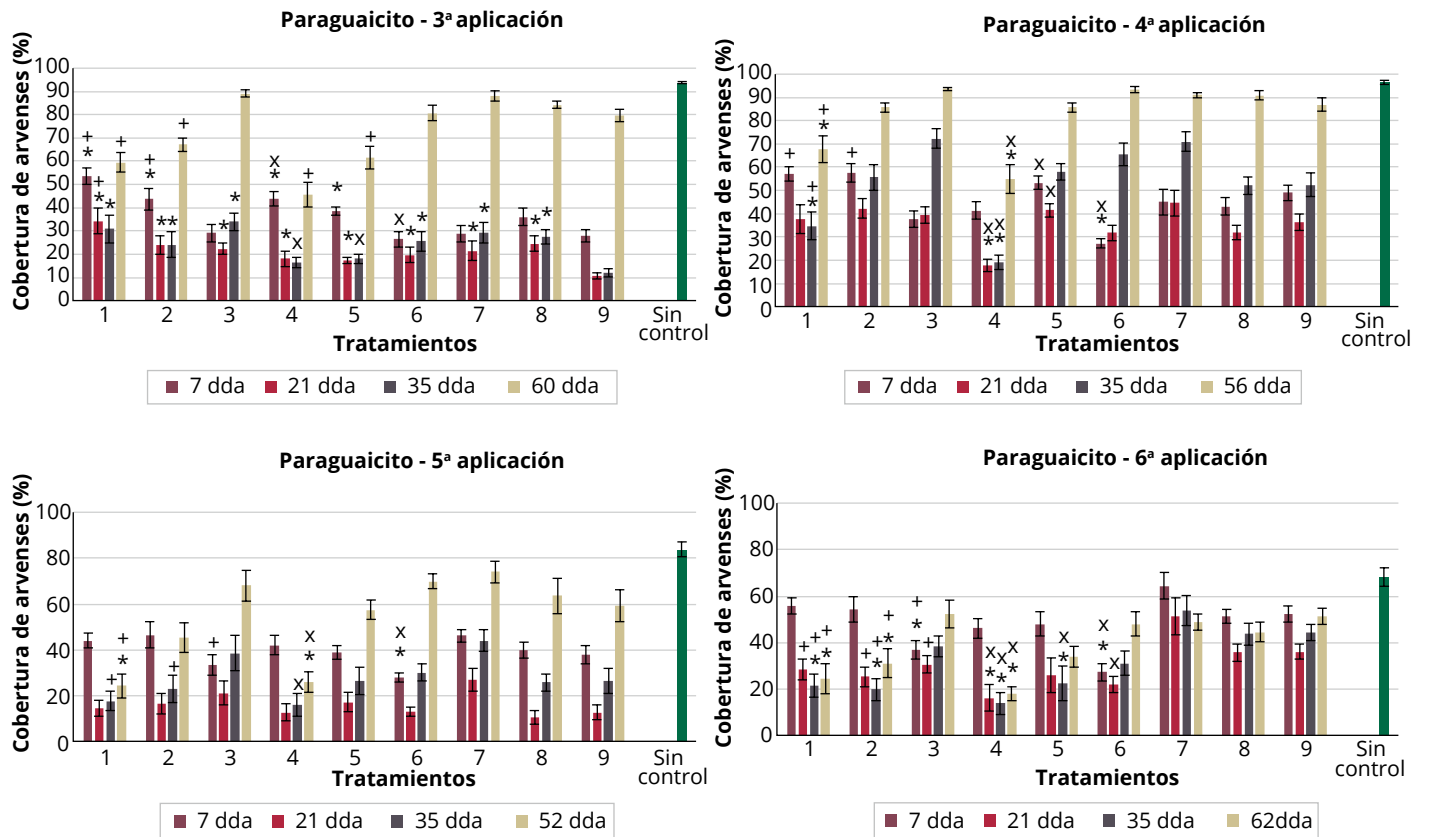


Figura 92. Respuesta de la cobertura promedio de arvenses(%) a los tratamientos en la Estación Experimental Paraguaicito. * = diferencia de los tratamientos T1 a T8 respecto al testigo T9 según prueba de Dunnett al 5%. + = diferencia de los tratamientos T1, T2 y T3 respecto a T7 según prueba de contrastes al 5%. X = diferencia de los tratamientos T4, T5 y T6 frente a T8 según prueba de contrastes al 5%. Las líneas sobre las barras indican el error estándar. dda= días después de la aplicación.



