



Informe *anual* 2021





Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

COMITÉ NACIONAL

Ministro de Hacienda y Crédito Público

José Manuel Restrepo Abondano

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Rodolfo Enrique Zea Navarro

Ministro de Comercio, Industria y Turismo

María Ximena Lombana Villalba

Director del Departamento Nacional de Planeación

Luis Alberto Rodríguez Ospino

Representante del Gobierno en Asuntos Cafeteros

Marcela Uruña Gómez

Período 1° enero/2019 - diciembre 31/2022

José Eliecer Sierra (Antioquia)

José Alirio Barreto (Boyacá)

Eugenio Vélez Uribe (Caldas)

Danilo Reinando Vivas (Cauca)

Juan Camilo Villazón (Cesar-Guajira)

Javier Bohórquez Bohórquez (Cundinamarca)

Ruber Bustos Ramírez (Huila)

Javier Mauricio Tovar (Magdalena)

Jesús Armando Benavides (Nariño)

Armando Amaya Álvarez (Norte de Santander)

Carlos Alberto Cardona (Quindío)

Luis Miguel Ramírez (Risaralda)

Héctor Santos Galvis (Santander)

Luis Javier Trujillo Buitrago (Tolima)

Camilo Restrepo Osorio (Valle)

Gerente General

Roberto Vélez Vallejo

Gerente Administrativo y Financiero

Juan Camilo Becerra Botero

Gerente Comercial

Juan Camilo Ramos Mejía

Gerente Técnico

Hernando Duque Orrego

Director Investigación Científica y Tecnológica

Álvaro León Gaitán Bustamante

ISSN - 2145-521X

ISSN - 2744-9211 (En línea)

DOI 10.38141/10783/2021

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.

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

Silvanna María de los Ángeles Bustos R.

Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías

Página 15, Jorge Willmar Valencia G.

Página 38, Luis Miguel Constantino C.

Página 68, Santiago Jaramillo

Página 102, www.freepik.es - @katemangostar

Archivo Cenicafé

Impreso por

Cómo Citar:

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2021). Informe Anual Cenicafé 2020. <https://doi.org/10.38141/10783/2021>

Contenido



Resumen ejecutivo

5



Disciplinas de investigación

13

Agroclimatología	15	Entomología	38
Biometría	28	Experimentación	53
Calidad	29	Fisiología Vegetal	54
Economía Agrícola	35	Fitopatología	58
		Fitotecnia	68
		Mejoramiento Genético	77
		Poscosecha	85
		Suelos	89



Disciplinas de apoyo a la investigación

99

Divulgación y Transferencia	101
Tecnología de Información y Comunicaciones	102



Recursos humanos y financieros

109



Resumen **ejecutivo**





Centro Nacional de Investigaciones de Café

Con el propósito de aportar a la rentabilidad de la caficultura, mediante la fundamentación científica que facilite la toma de decisiones a los productores de café, y así adelantar el cambio técnico necesario para cimentar la sostenibilidad económica de la finca, y con ella, la sostenibilidad ambiental y social, Cenicafé adelanta proyectos de investigación para prestar el Servicio de Investigación Científica y Tecnológica del Fondo Nacional del Café. Alineado con el Plan Estratégico de la Federación Nacional de Cafeteros, y bajo la dirección de la Gerencia General y de la Gerencia Técnica, las investigaciones están orientadas en solucionar problemas de producción, calidad y preservación del medio ambiente, señalados por la Comisión de Producción del Congreso Nacional Cafetero, los Comités Departamentales y el Servicio de Extensión, aplicando el método científico para asegurar la repetitividad de los resultados y su validez a nivel nacional.

El Plan Operativo de 2021 se desarrolló como soporte de la estrategia de la Gerencia Técnica “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad”, en las tres acciones bajo control directo del productor para mejorar la rentabilidad económica del cultivo: incrementar la productividad, hacer un uso eficiente de insumos y mano de obra, y aumentar el valor agregado por calidad del grano. Con un total de 106 proyectos de investigación ejecutados durante este año, y con actividades de capacitación y apoyo al Servicio de Extensión, Cenicafé completó un segundo período de operación bajo las condiciones de la pandemia de la COVID-19, destacándose los resultados que se presentan a continuación.

Semilla mejorada para una renovación con resistencia

Para proveer la semilla mejorada que requiere la caficultura en sus planes de renovación con variedades resistentes a la roya y con mejores atributos agronómicos, se distribuyeron 99 toneladas a todos los Comités Departamentales, con un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio del 108%, y con un volumen del 21% adicional a lo entregado en el período anterior. El 49% de la semilla distribuida fue de la Variedad Cenicafé 1, seguida de 25% de las variedades Castillo® Regionales. El 57% de la semilla fue producida en la Estación Experimental Naranja, con las Estaciones de La Catalina, Paraguaicito, La Trinidad, El Tambo

y El Rosario, aportando el 43% restante, para asegurar suministro continuo durante todo el año.

Para fortalecer las variedades multilínea actuales y por su nivel de adaptación a la geografía cafetera colombiana, resistencia a la roya, producción, calidad física del grano y sensorial de la bebida, se inició la propagación masiva en los campos de producción de semilla de cinco líneas mejoradas con porte bajo tipo Caturra, y siete líneas con porte tipo Castillo®. Paralelamente, y con el fin de desarrollar las variedades del futuro, se concluyó la caracterización agronómica de 189 accesiones de la Colección Colombiana de Café (CCC), completando así el estudio de todo el germoplasma de origen etíope conservado, en cuanto a su comportamiento en el campo, producción y atributos de calidad en taza.

Se continuó el programa de cruzamientos y avance generacional orientado a la incorporación de fuentes de resistencia contra la roya, diferentes a las que poseen las variedades comerciales actuales, provenientes de *C. canephora*, *C. liberica*, Híbrido de Timor y *C. arabica*. Finalmente, mediante el uso de marcadores moleculares,

se seleccionaron 235 plantas a nivel de almácigo, portadoras del gen de resistencia contra la roya SH3 proveniente de *C. liberica*. De otro lado, el trabajo con híbridos corroboró el desarrollo de genotipos con menores niveles de broca y mayor productividad, y se confirmó el comportamiento androestéril en 11 genotipos, avanzando en la estructuración de herramientas para una eventual producción masiva de híbridos F1 en café.

Con el fin de registrar las variedades mejoradas ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), se finalizó el proceso de las pruebas DHE - Distinción, Homogeneidad y Estabilidad -, para optar por los Derechos de Obtentor de la variedad Cenicafé 1, y se inició la recopilación de información para obtención del registro de cultivares comerciales de las variedades Cenicafé 1, Castillo® Zona Norte, Centro y Sur, y Tabi. Así mismo, el tamaño de grano despulpado de las nuevas variedades de café fue caracterizado mediante mediciones en las Estaciones Experimentales El Rosario y Naranjal, encontrando de manera preliminar, diferencias estadísticas entre lotes y entre variedades, en las variables espesor, largo y ancho del grano.

Adaptación a la variabilidad climática

Para este período, la Federación contó con una red de estaciones meteorológicas conformada por 202 puestos de observación convencionales y 106 automáticas, distribuidos en 20 departamentos. Desde el trimestre julio-agosto-septiembre de 2020 hasta el trimestre abril-mayo-junio de 2021, se presentó una condición La Niña, que puede continuar entre octubre de 2021 y marzo de 2022. Las comunicaciones anticipatorias para cada mes se realizaron en el Boletín Agrometeorológico Cafetero, publicado en la página agroclima.cenicafe.org.

A partir de la medición del flujo de energía, agua, gases y carbono, mediante la implementación de la técnica de covarianza de torbellinos (Eddy Covariance), en un sistema de producción de zoca de café en su etapa reproductiva, pudo conocerse el potencial sumidero de carbono, con una fijación entre 4,4 y 5,3 t ha⁻¹ de carbono. Se determinó la extracción de nutrientes minerales y la acumulación de carbono en los diferentes órganos de café Variedad Castillo® durante cinco años; así mismo, se generó información acerca del crecimiento y la acumulación de nutrientes en las ramas productivas desde la floración hasta la cosecha.

Con el fin de detectar las posibles tendencias crecientes o decrecientes en el comportamiento de

las lluvias máximas en función de su duración, se determinó que nueve estaciones meteorológicas, distribuidas en las Regiones Cafeteras Centro y Sur, presentan tendencias crecientes significativas, y cuatro estaciones ubicadas en las Regiones Cafeteras Norte y Sur presentan tendencias decrecientes significativas. Mediante el seguimiento de los componentes del balance hídrico para el cultivo de café, se determinó el porcentaje al que corresponde la lluvia efectiva de la lluvia total y cuánto es interceptado por la cobertura vegetal para diferentes densidades de siembra y edades de cultivo.

Por otro lado, se demostró que la baja humedad del suelo puede reducir el crecimiento inicial de café hasta en 50%, y continuaron dos investigaciones para evaluar el efecto de los sistemas de riego (por goteo y aspersión) y fertirriego en la producción y calidad de café, tanto al sol como bajo sombra. Se concluyó el estudio de la evaluación de almacenamiento del agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera de los departamentos del Huila, Antioquia, Tolima, Risaralda y Quindío.

Con respecto a la variable temperatura, se encontró que la mayoría de las estaciones automáticas que funcionaron en paralelo con estaciones convencionales tienen una serie independiente y no darán continuidad a la serie histórica.

En el marco de los proyectos de regalías de los departamentos del Cesar y Quindío, se realizaron dos estudios para definir cómo se discriminan biofísicamente las zonas cafeteras de cada uno. El análisis multitemporal de la dinámica de la estructura de las fincas, entre 2007 y 2017, mostró que el área en café se incrementó en el 29,90% en el Cesar, mientras que Quindío tuvo una disminución del 44,62%, al mismo tiempo que aumentó la densidad de siembra, disminuyó la edad y creció la proporción de área sembrada con variedades resistentes a la roya. Con base en el promedio histórico climático, se construyeron siete índices agroclimáticos, con los cuales se generaron tipologías que permitieron agrupar a las fincas de ambos departamentos en cuatro categorías agroclimáticas.

Uso eficiente de insumos

El efecto del ácido salicílico como inhibidor fenológico de la maduración de frutos de café se evaluó en dos tiempos de aplicación, en las Estaciones Experimentales Paraguaicito y La Catalina sobre café Variedad Castillo®. Los resultados no permitieron recomendar el uso del ácido salicílico dado el bajo efecto sobre la maduración cuando

la retención de pases se extendió por más de 20 días después de la recolección principal.

Igualmente se probó el efecto de un producto comercial enriquecido con carbono para mejorar el crecimiento del café en estado de almácigo, suministrado en tres dosis cada 15 días, desde la emergencia del primer par de hojas verdaderas de la chapola hasta los seis meses en almácigo. Se concluyó que la administración de la fuente carbonatada no incrementó el contenido de biomasa asimilada de los colinos de café, a pesar de la inducción de la maquinaria fotosintética, por lo cual no se recomienda su aplicación.

Se determinó la producción acumulada de las accesiones de la Colección Colombiana de Café, CU1983, CU1825 y Geisha, bajo condiciones de campo, con tratamientos de nitrógeno correspondientes a 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de la dosis recomendada según el análisis de suelo; se presentaron diferencias estadísticas entre ellas, con la accesión Geisha siendo la de menor producción. La variable complementaria fluorescencia de la clorofila no presentó diferencias significativas, indicando que esta técnica no es adecuada para identificar deficiencias de nitrógeno en café.

Los resultados parciales de una investigación sobre el efecto del fósforo en la etapa de establecimiento sugieren incremento en la altura de las plantas y en el diámetro del tallo al aumentar las dosis del nutriente o la forma de su aplicación. También se corroboró el efecto del suministro del fósforo en el crecimiento del café durante la etapa de almácigo, mientras que la respuesta a las micorrizas y microorganismos solubilizadores de fosfatos no fue concluyente. En el Manejo Integrado de Arvenses se identificaron nuevas alternativas de equipos y métodos de aplicación de herbicidas.