DISCIPLINAS DE
APOYO A LA
INVESTIGACIÓN





Divulgación y Transferencia

Publicaciones

Durante la vigencia se realizaron las siguientes publicaciones:

- Doce Avances Técnicos del No. 543 al 554
- La Revista Cenicafé Volumen 73 No.2 de 2022 con 7 artículos científicos y Volumen 74 No. 1 de 2023 con 7 artículos.
- Doce Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 86 al 97
- Cuatro Boletines Fitosanitarios de la Caficultura Colombiana No 5 al 8
- El Informe Anual de Cenicafé del año 2022
- El Anuario Meteorológico Cafetero 2021

Los siguientes libros:

- Informe Anual de Actividades de Cenicafé 2022.
- Aplicación de la economía circular en el proceso de beneficio de café con cero residuos. Indicadores e índices de la calidad físico-química del agua en microcuencas cafeteras;
- Los insectos visitantes florales del cultivo del café en Colombia.
- Colección Colombiana de Café: Conservando la diversidad genética para una caficultura sostenible.

Afiches

Se produjeron cuatro afiches con información técnica correspondientes a:

- Calendario de Floración 2023.
- Arvenses nobles de la zona cafetera.

- Conozca las abejas del cultivo del café.
- Componentes de la tecnología filtros verdes.

Participación en Ferias

Durante la vigencia Cenicafé participó en cinco ferias:

- Feria de Maquinaria Agrícola 4ª – Bucaramanga.
- Feria Cafestival en Concordia, Antioquia del 19 al- 21 de agosto.
- Feria de cafés especiales en Santander de Quilichao (Cauca) del 24 al 26 de agosto.
- Feria Expo Tolima del 25 y 26 de agosto.
- Feria Expoeje 2023 realizada en Montenegro, Quindío del 1 al 3 de septiembre.
- Feria Cafés de Colombia Expo 2023 del 19 al 22 de octubre.

Visitas

Se recibieron 2.427 visitantes en 80 actividades presenciales, de

las cuales se pueden resaltar las visitas de caficultores y del gremio, (50 actividades).

Debe destacarse que en esta vigencia más de 200 líderes cafeteros de los departamentos de Santander, Boyacá, Caldas, Magdalena y Oficinas Coordinadoras, visitaron en el 2023 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

Durante la vigencia la página de Cenicafé tuvo 970.000 vistas y 2.900.000 interacciones. El 82,6% de las personas que consultaron la página son de Colombia, el 5,01% de México, 4,86% de Perú, 5,01% de Estados Unidos y 2,80% de Venezuela.

Con respecto a la página Agroclima.Cenicafé.org contó con 314.000 vistas y 939.000 interacciones. El 97,60% de las personas que consultaron la página son de Colombia, también mostró consultas de Estados Unidos, Pakistán, Chile y China.

Youtube

Se realizaron 31 Seminarios Científicos transmitidos virtualmente y conferencias técnicas, se publicó un video de Un Minuto de Avance Cenicafé, 21 Cafetips y Cenicafé Conciencia, y cinco Tutoriales y video de Reserva, con 91.000 vistas y 1.025.480 interacciones, a través del canal de YouTube Cenicafé.