Sostenibilidad de los sistemas de producción

La caracterización de visitantes florales confirmó que, bajo los manejos actuales de la caficultura, las plantaciones favorecen una gran biodiversidad, con 566 de especies de insectos, de las cuales 89 fueron abejas nativas y una fue introducida. Estas visitas contribuyen en 16,3% al cuajamiento de los frutos y en 26,9% a la producción de café cereza.

El estudio de bolsas biodegradables como alternativa en el establecimiento de plántulas de café en el campo y su efecto sobre el crecimiento y desarrollo de las raíces en la etapa de levante, permitió determinar que la mano de obra

estableciendo plantas en bolsas de almidón de yuca y polietileno reciclado con acelerante de biodegradación, presentó una reducción de 0,7 jornales frente al testigo sembrado sin bolsa, pero también que el peso seco de las raíces a los seis meses fue inferior al mismo testigo.

En sistemas agroforestales se estimaron indicadores de rendimiento para las podas de mantenimiento de los árboles de sombrío, labor considerada de alto riesgo por tratarse de un trabajo en alturas. Bajo criterios técnicos de manejo, en las especies guamo santafereño, búcaro, guamo macheto y nogal cafetero, se registraron valores promedio de 0,6 a 1,7 jornales/árbol.

Al aplicar métodos de renovación con poda calavera y pulmón, como opción para el ordenamiento de las edades de los lotes y la estabilización de la producción, sus producciones de café cereza durante la segunda cosecha en las localidades El Tambo (Cauca) y La Trinidad (Tolima) indicaron una reducción de la producción hasta en un 70%, comparadas con la primera cosecha; caso contrario, se observó con la renovación a través de zoca convencional, donde la producción se triplicó en la segunda cosecha con respecto a la cosecha del primer año. Comparados con el sistema de safra cero, la zoca tradicional presenta costos inferiores en 42%, y los sistemas calavera y pulmón en 29% y 11%, respectivamente, explicado por el mayor número de años improductivos.

El material de maíz biofortificado SGBIOH2 intercalado con café mostró efecto de las densidades sobre el rendimiento, con máximas producciones alcanzadas hasta 7,8 t ha⁻¹ en un segundo ciclo, al establecer densidades de 60.000 plantas/ha. Así mismo, el valor nutricional del maíz registró altos contenidos de zinc, de hasta 40,48 mg kg⁻¹.

Se utilizó una base de datos con 353.000 registros para caracterizar la fertilidad de los suelos de la zona cafetera en el ámbito departamental y municipal, agrupando los departamentos por sus propiedades químicas.

En el tratamiento de aguas utilizadas en el beneficio del café, los filtros verdes permitieron retener y evapo-transpirar agua a una tasa promedio de 22,7 L (m² d)⁻¹, con una remoción de Demanda Química de Oxígeno (DQO) superior al 70% para las aguas mieles del tanque tina, mayor del 60% para los lixiviados de la mezcla pulpa-agua residual y por encima del 70% para las mieles del Ecomill®. Con estos filtros se han determinado incrementos en

los contenidos de la materia orgánica del suelo, así como de los macronutrientes N, K, y P.

Manejo de plagas y enfermedades

Se corroboró la ausencia de poblaciones resistentes de la broca al clorpirifos, y en el insecto se redujo la expresión de genes mediante la tecnología de liberación de RNA de interferencia (RNAi) en el tracto digestivo, usando bacterias. Se encontró que los frutos de café maduros contienen dos terpenos atrayentes de la broca, que pueden ser sujetos a silenciamiento por medio de la tecnología de edición genética CRISPR. La liberación de parasitoides africanos en una estrategia *area-wide* ha permitido disminuir en el 28% la broca que se dispersa, y en el 68% la que está presente en lotes de primera cosecha. En la retención de pases y uso de lonas durante la cosecha asistida, el manejo inadecuado de la broca puede resultar en un incremento de en la infestación de hasta 22,9%. Así mismo, se completó la publicación de los mapas de vulnerabilidad de la caficultura a la broca para todos los departamentos cafeteros de Colombia.

En los estudios de interacciones de control biológico, *Campsomeris dorsata* (Hymenoptera:Scoliidae) fue identificado como ectoparasitoide de larvas de la chisa *Cyclocephala fulgurata*, y en el conocimiento de la biología de las cochinillas de la raíz, se determinó que el ciclo de vida de *Pseudococcus elisae* (Hemiptera: Pseudococcidae) sobre café dura 98,5 días, poniendo en promedio 242,5 huevos. Este insecto enquista raíces de café a los 10 meses de siembra. Para el control químico

de estas plagas, se identificaron en el laboratorio cinco insecticidas con eficacia superior al 85,0%.

En roya, se caracterizaron poblaciones mediante recolección de esporas presentes en variedades de Cenicafé, sembradas en las Estaciones Experimentales, y estudiando aislamientos monopostulares. Usando marcadores moleculares e inoculaciones cruzadas sobre plantas de café diferenciales, se apreció una gran diversidad clonal, producto de una baja recombinación entre individuos. Se caracterizaron cinco razas, de ellas una nueva para Colombia. Se observa que en una misma hoja hay presencia de aislamientos diferentes, así como entre plantas del mismo genotipo, entre lotes con las mismas plantas. Para continuar profundizando en este estudio, se secuenció y ensambló un nuevo genoma de referencia de roya, basado en la Raza I aislada en Caturra, con tamaño estimado entre 707 y 718 Mbp.

Para la gotera, además de desarrollar Diagramas de Área Estándar para cuantificar severidad en hojas y frutos, se analizaron durante dos años variables de viento, mojadura de la hoja y humedad relativa, en lotes en Cauca y Boyacá, determinando condiciones epidemiológicas para la infección, y se caracterizaron genética y patogénicamente 15 aislamientos, inoculados en hojas y frutos.

Finalmente, se desarrolló un método molecular con PCR tiempo real para el diagnóstico específico y sensible de hongos causantes de antracnosis y de CBD, en caso de su ingreso a Colombia. Igualmente, se están seleccionando fungicidas potencialmente efectivos. La evaluación de un producto inductor de resistencia en almácigos indicó que su aplicación no es efectiva en café.

Valor agregado por calidad

En el secado solar del café, la calidad del grano no es afectada por el uso de cubiertas plásticas con diferentes propiedades ópticas, pero sí se modifica el tiempo del proceso. Adicionalmente, no se han encontrado compuestos tóxicos para la salud humana cuando se hace el secado mecánico de café con combustión directa de Gas Licuado de Petróleo (GLP), y el análisis sensorial de las muestras ha arrojado valores promedio de 80 puntos en la escala SCA. El café obtenido mediante secado mecánico con temperatura del aire de 50°C, presenta una mayor probabilidad de deterioro de la calidad frente al obtenido con 40°C y secado solar. Por otro lado, independiente de la condición de secado con la que se obtenga el café, el tiempo de almacenamiento tiene efecto en el blanqueamiento de los granos. Estudios en la interrupción del secado mecánico, evaluando dos tiempos iniciales de secado (6-12 horas) y cuatro tiempos de interrupción (12-24-36-48 horas), indicaron efectos negativos en la calidad sensorial, con predominancia del defecto terroso.

En cuanto al efecto del secado en la calidad del café natural (CN), combinando el secado solar con el mecánico, se halló una duración entre 9 y 16 días en el proceso, con una mayor expresión de características en el CN, incluidos los atributos sensoriales y el contenido de glucosa; sin observar alteraciones en las variables físicas, químicas o microbiológicas. Cambios en el orden del proceso de secado del CN, de solar con disminución de humedad al 40% a mecánico, y de

mecánico con disminución de humedad al 40% para finalizar con solar, incluyendo solamente solar o mecánico, no generan diferencias en el puntaje SCA, con promedio de 82,9 y máximo de 84,92. Se observaron diferencias en el atributo fragancia/aroma para el secado mecánico, y en el contenido de ácido graso palmítico para el secado solar.

En cuanto a la caracterización química del grano, se desarrolló un modelo preliminar para predecir contenidos de lípidos, cafeína y sacarosa por NIRS, en café tostado. El coeficiente de determinación fue superior al 80% y el error estándar de validación cruzada estuvo entre 0,09-0,90. El modelo discriminante para realizar la clasificación por grado de tueste presentó un valor de exactitud media global del 84%. El modelo predictivo para la determinación del origen de los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Nariño, Santander, Tolima y en la Sierra Nevada (conformado por los departamentos de Cesar, La Guajira y Magdalena), presentó exactitud media global del 92% y error del 8%, siendo la técnica NIRS muy útil para clasificar las muestras de café almendra verde, de acuerdo a la ubicación geográfica de su origen para los departamentos evaluados.

Actualización de tecnologías de la información y comunicaciones

Para ofrecer una plataforma de información actualizada, el equipo de desarrollo de Cenicafé continúa con la estandarización del sistema de trámite y seguimiento de proyectos de investigación SIGA en la plataforma Liferay, mejorando sustancialmente sus prestaciones, así como con la implementación de un nuevo Sistema de Información de Calidad Sensorial, para apoyar la documentación de las actividades de los paneles de catación. En cuanto a los Sistemas de Información Geográfica, se culminó el Atlas Climatológico Cafetero Interactivo, el geoportal para la vulnerabilidad de la caficultura a la broca del café, y el desarrollo de geoportales para el despliegue de información climática en los proyectos de Regalías Cesar y Quindío, que se suman al ya existente para Huila.

Por su parte, el Centro de Documentación ha avanzado en el proceso de sistematización de los recursos de la biblioteca de Cenicafé, con sus tres productos digitales: Catálogo en Línea (KOHA), Repositorio digital (DSpace) y Open Journal System (OJS), además de la implementación de CrossMark, eLocator y Dimensions, para facilitar el acceso a la información científica sobre café.

La presencia de Cenicafé en el ciberespacio incluyó la página web (www.cenicafe.org) con 84.937 usuarios y 208.773 sesiones, la página Agroclima.Cenicafé.org con 15.201 usuarios y 256.511 sesiones, así como la cuenta en Twitter (@Cenicafe), con 250 tweets propios, Instagram (Cenicafe) con 3.790 seguidores y 54 publicaciones, y Facebook (Cenicafe FNC), creada en el 2021, con 4.934 seguidores y un promedio de 93.000 personas alcanzadas por mes. Durante este año se realizaron 26 seminarios científicos virtuales con más de 17.500 visualizaciones, y se publicaron 15 Videos de *Un Minuto de Avance Cenicafé*, a través del canal de YouTube (2.470 suscriptores), con 6.789 visualizaciones.

En cuanto a la distribución física de publicaciones, se entregaron 100.437 ejemplares a Comités de Cafeteros, caficultores y demás

colaboradores de la FNC. Durante el segundo semestre de 2021 Cenicafé participó en la feria presencial Expojeje del Comité del Quindío y dos ferias virtuales: la Feria Mundial de Café y la Primera Feria Internacional Innovación Agropecuaria “El campo Innova”.

Servicio de investigación eficiente

El presupuesto de Cenicafé en el año 2021 ascendió a \$31.405 millones, correspondiente a \$23.171 millones de recursos transferidos por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC), \$5.234 millones de ingresos por aprovechamientos (que incluyen \$4.249 millones para la producción de semilla) y \$3.000 millones por ocho convenios de cofinanciación.

Tal y como se realizó desde el inicio de la pandemia, Cenicafé adelantó el traslado adicional de equipos y muebles para desarrollar actividades de trabajo en casa, al tiempo que se llevaron a cabo acciones para garantizar el cumplimiento del Protocolo de Bioseguridad de la FNC, incluyendo la promoción del proceso de vacunación, completando a la fecha un 97% de los colaboradores con una o dos dosis del esquema de inmunización.