Redes sociales (Twitter, Instagram, Facebook)

Como estrategia para la divulgación virtual de las publicaciones, tecnologías y eventos, se utilizaron las cuentas de X de Cenicafé (@Cenicafe), con 6.881 visualizaciones y un aumento del 18,4% con respecto al año anterior. El número de visualizaciones de las publicaciones fue de 185.012 con aumento del 36,2% con relación al año anterior. Instagram (Cenicafe) cuenta con 8.012 seguidores (aumento del 33% con respecto al 2022) y 221.231

visualizaciones de las publicaciones con un aumento del 64,4%. La cuenta de Facebook (Cenicafe FNC) cuenta con 11.382 seguidores con un aumento del 55,1% con relación al año anterior, Facebook tuvo 1.078.165 visualizaciones de las publicaciones durante la vigencia del informe con un aumento del 10,6% frente al año anterior.

Correos electrónicos

En el 2023 se enviaron aproximadamente 320.000 correos electrónicos motivando el ingreso a las diferentes secciones del portal, esto se hizo mediante el 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 86.966 ejemplares a Comités de Cafeteros, caficultores y demás colaboradores de la FNC.

Durante el período octubre 2022 y septiembre 2023 Cenicafé tuvo más de 4.200.000 visualizaciones de sus publicaciones a través de las páginas web, redes sociales, correos electrónicos y entrega física de las publicaciones.



Tecnología de Información y Comunicaciones

En el Sistema de Información y Gestión Administrativa de Investigaciones (SIGA) se implementaron nuevas funcionalidades y módulos, se reestructuraron otros y se pusieron a prueba. No obstante, una vulnerabilidad en el manejador de contenido, obligó a plantear nuevas prioridades en las que tanto el SIGA, como el operativo fitosanitario y los módulos de información básica de agroclima.cenicafe.org deberían redefinirse. Es así como, se implementaron nuevas prácticas de seguridad, se afinó el SIGA y el SIQ (Sistema de Información de Calidad Sensorial), se implementó de nuevo la plataforma agroclimática básica y el operativo fitosanitario y se migró su contenido, encontrándose listos para su publicación. De otra parte, se inició un plan para actualizar las apps móviles y, finalmente, se continuó con el apoyo a los investigadores del Centro en la elaboración de mapas y procesamiento de información geográfica.

Se ha completado la actualización del segundo anillo de fibra del Edificio 1, que interconecta los centros de cableado de Mantenimiento, Administración y Datacenter a una velocidad de 40 Gbps mediante interruptores Juniper. Buscando el mejor rendimiento, se ha realizado la migración del servidor Oracle a una versión más reciente de Windows Server y motor de base de datos. Además, se implementó un cambio fundamental en la seguridad de los servidores públicos mediante la adopción de un proxy inverso con Modsecurity y la implementación de un esquema de protección JWT para agroclima.cenicafe.org a través de Keycloak. Se ha desplegado una plataforma de monitoreo y seguridad utilizando herramientas como Wazuh, Kibana y Elastic Search, lo que permitirá supervisar de manera proactiva la infraestructura, adicionando una capa de seguridad para detectar posibles amenazas.

Se continúa fortaleciendo la administración de la infraestructura tecnológica para garantizar un funcionamiento óptimo mediante la gestión y administración de servidores, el mantenimiento de las redes LAN y WIFI, el Firewall, y la implementación de las mejores prácticas en la gestión de TI. Se ha llevado a cabo la adecuación de los centros de cableado de los Edificios 2 y 3 para asegurar que cumplan con las normas y estándares de cableado estructurado más recientes, mejorando de paso la accesibilidad física, disminuyendo la temperatura de operación y aumentando el desempeño de la Red LAN.

Centro de documentación

El Centro de Documentación continúa con la ejecución del proyecto de cambio tecnológico de la biblioteca y la generación de mayor visibilidad académica de las publicaciones de Cenicafé con los siguientes resultados: Apoyo en el proceso de renovación de Reconocimiento como Actor de Ciencia a Cenicafé (Resolución 0702 de 2023 de Minciencias), propuesta e implementación de Taxonomía de Roles de Colaboración Académica (CRediT NISO Z39.104-2022) y definición de Tipos de Artículos para la Revista Cenicafé. Igualmente, continúa con la edición y publicación de las Memorias Seminarios Científicos en la plataforma año 2021 (28 Seminarios), 2022 (21 Seminarios), 2023 (21 Seminarios). El nuevo espacio para publicaciones, publicaciones.cenicafe.org, sigue en el proceso de migración de la información a la fecha con 515 publicaciones registradas, digitalización de 293 documentos PDF [Open Journal System (OJS) y Catálogo en Línea (KOHA)], 90 solicitudes de información atendidas, 864 chats corporativos atendidos, estudio y registro de 23 patentes de los años 1981-2022, recepción y registro de donación de 150 libros del Fondo Cultural Cafetero.