Igualmente se cumplió con el objetivo de mejorar la implementación del Sistema de Gestión Integral (SGI) en el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, donde se resalta el cumplimiento de la norma de calidad en la toma de información y desarrollo de las investigaciones acorde a sus protocolos, así como en el manejo del medio ambiente, obteniendo la re-certificación en las Normas ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015, y en el fortalecimiento de actividades con miras a afianzar

la Seguridad y Salud en el trabajo, recibiendo la certificación OHSAS 45001:2018. De esta manera, Cenicafé, con la orientación de la Gerencia General, la coordinación de la Gerencia Técnica y el acompañamiento de nuestros contratistas en labores agrícolas, aseo y vigilancia, ha logrado completar un año de trabajo bajo los retos que nos impuso la pandemia mundial de la COVID-19, siguiendo las indicaciones de la Coordinación del Servicio de Salud de la FNC,

y con el apoyo decidido del Servicio de Extensión y de los caficultores a lo largo y ancho del país. Es con el convencimiento de que el conocimiento científico es un factor diferenciador del café de Colombia, que el equipo de colaboradores del Centro ha puesto su empeño y dedicación para adelantar los proyectos de investigación que sientan las bases de la sostenibilidad de la caficultura de hoy y del mañana.

A todos muchas gracias.

Álvaro Gaitán B.

Director

Noviembre de 2021



Disciplinas de
investigación





Agroclimatología

Monitoreo meteorológico y servicio agroclimático. ACL101007

Al final del período de este informe se cuenta con una red de estaciones meteorológicas conformada por 202 puestos de observación convencionales y 106 automáticas. La red tiene cobertura en 20 departamentos. Los datos e información derivada son gestionados a través de la plataforma agroclimática cafetera (<https://agroclima.cenicafe.org>). En materia climática, durante los primeros ocho meses del período analizado, la condición de La Niña estuvo presente y su influencia en el comportamiento de las principales variables meteorológicas fue cuantificada, relacionada con mayores aportes pluviométricos en meses como febrero y marzo de 2021 y menores valores térmicos, principalmente de temperatura máxima, entre los meses de marzo y junio de 2021 (Tablas 1 y 2). Los principales centros de monitoreo de El Niño – Oscilación Sur predicen un nuevo evento La Niña, de característica débil, el cual estará presente entre octubre de 2021 y marzo de 2022. Los hechos climatológicos, sus posibles afectaciones y las principales acciones para

reducir su impacto, se comunican de manera anticipatoria en el Boletín Agrometeorológico Cafetero, que se emite mensualmente (<https://agroclima.cenicafe.org/web/guest/boletin-agrometeorologico>).

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 seleccionó el método para calcular la temperatura máxima (Tmax) de la Estación Meteorológica Automática (EMA), que tiene mejor consistencia con los datos de la Estación Meteorológica Convencional (EMC). Se logró identificar el número de discontinuidades en las 36 estaciones analizadas (Figura 1a), y el número de cambios o fallas asociadas a la variable temperatura (Figura 1b), lo cual se confirmó con los análisis estadísticos (Sesgo, índice de concordancia (d) y porcentaje de datos dentro del rango $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (PR05)) los cuales indicaron que los datos de las EMA requieren de ajuste para darle continuidad a la serie de la EMC. Para corregir el sesgo a las temperaturas se aplicaron el mapeo de cuantiles (QM) y la constante aditiva. Los resultados sugieren que los ajustes de QM mejoran el sesgo promedio en todas las estaciones, pero no necesariamente resuelven el PR05 y, el método de la constante aditiva se limita a la serie de calibración, donde se tiene certeza de los valores que sobrestiman o subestiman por encima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ a los de la EMC. En temperatura media (Tmed) las estaciones Naranjal, La Catalina, Paraguaicito, Pueblo Bello, Blonay, Gabriel María Barriga, Simón Campos, Cocorná, El Rosario, Misiones y La Cristalina, pueden dar continuidad a la serie histórica de la EMC sin necesidad de hacer ajuste en la serie de la EMA. La Bella puede dar continuidad a la serie histórica, si se aplica el método QM. La serie de Tmax de las EMA funcionará como serie independiente, excepto en la estación Gabriel María Barriga, que puede dar continuidad a la serie histórica de la Tmax de la EMC. En temperatura mínima (Tmin) las estaciones Planalto, Naranjal, Paraguaicito, Pueblo Bello, Blonay, El Agrado, La Bella, El Rosario, Manuel M. Mallarino, La Trinidad, El Rubí y El Sauce pueden dar continuidad a la serie histórica de la Tmin de la EMC sin necesidad de hacer ajuste en la serie de la EMA. El resto de estaciones continúan como series independientes.

Tabla 1. Comportamiento de la precipitación (mm), acumulado mensual, entre oct/2020 – sep/2021 y su relación con la climatología (1990 – 2019).

Año	Mes	Precipitación - mm - Valor menor (<), mayor (>) o igual (=) que la climatología	Cesar	Santander	Antioquia	Caldas		Tolima	Risaralda	Quindío	Valle del Cauca	Cauca	
			Valledupar	Floridablanca	Venecia	Chinchiná		Líbano	Pereira	Buenavista	Sevilla	El Tambo	
			Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	Cenicafé	Naranjal	La Trinidad	La Catalina	Paraguaitico	La Sirena	Manuel Mejía	
2020	Octubre	<	207		264	213			135	166	156	130	
		=		165			299						
		>						330					
	Noviembre	<				174	206	169	222	197			
		=	195		309						272	327	
		>		231									
	Diciembre	=	61	53	140	201	219	124	174	209	218	267	
		<	0	26				105		57		164	
		=				133	211		128		131		
2021	Enero	>			144								
		=	29		125					185	123	183	
		>		151		247	288	206	250				
	Febrero	=	53							266			
		>		172	233	406	348	230	276		375	251	
		<		114				221		190			
	Marzo	=			256		275		218		264	190	
		>	227			307							
		<	175	114				218	190				
	Abril	=			312	242	280			194	199		
		>										198	
		<		117	271	182	252						
	Mayo	=						233	255	222	153	166	
		>	250										
		<											
Junio	=												
	>												
	<												

Continúa...

...continuación.

Año	Mes	Precipitación - mm - Valor menor (<), mayor (>) o igual (=) que la climatología	Cesar	Santander	Antioquia	Caldas	Tolima	Risaralda	Quindío	Valle del Cauca	Cauca	
			Valledupar	Floridablanca	Venecia	Chinchiná		Líbano	Pereira	Buenavista	Sevilla	El Tambo
2021	Julio	<			144		185				20	
		=		132		197		72		91	108	
		>	186						162			
	Agosto	=		130								
		>	455		526	261	317	328	195	244	386	191
	Septiembre	<										78
		=	302	122			209		135	157		
		>			368	268		261			195	

Tabla 2. Comportamiento de la temperatura máxima (°C), promedio mensual, entre oct/2020 y sep/2021 y su relación con la climatología (1990 - 2019).

Año	Mes	Precipitación - mm - Valor menor (<), mayor (>) o igual (=) que la climatología	Cesar	Santander	Antioquia	Caldas	Tolima	Risaralda	Quindío	Valle del Cauca	Cauca
			Valledupar	Floridablanca	Venecia	Chinchiná		Líbano	Pereira	Buenavista	Sevilla
2020	Octubre	<		23,1		26,2		23,5			
		=			24,3						
		>	27,4				26,9		27,4	28,0	25,7

Continúa...

...continuación.

Año	Mes	Precipitación - mm - Valor menor (<), mayor (>) o igual (=) que la climatología	Cesar	Santander	Antioquia	Caldas		Tolima	Risaralda	Quindío	Valle del Cauca	Cauca	
			Valledupar	Floridablanca	Venecia	Chinchiná		Líbano	Pereira	Buenavista	Sevilla	El Tambo	
			Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	Cenicafé	Naranjal	La Trinidad	La Catalina	Paraguaicito	La Sirena	Manuel Mejía	
2020	Noviembre	<		22,7	23,6	25,8							
		=	26,1				26,3	24,0		27,2			
		>							27,2		24,8		
	Diciembre	<		22,7		26,5		24,1					
		=			24,5		26,8		27,2	27,4	23,6		
		>	26,9										
2021	Enero	<		23,2		27,2		24,6		27,8			
		=			25,5		27,7		27,6		23,7		
		>	27,9										
	Febrero	<		23,1		27,4		24,6		28,2			
		=			25,8		27,7		28,2		24,3		
		>	29,4										
	Marzo	<		22,3	24,2	25,7	26,0	23,4	26,0	27,0	23,7		
		=	28,5										
	Abril	<		23,1	24,7	26,3	25,9	24,3	26,1	26,6	23,3		
		=	27,6										
	Mayo	<		23,1		26,7						23,6	
		=			25,0		26,3	24,2	26,8	27,4			
		>	27,4										
	Junio	<		22,6	24,4	26,2	25,6	23,7	26,3	26,7	23,1		
		=	27,1										
	Julio	<		23,0		27,1	26,5		26,8	27,8	24,2		
		=	27,6		25,4			24,8					
	Ago.	<	26,9	22,4	24,5	26,2	25,8	24,6	26,4	27,5	24,2		
		=											
	Sep.	<		23,2	24,6	26,5	26,2	24,7	26,8	27,6	24,0		
		=	26,8										

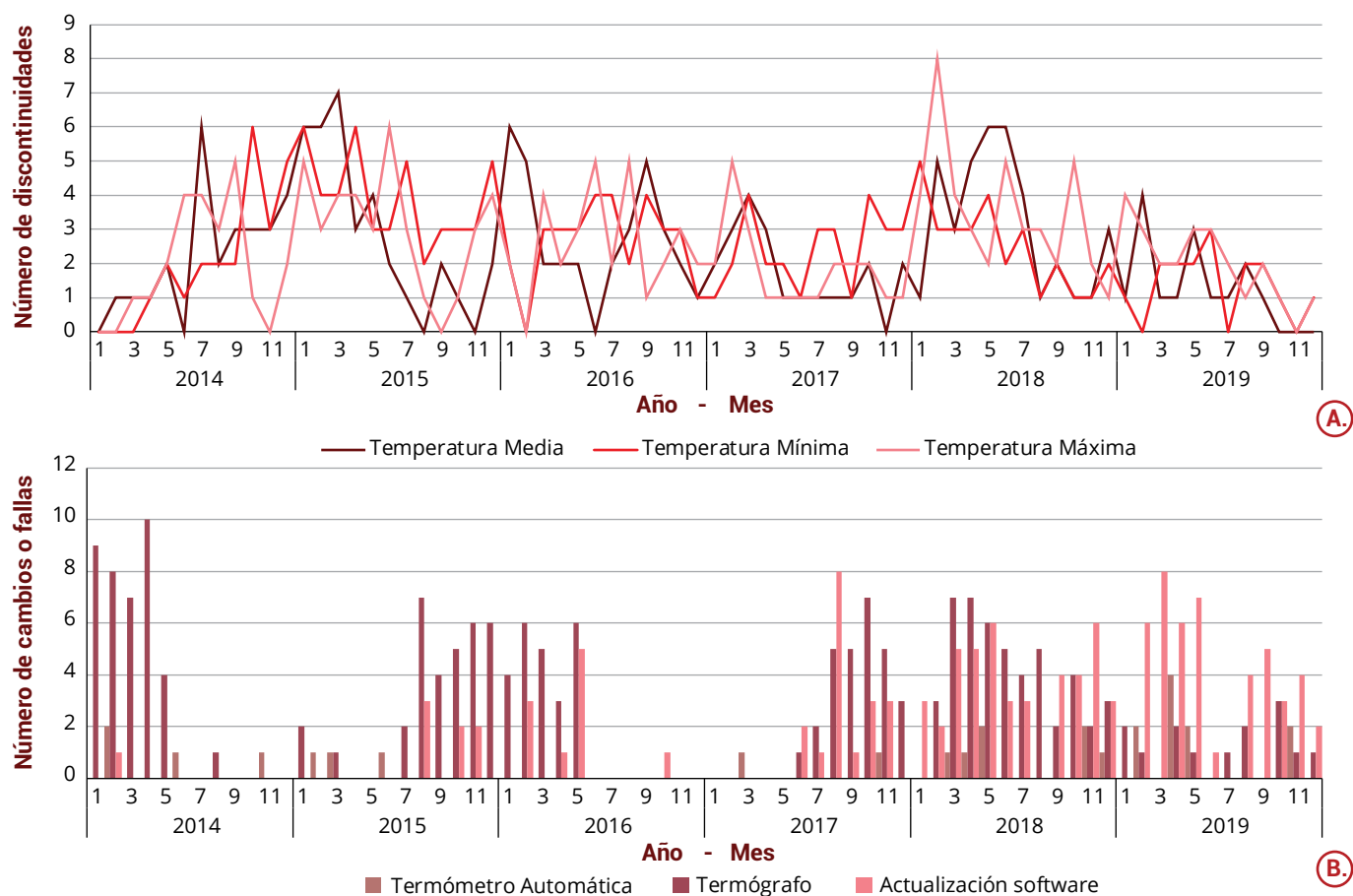


Figura 1. A. Cantidad total de discontinuidades o fallas encontradas en las 36 estaciones a nivel mensual. **B.** Cantidad de cambios o fallas en las 36 estaciones a nivel mensual.

Determinación del comportamiento de intensidades de lluvias máximas en función de su duración, para diferentes períodos de retorno. ACL102010

Advertir sobre el comportamiento de las lluvias máximas en función de su duración para diferentes períodos de retorno y detectar las posibles tendencias positivas o negativas, permite desarrollar estrategias de adaptación relacionadas con el manejo del cultivo, la planificación de cuencas y los planes de uso, manejo y conservación de suelos. En este avance se presentan los resultados de las tendencias de precipitación máxima en una hora, utilizando el análisis innovador de tendencias (ITA, por sus siglas en inglés) y la prueba Mann Kendall, para 59 estaciones meteorológicas con datos entre 1954 y 2019. Los resultados indican que 13 estaciones manifestaron tendencias significativas basadas en el método ITA, y cuatro de ellas también presentaron tendencias significativas en la prueba Mann Kendall. No se encontró un patrón claro en las tendencias detectadas con base en las estaciones analizadas. Además, se construyeron las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) para las series completas y se confirmó que la distribución Gumbel es la que proporcionó una buena capacidad de ajuste a las series de precipitación máxima en la región cafetera (Figura 2). De forma general, en la zona cafetera colombiana, en el período de retorno de dos años, las intensidades de lluvia varían desde 27 mm h^{-1} a 65 mm h^{-1} para precipitaciones de duración de 1,0 h. Para investigar las intensidades

máximas de lluvia en 24 horas y su período de retorno, se utilizaron dos series, la primera teniendo en cuenta el día meteorológico y, la segunda sumando continuamente 24 horas móviles independiente del día. En conclusión, utilizando la segunda serie, se obtuvieron mayores valores de precipitación en tiempos de retorno de 10 hasta 100 años.

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

A partir de la medición del flujo de energía, agua, gases y carbono, mediante la implementación de la técnica de covarianza de torbellinos, en un sistema de producción de zoca de café en

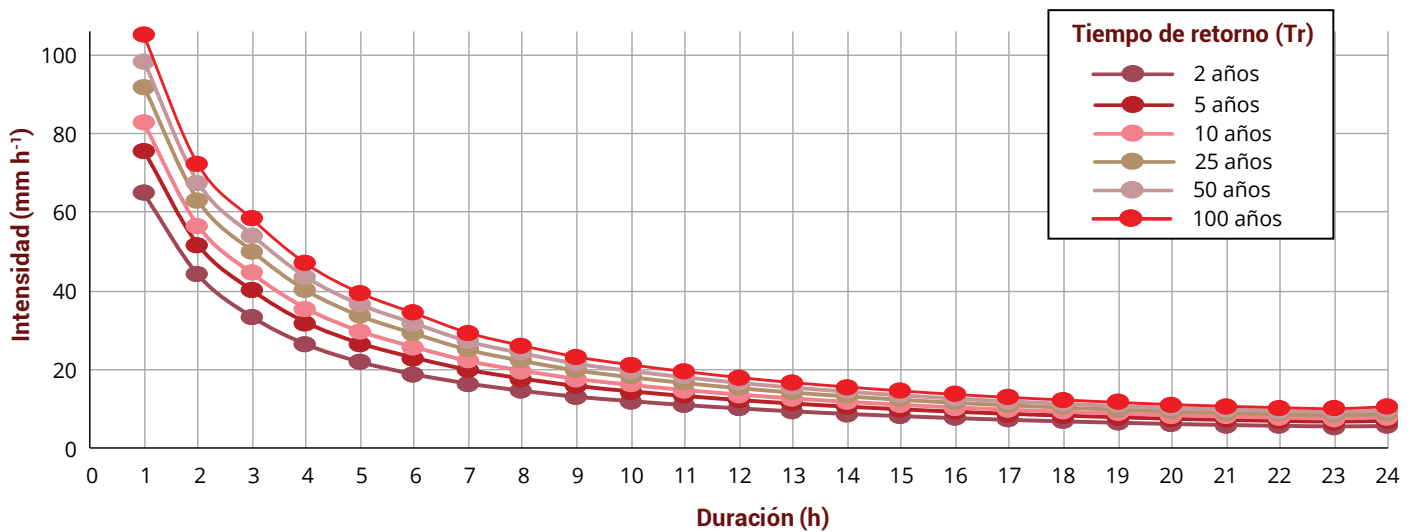


Figura 2. Curva IDF de la estación Santa Helena (Marquetalia, Caldas).

su etapa reproductiva, ubicado en la Estación Experimental Paraguacito, se pudo conocer el potencial sumidero de carbono. A partir del balance de intercambio neto de carbono del ecosistema, durante el período analizado, entre el mes 15 y el mes 26 después del zoqueo, primero de producción, se fijaron 479 g m⁻² de C (Figura 3). En el período analizado el sistema se comportó como sumidero de carbono con un potencial de fijación entre 4,4 y 5,3 t ha⁻¹ de C. La energía, medida como radiación neta, 262±5,2 W m⁻², se disipó en calor sensible entre 34% y 43%, en calor latente entre 55,6% y 64,9% y calor del suelo entre 1,3% y 0,8%. Los componentes del intercambio gaseoso mostraron una evolución estable; en la Tabla 3 se observa que, en el mes de mayo de 2021, se presentó la mayor eficiencia evapotranspirativa, lo que determinó el más alto coeficiente del cultivo (Kc), que en promedio para el año fue de 1,0 ±0,026.

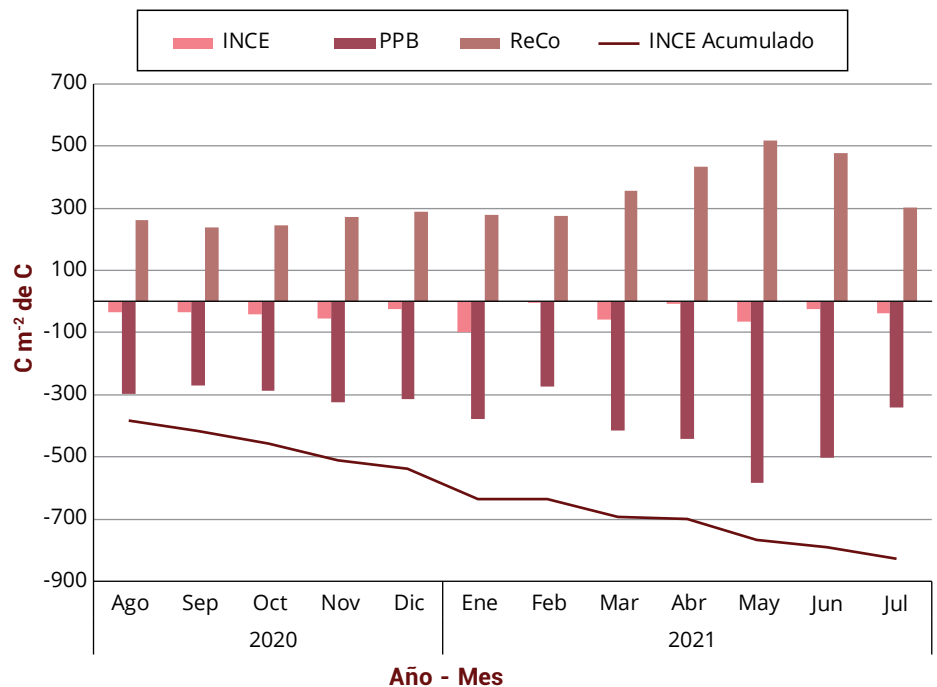


Figura 3. Flujos de carbono mensual (g m⁻² de C), en un sistema de producción de café en etapa de zoca en primer año de producción, a libre exposición solar (los valores negativos corresponden a fijación y los positivos a emisión). Intercambio neto de carbono del ecosistema (INCE), productividad primaria bruta (PPB), respiración del ecosistema (ReCo). Las barras en el INCE acumulado corresponden a la desviación estándar.

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

Mediante el seguimiento de los componentes del balance hídrico para el cultivo de café, se determinó el porcentaje al que corresponde la lluvia efectiva de la lluvia total, y cuánto es interceptado por la cobertura vegetal, para diferentes densidades de siembra y edades de cultivo. Para café a libre exposición en etapa

Tabla 3. Dinámica de la evapotranspiración del cultivo (ETc) mm día⁻¹, evapotranspiración de referencia (ETo) en mm día⁻¹ y el coeficiente del cultivo (Kc), ± Error Estándar, en un sistema de zoca de café a libre exposición en etapa reproductiva.

Año-mes	ETc (mm)	ETo (mm)	Kc
ago-20	2,9 ± 0,16	3,1 ± 0,17	0,93
sep-20	3,3 ± 0,15	3,7 ± 0,19	0,88
oct-20	3,2± 0,15	3,5± 0,16	0,93
nov-20	3,3± 0,18	3,2± 0,19	1,03
dic-20	2,9 ± 0,15	3,3 ± 0,19	0,89
ene-21	3,5 ± 0,15*	3,4 ± 0,18	1,03 *
feb-21	3,0 ± 0,16*	3,0 ± 0,16	1,01 *
mar-21	3,5 ± 0,21	3,3 ± 0,20	1,08
abr-21	3,2 ± 0,24	3,3 ± 0,24	0,97
may-21	3,8 ± 0,21	3,2 ± 0,24	1,20
jun-21	3,3 ± 0,22	3,1 ± 0,23	1,04
jul-21	3,2 ± 0,21	3,2 ± 0,22	1,02

*Valores de evapotranspiración y coeficiente de cultivo, ajustados por estrés hídrico.

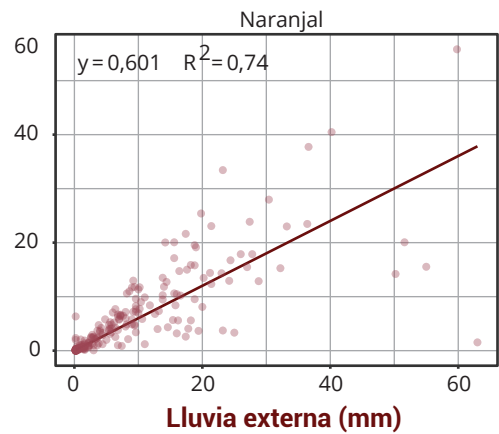
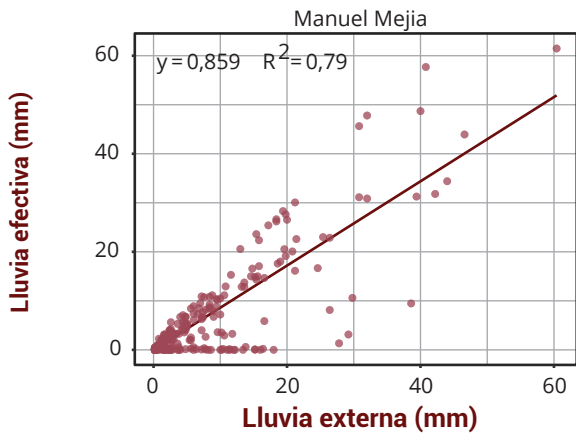
productiva en ciclo de siembra, con densidad de 10.000 plantas/ha, la lluvia efectiva corresponde entre el 60% y el 73% de la lluvia externa diaria y para cultivos con densidad de 7.140 plantas/ha en etapa reproductiva del ciclo de zoca, corresponde al 77%. Para cultivos en los primeros meses del ciclo de zoca a libre exposición, es el 81% de la lluvia externa diaria y cuando está intercalado con maíz, varía entre el 35% y 85%, según la edad del cultivo de maíz. De acuerdo con la intensidad de la lluvia, varían los porcentajes de interceptación y lluvia efectiva (Figura 4). Con el fin de establecer los parámetros que describen el comportamiento del agua en el suelo, a partir de resultados de análisis de laboratorio, se evaluaron dos modelos: Brooks y Corey (1964) y Van Genuchten – Mualem (1980), para la curva de retención de humedad en diferentes profundidades y estaciones experimentales. El mejor desempeño

se obtuvo para el modelo de Van Genuchten, a partir del cual se continuarán los análisis de los demás componentes del balance hídrico.