RECURSOS
HUMANOS
Y FINANCIEROS



Unidad Administrativa y Financiera

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

El presupuesto de Cenicafé en el año 2023 asciende a \$38.429 millones, que corresponden a \$26.014 millones de recursos transferidos por la FNC, \$6.415 millones por aprovechamientos y \$6.000 millones por concepto de convenios de cofinanciación con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales (Figura 93).

En 2023 se contó con un presupuesto de recursos propios de \$32.429 millones, de los cuales, \$26.014 millones son recursos transferidos por la FNC (incremento del 12,3% respecto al año 2022) y \$6.415 millones de ingresos por aprovechamientos, incluidos \$5.000 millones por venta de semilla a los Comité de Cafeteros, los cuales financian los gastos de la misma actividad. Los recursos para la nómina fija, son los que mayor participación tienen en el presupuesto de Cenicafé, como se observa en la Figura 94.

El presupuesto de convenios de cofinanciación del año 2023 asciende a \$6.000 millones, de los cuales \$1.135 millones corresponden a nueve convenios que han estado vigentes durante el año y \$4.865 millones a proyectos que se encuentran en proceso de formulación y gestión, especialmente el relacionado con el Fondo Verde del Clima (Tabla 45).

La Gestión del Talento Humano en Cenicafé comprende la selección, contratación, inducción, desarrollo, gestión de seguridad y salud, administración de servicios y desvinculación de trabajadores.

Al cierre del período, se contaba con 187 colaboradores, el 62% hombres y 38% mujeres que hacen parte de las Disciplinas de Investigación y Apoyo.

El 54% de los colaboradores cuenta con formación superior y de estos, el 68% tiene formación de posgrado. Cenicafé cuenta con 17 profesionales con doctorado, 33 con maestría y 19 con especialización. Durante este período, el Centro brindó apoyo en tiempo y recursos para que cinco colaboradores continuaran con sus estudios de doctorado y dos de maestría (Figura 96).

De igual manera, desde los componentes del Sistema de Gestión de Calidad, Ambiental y de Seguridad y Salud, se coordinó e implementó el plan de capacitación ofertado a los trabajadores del Centro, con cerca de 73 capacitaciones, sin incluir los espacios de conocimiento de los seminarios científicos y el programa de capacitación administrado desde Bogotá.

En el período octubre de 2022 septiembre de 2023 con el apoyo del COPASST, de la Unidad Administrativa y Financiera del Centro, de la Dirección de Cenicafé y de los Responsables de los Programas ambientales, se realizaron campañas de impacto, tales como:

- **Programa de voluntariado de la Institucionalidad Cafetera - Un millón de razones para sembrar árboles.** Alrededor de 170 colaboradores del Centro participaron de la jornada de siembra, en la Sede principal y en cada una de las Estaciones Experimentales.
- **Caminata Ecológica.** 138 personas disfrutaron del recorrido por la Reserva Forestal Protectora de Planalto, a quienes a lo largo del