Identificación de zonas con características agroclimáticas similares en los departamentos de Cesar y Quindío. ACL103005 y ACL103006

En el marco de dos proyectos de Regalías, convenios 2019-02-1486 y 002 de 2020 FNC CN – 2020-0579, se realizaron dos estudios para definir cómo se discriminan biofísicamente las zonas cafeteras de los departamentos del Cesar y Quindío. Se estructuraron bases de datos de los recursos biofísicos cafeteros por cada departamento, las cuales se analizaron con técnicas estadísticas, geoestadísticas y juicio experto. El análisis multitemporal de la dinámica de la estructura de las fincas, entre 2007 y 2017, mostró que el área en café se incrementó en 29,9% y se aumentó por finca el área dedicada en café en 4,1% en el Cesar (Tabla 4), mientras en Quindío se observó una disminución del área cafetera en 44,62% y una reducción por finca del área dedicada al cultivo en 16,7% (Tabla 5). En ambos casos, no se estableció un patrón espacial u orográfico, que explicara los cambios en áreas (Figuras 5 y 6). Otros aspectos agronómicos como aumento en densidad de siembra, disminución en edad y aumento en variedades resistentes a la roya, fueron identificados en ambos departamentos. Con relación a un año Neutro (2013), en un año El Niño (2015) se disminuye la precipitación y aumentan el brillo solar y la temperatura; por el contrario, en La Niña (2011) aumenta la precipitación y disminuyen la temperatura y el brillo. Con una base del promedio histórico climático se construyeron siete índices agroclimáticos, con los cuales se generaron tipologías que permitieron agrupar en cuatro categorías agroclimáticas a las fincas de ambos departamentos (Figuras 7 y 8). Para el caso de Cesar las clasificaciones agroclimáticas tienen un común denominador, una condición de déficit hídrico prolongado entre los meses de diciembre y marzo, con alta oferta de brillo solar, mientras en Quindío estas mostraron dependencia de la precipitación anual, el brillo solar anual y las décadas con déficit hídrico en floración.

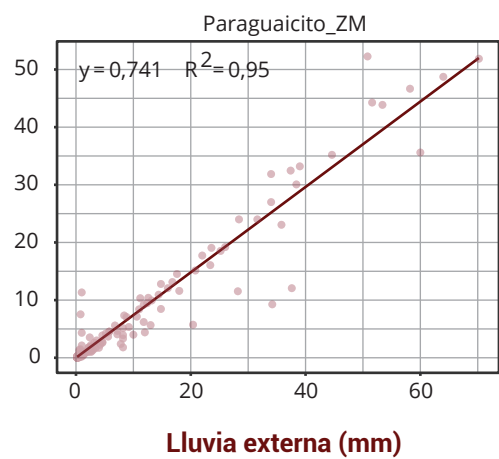
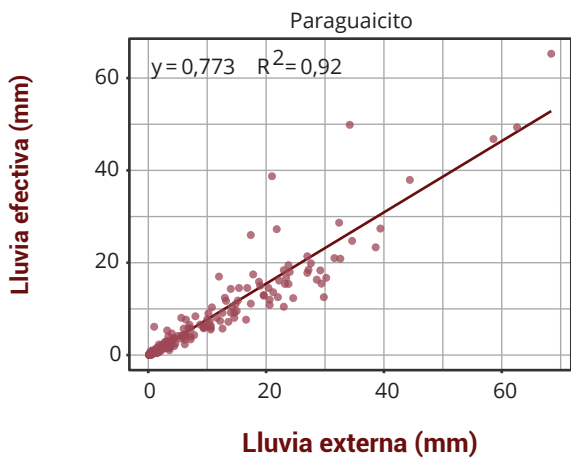
Ciclo de siembra - 10.000 plantas/ha



Etapa reproductiva

Ciclo de zoca - 7.140 plantas/ha

Zoca + Maíz



Ciclo de siembra - 10.000 plantas/ha

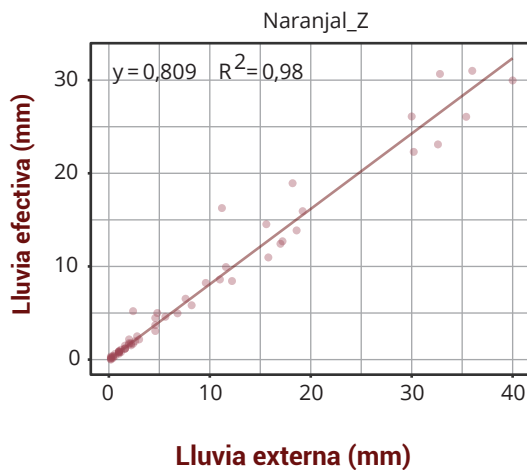


Figura 4. Relación entre la lluvia efectiva y la lluvia externa diaria para los ciclos de siembra y zoca del cultivo de café en diferentes etapas fenológicas.

Tabla 4. Cambios en la propiedad y tamaño de las fincas en el departamento del Cesar.

Año	Número de fincas	Área total fincas (ha)	Área total en café	Cambio en área cafetera respecto a 2007	Tamaño promedio por finca (ha)	Porcentaje de área dedicada a café por finca
2007	5.035	145.106	21.044		4,2	14,5%
2009	5.807	154.161	22.087	5,0%	3,8	14,3%
2011	7.415	174.991	25.558	21,5%	3,4	14,6%
2013	8.724	200.780	30.044	42,8%	3,4	15,0%
2015	8.619	193.495	29.846	41,8%	3,5	15,4%
2017	8.379	180.537	27.336	29,9%	3,3	15,1%
2007*	66,4%	24,4%	29,9%		-21,9%	4,4%

*Cambio respecto a 2007

Tabla 5. Cambios en la propiedad y tamaño de las fincas en el departamento del Quindío.

Año	Número de fincas	Área total fincas (ha)	Área total en café	Cambio en área cafetera respecto a 2007	Tamaño promedio por finca (ha)	Porcentaje de área dedicada a café por finca
2007	7.794	67.895	42.889		5,50	63,17%
2009	7.775	67.161	40.157	-6,37%	5,16	59,79%
2011	6.547	52.276	31.140	-27,40%	4,76	59,57%
2013	6.374	50.691	28.873	-32,68%	4,53	56,96%
2015	6.121	48.256	27.019	-37,00%	4,41	55,99%
2017	5.880	45.120	23.753	-44,62%	4,04	52,64%
2007*	-24,56%	-33,55%	-44,62%		-26,59%	-16,66%

*Cambio respecto a 2007

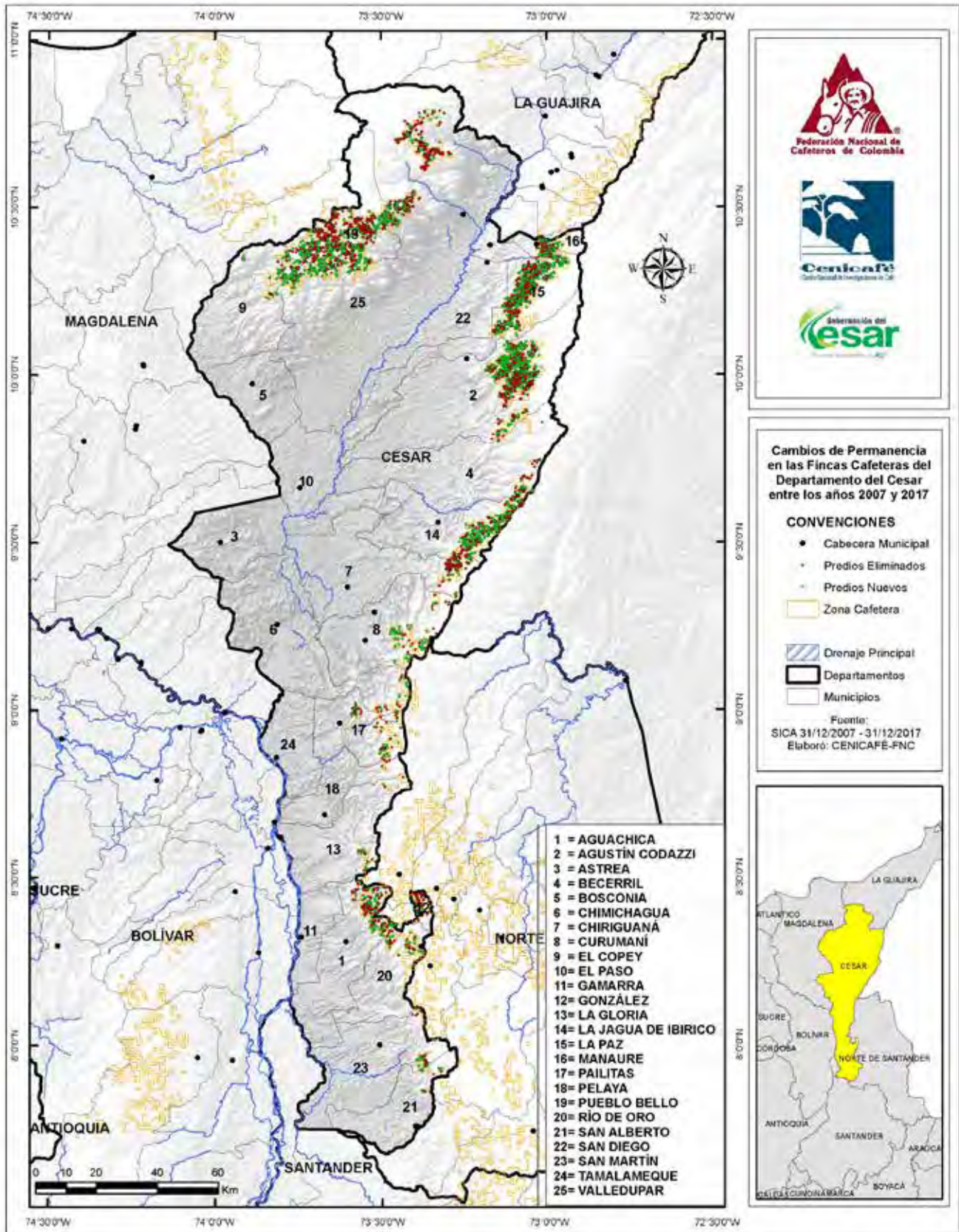


Figura 5. Análisis espacio temporal de las fincas cafeteras nuevas y las que se eliminan entre el año 2007 y 2017, en el departamento del Cesar.