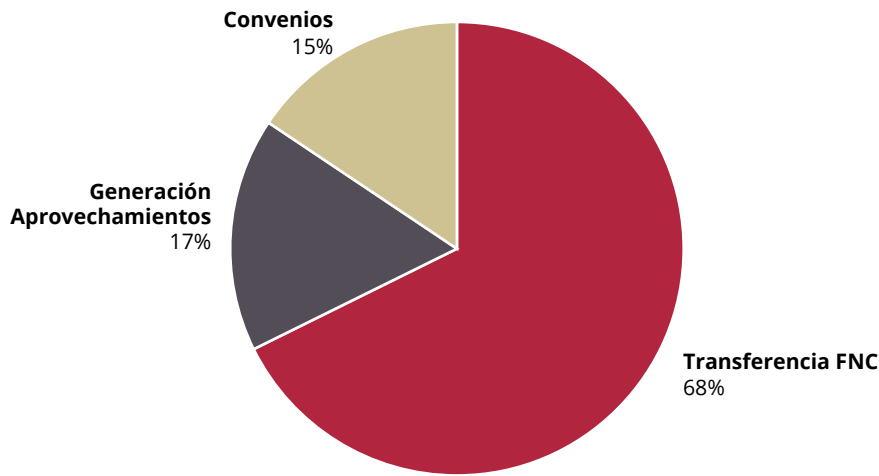


Figura 93. Composición del presupuesto total de Cenicafé 2022.

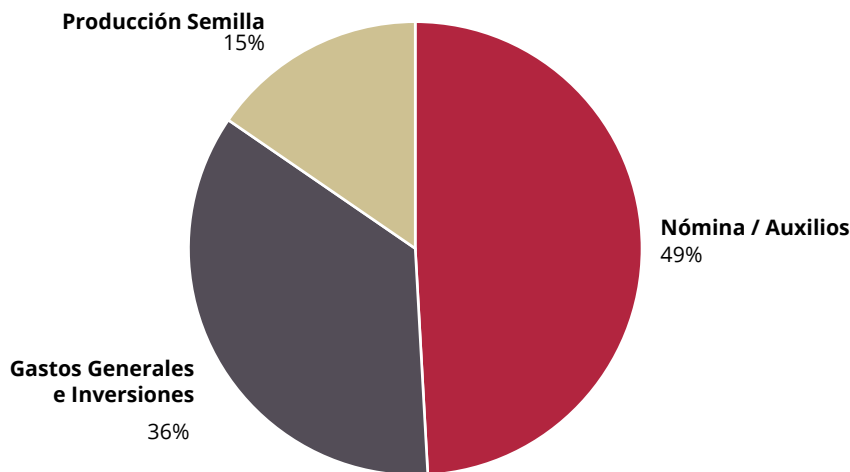


Figura 94. Presupuesto recursos propios por concepto.

Tabla 45. Convenios Nacionales e Internacionales.

Entidades Nacionales	Convenios	Millones \$	% Total
BAYER S.A.	2	215	3,6%
GOWAN	1	144	2,4%
Convenios nacionales	3	359	6,0%
Entidades Internacionales	Convenios	Millones \$	% Total
USDA	2	489	8,1%
SYNGENTA	2	149	2,5%
ANGLO AMERICAN WOODS	1	132	2,2%
ICGEB	1	6	0,1%
EN FORMULACIÓN/GESTIÓN		4.865	81,1%
Convenios internacionales	6	5.641	94,0%
Total	9	6.000	100%

recorrido se les socializaron los animales que se encuentran en la Reserva y los riesgos. Información que se divulgó mediante vallas ubicadas en el recorrido de ingreso al Centro

- **Día de campo del Sistema de Gestión Integral.** Socialización de la importancia del Sistema de Gestión Integral (SGI) en las actividades del Centro, a través de siete Estaciones a cargo de los Responsables de los Programas Ambientales, la Dirección y el área de Seguridad y Salud; contó con una participación de 160 trabajadores.
- **Campaña de Orden y Aseo:** Doce Disciplinas y áreas del Centro participaron y contribuyeron en la jornada de embellecimiento.

En este período se tramitaron 1.973 órdenes de compra, por valor de \$14.125 millones, correspondientes a negociaciones con 434 proveedores. En materia de gestión de contratos, durante el período se radicaron 43 procesos contractuales.

Se realizó la evaluación a 172 proveedores que en 2022 suministraron bienes o servicios de alto impacto para los procesos de investigación, obteniendo una calificación promedio de 4,72, resaltando que el 99,5% de los proveedores evaluados está dentro del rango de confiables y altamente confiables.

Se gestionó adicionalmente la actualización de los documentos legales de los proveedores activos, e igualmente se realizó la gestión de consulta al área de Gestión del Riesgo en Oficina Central, de 1.041 proveedores y sus representantes legales en las Listas Públicas de Control.

La administración de los activos fijos se realizó a través de la

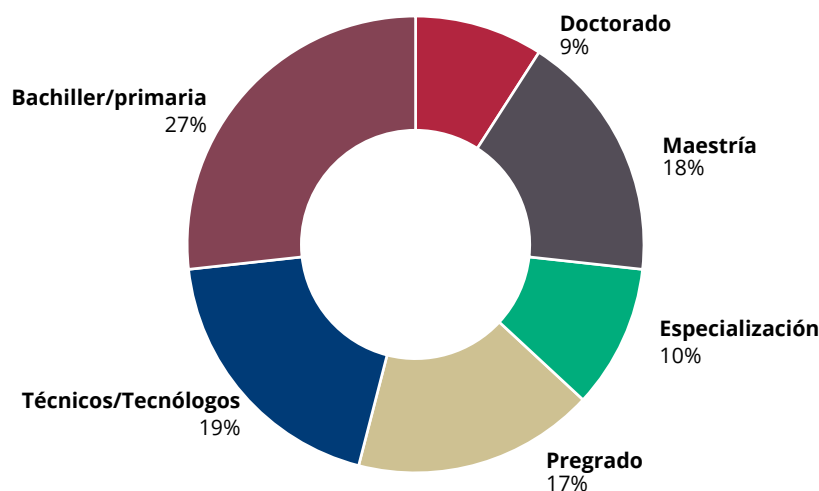


Figura 95. Formación personal nómima.

verificación de los activos, la actualización de los registros y la verificación del inventario, como resultado se estableció que, a septiembre 30 de 2023, Cenicafé cuenta con 5.019 activos tangibles, adquiridos con recursos propios y de convenios, de los cuales se logró inventariar el 96,4%.

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

Los servicios prestados a la infraestructura fueron gestionados teniendo como base la conservación de las edificaciones de Cenicafé y las necesidades de las Disciplinas de Investigación. Las siguientes son las adecuaciones de infraestructura ejecutadas y las obras de mayor relevancia:

- Reparación de techos en la Estación Experimental Paraguaicito.
- Reparación de humedades en Centro de Documentación e instrumental de la Disciplina de Suelos.
- Adecuaciones eléctricas e iluminación en Estaciones Experimentales La Trinidad, El Rosario y Paraguaicito.
- Adecuación rack y cableado de comunicaciones en los Edificios 2 y 3.

- Adecuación y mejora de equipos del beneficiadero (Estación Experimental La Trinidad).

Con relación al mantenimiento de equipos, en la Tabla 46 se registra el total de equipos a los que se les realizó mantenimiento, así como los instrumentos de medición y equipos críticos atendidos en el subproceso efectuar la gestión metrológica.

Para garantizar el adecuado funcionamiento de las estaciones meteorológicas y la metrología de los instrumentos de medición utilizados en las mismas, se realizaron 434 visitas técnicas y se desmontaron 23 estaciones meteorológicas automáticas y 21 convencionales.

Tabla 46. Cantidades y costos mantenimientos.

Objeto	Mantenimientos internos	Mantenimientos externos	Costo Mill. \$
Infraestructura	440	151	512,4
Equipos	439	508	679,0
Vehículos	47	203	145,1
Total	926	862	1.337

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.