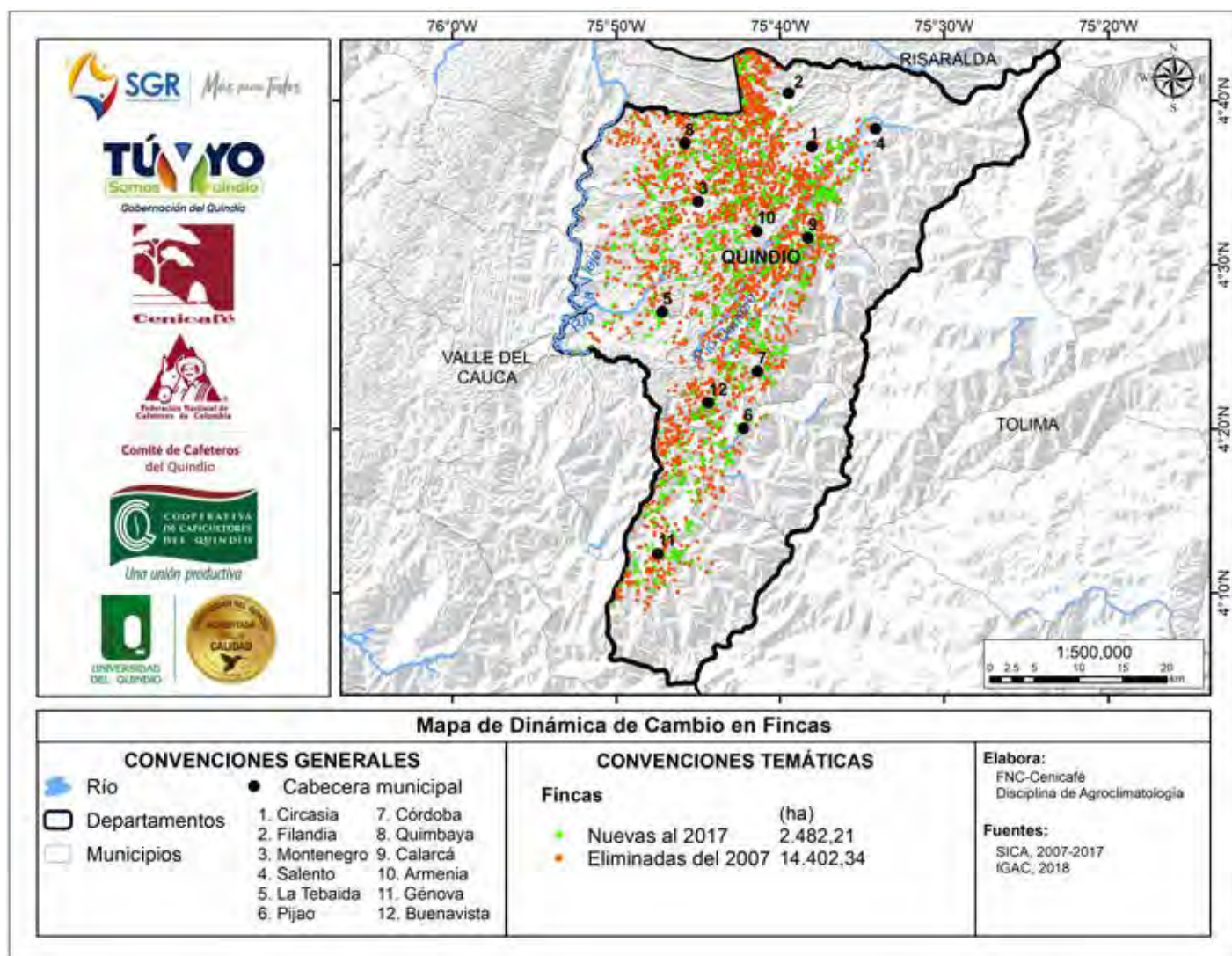


Figura 6. Análisis espacio temporal de las fincas cafeteras nuevas y las que se eliminan entre el año 2007 y 2017, en el departamento de Quindío.

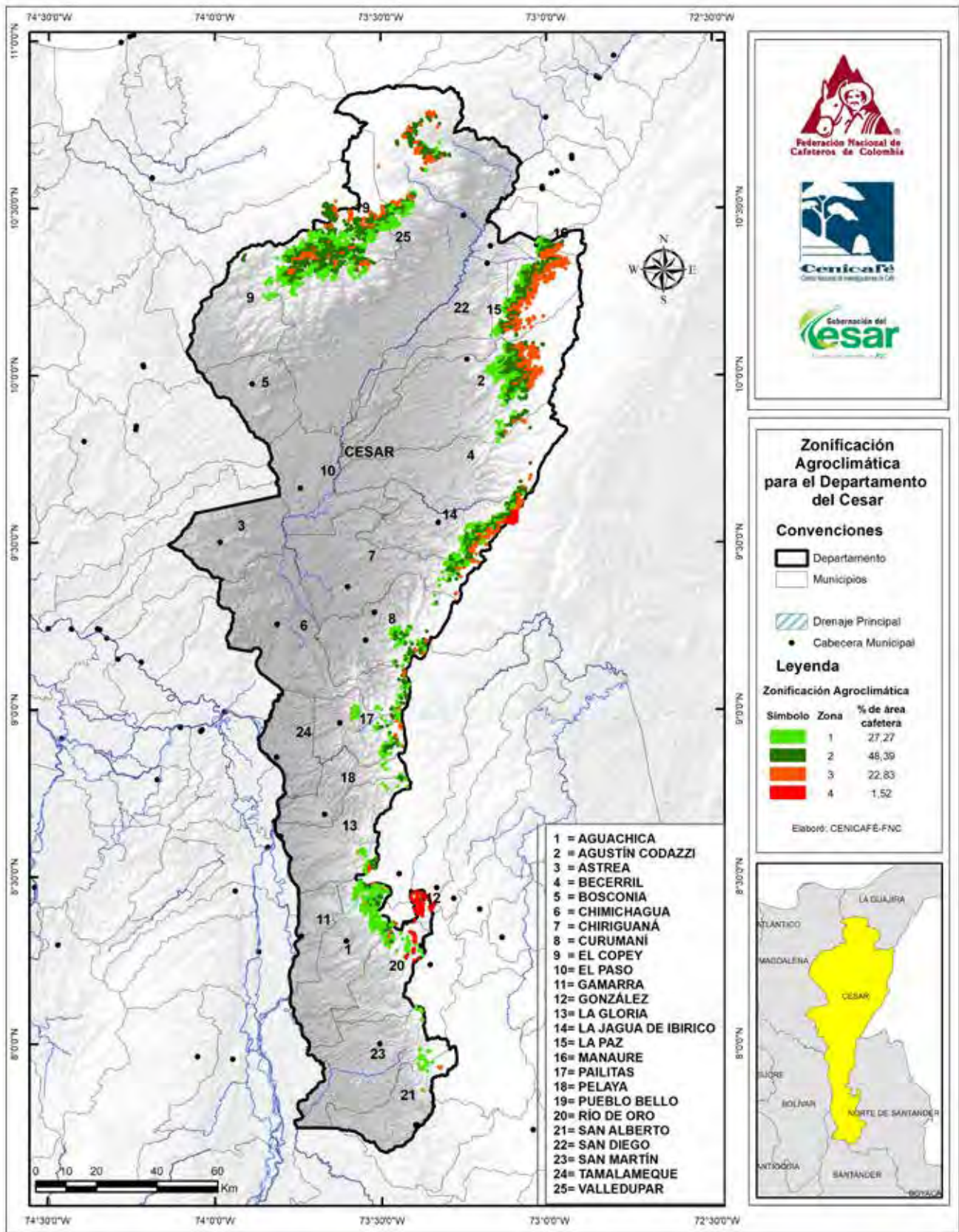


Figura 7. Distribución de las zonas cafeteras con características agroclimáticas similares en el departamento del Cesar.

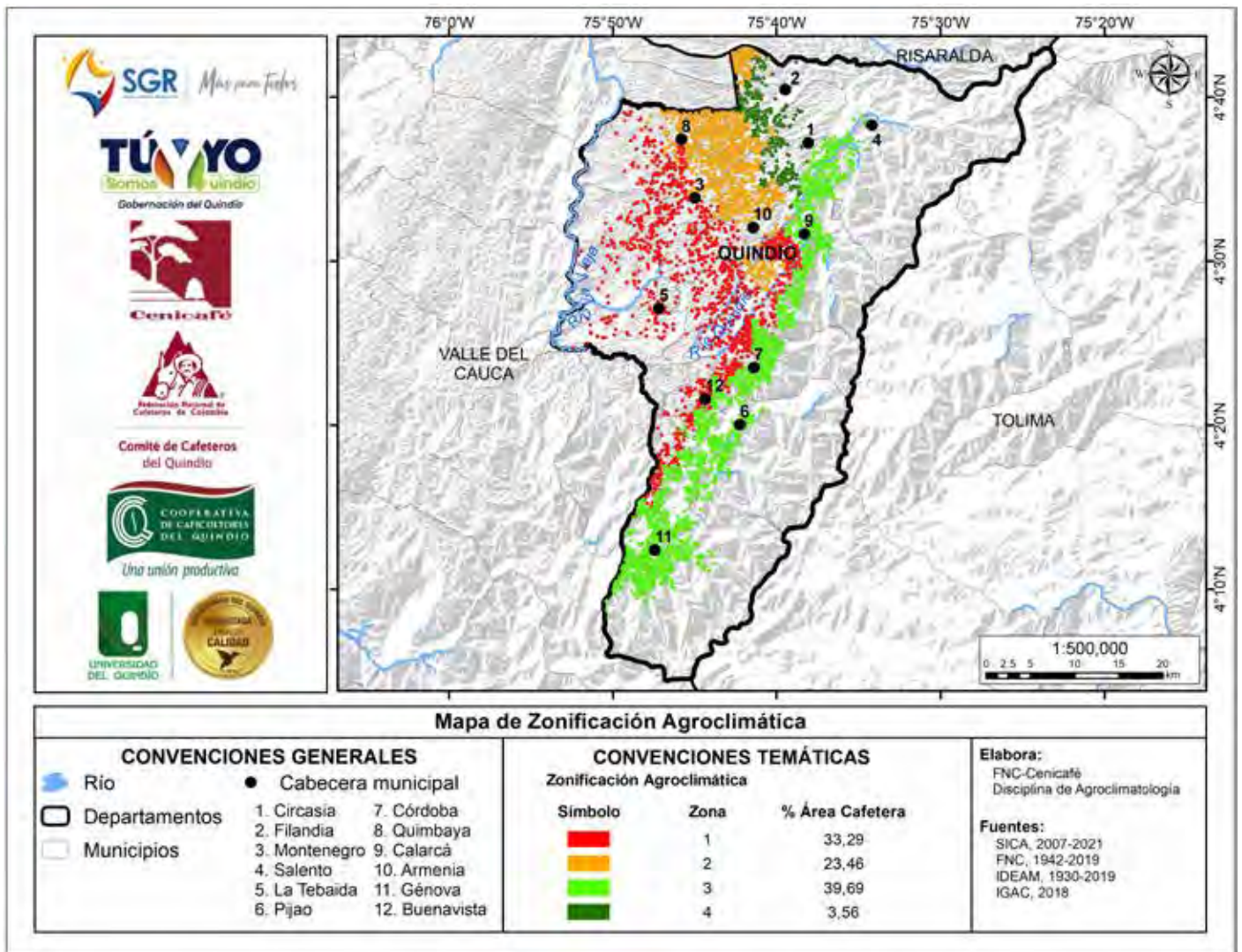


Figura 8. Distribución de las zonas cafeteras con características agroclimáticas similares en el departamento del Quindío.



Biometría

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

Con el fin de caracterizar el tamaño de grano despulpado de las variedades Cenicafé 1, Castillo® Zona Centro, Castillo® Rosario y Castillo® General, iniciaron las mediciones de grano en las Estaciones Experimentales El Rosario y Naranjal. Preliminarmente, se presentaron diferencias estadísticas, según prueba

REGWQ al 5%, entre lotes y entre variedades, en las variables espesor, largo y ancho del grano despulpado.

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

Los resultados obtenidos al aplicar métodos de clasificación para identificar procedencias del café a partir de la huella espectral de los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Nariño, Santander, Tolima y Sierra Nevada, muestran que no se logran clasificaciones superiores al 74% con métodos como máquinas de vector soporte, Bosques Aleatorios y clasificador Naive Bayes; resultados que conllevan a evaluar otras técnicas con las cuales se pueda, más allá de identificar orígenes, agrupar cafés con características similares, que puedan ser producidos en diferentes zonas (Análisis Clúster).



Calidad

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

Se evaluó el efecto del secado del café natural (CN), en sus características físicas, sensoriales, químicas y microbiológicas. Los tratamientos consistieron en seis modalidades porcentuales de secado, en las cuales se inicia con secado solar (S) y se complementa mecánicamente (M): S100%, S45%+M, S50%+M, S55%+M, M100% y un testigo (café lavado-M100%). El proceso de secado de CN se ajustó a una expresión de tipo logarítmico, alcanzando un nivel de humedad adecuado 10%-12%, entre 9 y 16 días. El CN presentó un promedio de 50,00% de merma, 42,59% almendra sana y pasilla entre 6,0% y 6,6%. Respecto a la calidad sensorial, los tratamientos, S45%+M y S50%+M, presentaron descriptivamente, mayor fragancia y aroma, frente al testigo (Figura 9). En todos los tratamientos, el contenido de lípidos estuvo entre 10,2% y 10,5%, la cafeína entre 1,16% y 1,20% y la teobromina 0,02%. Los ácidos palmítico, linoleico, oleico, esteárico y araquídico no presentaron variaciones entre los tratamientos; tampoco la concentración de ocratoxina A, cuyos niveles fueron en promedio 7,0 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para CN y 6,4 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para el café lavado. La actividad del agua fue $<0,6$ en todos los tratamientos. Los tratamientos de

CN presentaron mayor contenido de glucosa frente al café lavado, el contenido máximo de glucosa se encontró en el tratamiento con secado 100% solar con un valor de 1,6 g kg^{-1} y el contenido máximo de fructosa se encontró en el tratamiento S55%+M (combinado, con disminución del porcentaje de humedad al 55% por secado al sol y finalizando con secado mecánico) con un valor de 1,7 g kg^{-1} (Figura 10). Desde el punto de vista microbiológico no hubo cambios en las poblaciones de bacterias, mohos y levaduras por efecto de los tratamientos. Los resultados permiten concluir que, es posible obtener café natural con características de calidad reproducibles y alto contenido de glucosa.

Evaluación del efecto de la combinación de procesos de secado en la calidad del café natural. Q- Project

Con el fin de conocer el efecto en los cambios en el orden del proceso de secado de cafés naturales en la calidad del café, se evaluaron cuatro tratamientos: secado al sol 100% (S); secado mecánico 100% (M); secado al sol con disminución del porcentaje inicial de humedad al 40% y finalizando con secado mecánico (S40M) y café secado mecánico con disminución del porcentaje inicial de humedad al 40% finalizando con secado solar (M40S). Todos los tratamientos finalizaron cuando el porcentaje de humedad final del café estuvo entre el 10% al 12%. Cada tratamiento contó con cinco unidades experimentales. La evaluación se realizó con el diseño bloques completos al azar, donde el factor de bloqueo fue la masa de café cereza maduro, cosechado en cinco momentos diferentes. Para cada uno de los tratamientos y unidades experimentales se realizó la evaluación sensorial con el protocolo SCA (*Specialty Coffee Association*). La determinación de la composición química se realizó mediante la técnica de espectroscopia infrarrojo cercano NIRS.

El tiempo promedio de secado del tratamiento solar fue de 14 días, para el secado mecánico 8 días y para los tratamientos asociados a combinaciones y cambios estuvo en 12 días, esta disminución en comparación con el solar está asociado a la interacción con el secado mecánico (Tabla 6 y Figura 11). Las muestras no presentaron defectos sensoriales. No hubo diferencias, según el análisis de varianza, para el puntaje total SCA obtenido entre tratamientos. Se obtuvo un puntaje promedio de 82,9 puntos con un máximo de

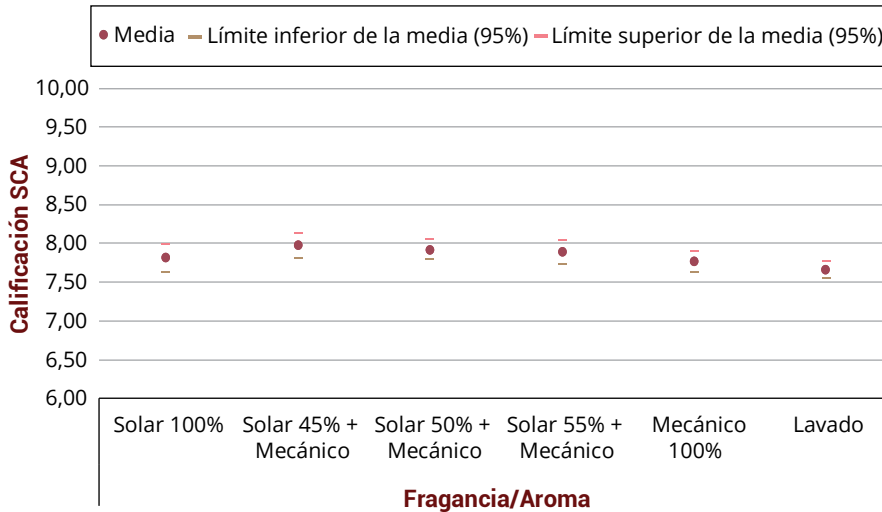


Figura 9. Media e intervalos de confianza de la fragancia y el aroma del café natural y el café lavado.

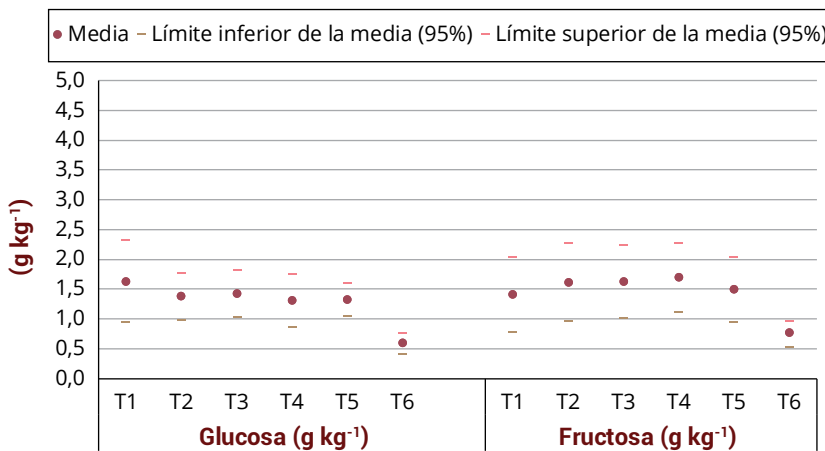


Figura 10. Media e intervalos de confianza del contenido de glucosa y fructuosa del café natural (T1 a T5) y el café lavado (T6).

84,92 puntos. El atributo fragancia/aroma fue diferente a favor del tratamiento 100% mecánico (M) con un valor promedio de 8,01 y la variable ácido graso palmítico fue diferente en la composición química para el tratamiento 100% solar (S) con respecto al tratamiento 100% mecánico (M), con valores de 40,11% y 38,69%, respectivamente.

Tabla 6. Promedio, máximo y mínimo del tiempo de secado de café natural.

Tratamiento	Promedio (días)	Máximo (días)	Mínimo (días)
S - 100% solar	14	17	9
M - 100% mecánico	8,6	11	5
S40M - Solar y mecánico	11,4	15	8
M40S - Mecánico y solar	12,6	17	9

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

Se evaluó el efecto de la interrupción del secado mecánico del café lavado. Se realizó un experimento con diseño factorial 2x4+1; con dos tiempos de secado, 6 y 12 horas, y cuatro tiempos de interrupción: 12, 24, 36 y 48 horas, y un testigo con secado mecánico sin interrupción. Se realizaron análisis físicos, sensoriales, químicos, microbiológicos y de inocuidad asociados a ocratoxina A. Para los tratamientos con interrupción se determinó el contenido de humedad intermedia del café pergamino. Se observó que, en promedio, cuando se aplicó un tiempo de secado de 12 h, se alcanza a disminuir a valores de 42,29%, con diferencias de 4,97% y 9,90% con los tratamientos de secado de 6 horas y con la humedad inicial del café lavado, respectivamente (Tabla 7). Para la variable almendra sana no hubo diferencias entre los tratamientos, es decir, la interrupción durante el secado mecánico no tiene efecto en esta variable. En promedio, se obtuvo un valor 76,76% (Tabla 8). En cuanto a la proporción de muestras con defecto, independiente del tiempo de secado inicial, después de 36 horas de interrupción, la proporción de defectos sensoriales se incrementa. La carga microbiana, cuantificada con UFC/g de mohos y levaduras, es mayor cuando el café es sometido a interrupciones y se almacena húmedo. Como información complementaria se cuantificaron, por medio de la técnica NIRS, los compuestos químicos: cafeína, trigonelina, sacarosa, lípidos, ácidos clorogénicos totales, ácidos

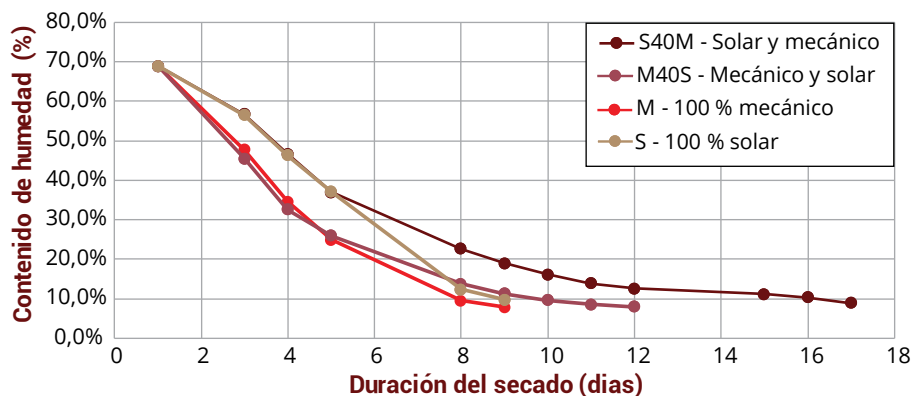


Figura 11. Tiempo de secado de café natural.

Tabla 7. Valores promedio de la humedad del café de cada tratamiento, antes y después de las interrupciones durante el secado.

Tratamiento	Humedad (%)		
	Antes	Después	Final
1	42,68	44,45	11,08
2	41,72	44,30	11,08
3	42,43	44,54	11,12
4	42,36	43,05	11,04
5	45,46	48,86	11,15
6	47,22	49,34	11,08
7	47,92	50,08	11,10
8	48,47	49,55	11,36

Tabla 8. Valores promedio (Prom.) y desviación estándar (D.E.) para la proporción de almendra sana por tiempo de secado y tiempo de interrupción.

Horas de interrupción	Tiempo de secado inicial (h)			
	6		12	
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.
12	76,9	3,9	77,5	4,8
24	76,0	4,8	77,2	4,9
36	76,9	4,7	76,4	4,6
48	77,2	5,0	75,8	3,7
	76,8	4,2	76,7	4,2

grasos: esteárico, linoleico, oleico, araquídico y palmítico, los cuales no presentaron diferencias entre tratamientos ni con el testigo. El ANAVA presentó efecto en las variables de calidad sensorial, a favor del testigo, que no presentó defectos sensoriales y tuvo puntaje SCA promedio de 81,15. El defecto predominante fue terroso y según prueba de Dunnett, tratamientos de menor tiempo de secado inicial y mayor interrupción, son diferentes al testigo (Figura 11).