Economía Agrícola

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

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Carmenza E. Góngora B., Microbióloga, Ph.D.
Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo, Ph.D.
Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo, M.Sc., Ph.D.
Lucio Navarro E., Biólogo, Ph.D.
Luis Miguel Constantino C., Biólogo, M.Sc.
Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo
Claudia Patricia Martínez D., Bacterióloga
Luis Eduardo Escobar S., Agrónomo
Juan David Gil González, Administrador de Empresas Agropecuarias
Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café
Carlos Alberto Quintero A.
Claudia Bibiana Tabares B.
Faber de Los Ríos P.
Diana Marcela Giraldo V.
José Robín García C.
Gloria Patricia Naranjo E.
Ramón Antonio Montoya C.
Paula Andrea Figueroa V., Pasante

Fisiología Vegetal

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

Fitopatología

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.
 Carlos Alfonso Doncel B., Tecnólogo Recursos Naturales
 José Didier Bermúdez G., Tecnólogo en Producción Agropecuaria
 Sergio Alejandro Valencia A., Tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias
 Jorge Dicksson Ocampo M.
 José Gilmar Carmona V.
 Ana Sofía Henao D., Aprendiz
 Camila Andrea Gutiérrez 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.
 Andrea Monroy G., Pasante

Mejoramiento Genético

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

Poscosecha

Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico, M.Sc., Ph.D.
 Nelson Rodríguez V., Ing. Químico, Ph.D.
 Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos, M.Sc., Ph.D.
 César Augusto Ramírez G., Arquitecto, M.Sc.
 Álvaro Guerrero A., Ing. Electrónico/Electricista, M.Sc.
 Laura Vanessa Quintero Y., Ing. Química, M.Sc.
 Carlos Alfonso Tibaduiza V., Ing. Agrícola, M.Sc.
 Juan Carlos Vargas R., Arquitecto
 Carol Vanessa Osorio V., Ing. de Alimentos*
 Willy Fernando Rojas B. Ing. Agroindustrial*
 Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
 Jorge Alexander Londoño C., Técnico en Soldadura
 Samuel Castañeda
 Juan Carlos Ortiz F.
 Samuel Osbaldo López G.
 Laura Vanesa Cano R., Pasante
 Cristian Camilo Arboleda O., Pasante
 Cristian David Rendón L., Pasante
 Isabela Velasquez G., Aprendiz

Suelos

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

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.
 Maffi Julieth Arias B., 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 Paraguacito

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

Alejandra Velásquez M., Pasante

Santiago Toro M., Pasante

Manuela Scalzo S., Pasante

Stefany Ramírez C., Pasante

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.

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

Silvana Serrano G., Aprendiz

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas, Contador Público, Esp.

Luz Adriana Jiménez Q., Técnico profesional en Contabilidad y Finanzas

Rufina Perdomo G.

Nancy Elena Pérez M., Contador

Gestión Contable

Jorge Eduardo Dávila M., Contador Público, Esp.

Jesús Danilo González O., Contador, Esp.

Daniela López O., Contadora, Esp.

Natalia Galeano G., Pasante

Gestión de Bienes y Servicios - Compras y Contratación

Ángela Jaramillo G., Prof. en Comercio Internacional, Esp.

Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial

Carolina Correa M., Profesional en Negocios Internacionales

Lina María Giraldo, Administrador Financiero

Lina María Buitrago A., Administrador de Empresas

Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de Negocios

Jesús Alberto Vergara T., Técnico en Sistemas

Brahian Steven Narváez G., Tecnólogo en Contabilidad y Finanzas

Gabriel Antonio Melo P.

Mariana Blandón Q., 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

Robinson Guzmán G., Técnico Electricista

Jorge Hernán Marulanda E., Tecnólogo en Electrónica

Gabriel Hernando Ortiz C., Tecnólogo en Gestión Bancaria y

Financiera

José Gildardo Aguirre O., Tecnólogo en Mantenimiento eléctrico

industrial

Óscar 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

Freddy Alexander Sánchez O.

Uriel López P.

Fredy Hernán Osorio C.

Jhon Fredy Rojo G.

Carlos Andrés Hernández G.

Mario López L.

Ferney Cifuentes R.

Luis Fernando López L.

Andrea Hernández G., Aprendiz

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
Caroline Galvez G., 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
Valentina Osorio V., Administración de Empresas*

* 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.



MÁS AGRONOMÍA
más productividad
MÁS CALIDAD

www.cenicafe.org