Calibración del equipo NIRS para determinar compuestos químicos en café tostado. CAL 104011

Se analizaron 75 muestras de café provenientes de diez departamentos, que fueron tostadas en tres diferentes grados 35, 55 y 85, según la escala Agtron/SCA. Se realizaron los análisis de los compuestos químicos por métodos analíticos (Lab) y el análisis estadístico evidenció los cambios químicos que sufre el café almendra verde cuando es sometido al proceso de tostación. De forma preliminar, se desarrolló la ecuación de calibración, relacionando los valores de los métodos analíticos o de referencia (Lab) con los valores espectrales (Figura 12), utilizando el método de mínimos cuadrados parciales, realizando la corrección de la dispersión variación normal estándar, eliminado la curvatura lineal y cuadrática, y aplicando el tratamiento matemático que mejor representa la predicción del contenido de lípidos totales, cafeína y sacarosa, por NIRS en café tostado. Este modelo presentó un coeficiente de determinación por encima del 80% y un el error estándar de validación cruzada entre 0,09-0,90. Entre los valores de referencia y la predicción del NIRS, se realizó la prueba *t*, la cual confirmó que no hay diferencias entre las medias de los valores obtenidos y se estimó el error relativo de predicción con valores menores a 0,02%. Para la clasificación de café tostado, el análisis espectral, permitió evidenciar la diferenciación del grado de tueste, tanto en el análisis de componentes principales como en la absorbancia media en grano entero. El modelo de clasificación y validación cruzada presentaron un valor de exactitud media global del 84% y un error medio global de 16%. Lo anterior indica que la técnica NIRS permitió determinar compuestos químicos del café tostado y clasificarlo por el grado de tueste.

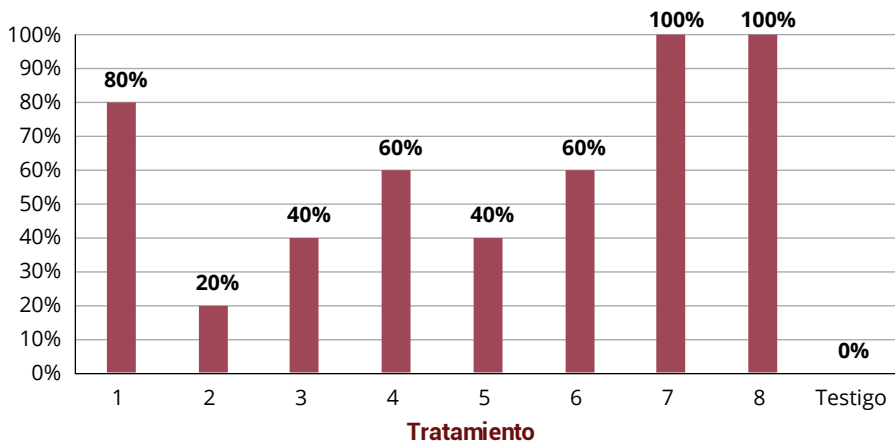


Figura 12. Proporción de muestras con defectos sensoriales.

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

El desarrollo de un modelo o ecuación de calibración que clasifique el café verde almendra por origen regional a través de la técnica NIRS incluyó el análisis de 1.719 muestras, de las cuales 1.466 se utilizaron en el desarrollo de cinco modelos predictivos y 253 para validación. Para todos los modelos desarrollados se utilizó el método estadístico de media cuadrática (RMS), corregido con la dispersión de la variación normal estándar y seleccionando los tratamientos matemáticos que presentaran un mayor acierto global. El primer modelo predictivo se realizó para los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Nariño, Santander y Tolima, y en la Sierra Nevada (conformado por Cesar, La Guajira y Magdalena), y presentó una exactitud media global de 92% y un error global de 8% (Figura 13 y Tabla 9). El segundo modelo está compuesto por tres ecuaciones de predicción asociados a grupos de departamentos conformados según su época de cosecha: grupo 1 (Santander y Sierra Nevada) con clasificación media global de 99,1% y error de 0,9%, grupo 2 (Antioquia, Caldas y Tolima) con clasificación media global de 98,2% y error de 1,9%, y grupo 3 (Huila, Cauca y Nariño)

con clasificación media global de 95,2% y error medio global de 4,8%. El tercer modelo desarrolló tres ecuaciones asociadas a la clasificación por zonas, Zona Norte (Santander y Sierra Nevada), Zona Centro (Antioquia, Caldas y Tolima) y Zona Sur (Huila, Cauca y Nariño, Figura 14). Estas ecuaciones obtuvieron una clasificación media global de 89,2% y un error medio global de 10,8%. De los modelos desarrollados los mejores valores de clasificación los presentaron los agrupamientos de departamentos asociados a la época de cosecha. Con los resultados obtenidos, se confirma que la técnica NIRS, a través del software WinISI, puede clasificar las muestras de acuerdo a la ubicación geográfica para los departamentos evaluados.

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 6.216

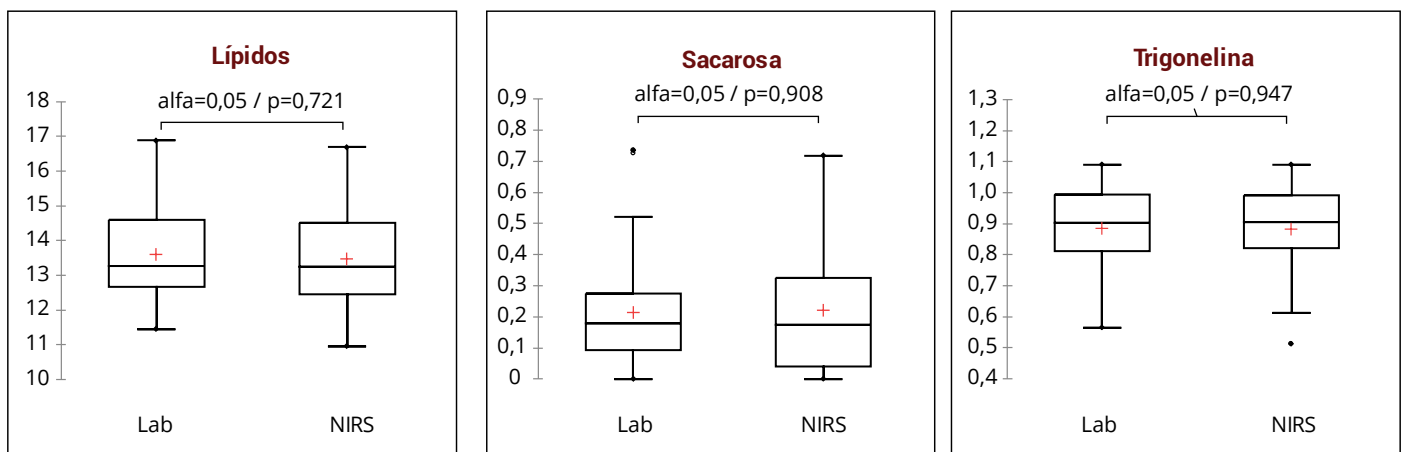


Figura 13. Determinación de lípidos, sacarosa y trigonelina, mediante técnicas analítica (LAB) y espectrométricas (NIRS).

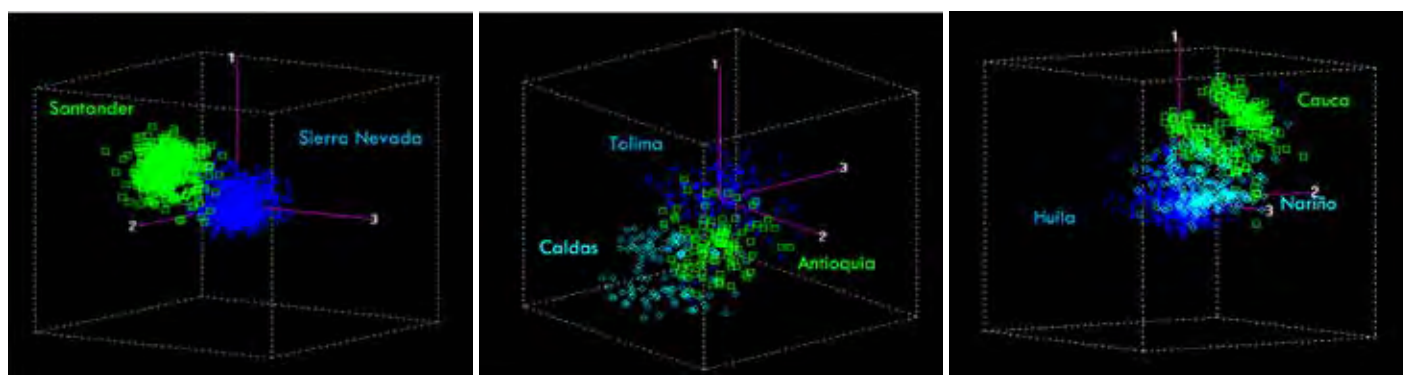


Figura 14. Gráfico de componentes principales PCA, de acuerdo con el modelo de clasificación por zonas, Zona Norte (Santander y Sierra Nevada), Zona Centro (Antioquia, Caldas y Tolima) y Zona Sur (Huila, Cauca y Nariño).

Tabla 9. Matriz de confusión del modelo predictivo discriminante para ocho departamentos.

Depto.	Antioquia	Caldas	Cauca	Huila	Nariño	Santander	Sierra Nevada	Tolima	Hits	Misses	Total	Acierto (%)
Antioquia	108	0	0	0	1	0	0	1	108	22	110	98
Caldas	2	89	0	0	10	6	0	0	89	18	107	83
Cauca	0	0	211	1	13	1	0	0	211	15	226	93
Huila	0	0	10	207	16	1	0	1	207	28	235	88
Nariño	0	0	1	0	304	1	0	1	304	3	307	99
Santander	1	0	8	1	16	176	0	0	176	26	202	87
Sierra Nevada	2	0	1	1	2	4	403	1	403	11	414	97
Tolima	2	0	1	4	8	0	0	146	146	15	161	91

muestras de café provenientes de proyectos de investigación y de solicitudes externas (Tabla 9). Cada resultado corresponde al promedio de la evaluación de mínimo tres catadores.

Durante este período se han recibido 1.034 muestras de café, provenientes de proyectos de diferentes disciplinas: Calidad, Entomología, Fisiología, Mejoramiento Genético, Poscosecha y

Suelos (Figura 15). De las muestras evaluadas el 74,6% no presentaron defectos sensoriales, y el defecto que se presentó en mayor proporción fue el terroso (13,9%). De las muestras que no presentaron defectos sensoriales, el 57,5% de las muestras tuvieron un puntaje total que estuvo en rango entre 80,0 y 81,5 puntos, que según la clasificación SCA, corresponden a café bueno, y el 6,7% presentaron una calificación mayor a 83,5 puntos (Figura 16).

Tabla 10. Número de muestras de café recibidas en el panel de catación para análisis sensorial.

Disciplina	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Calidad	434	243	559	522	200	1.959
Entomología	4	22	133	222	110	491
Experimentación	12	26	10	10		58
Fisiología	5		15	171	30	221
Fitopatología		48				48
Fitotecnia	48		20			68
Mejoramiento Genético	265	484	340	616	481	2.186
Poscosecha	29	52	213	275	106	674
Suelos	111	113	173	9	18	424
Solicitudes externas			87			87
Total	908	988	1.550	1.825	945	6.216

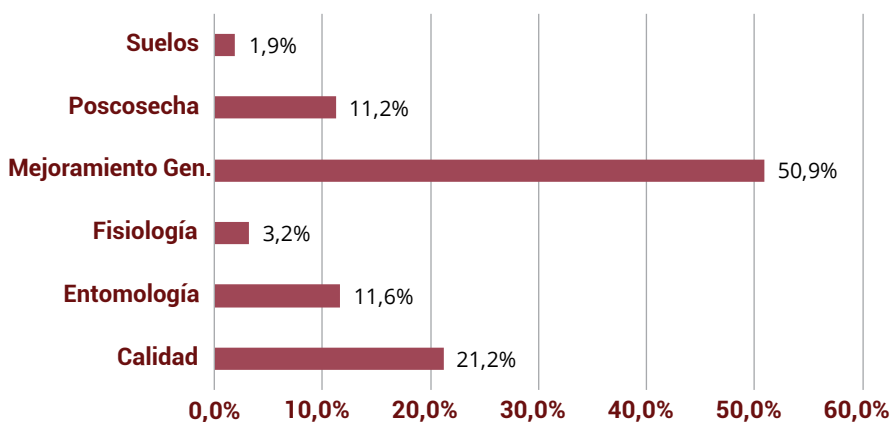


Figura 15. Distribución por Disciplinas de la proporción de muestras analizadas por el panel de catación, en el año 2021.

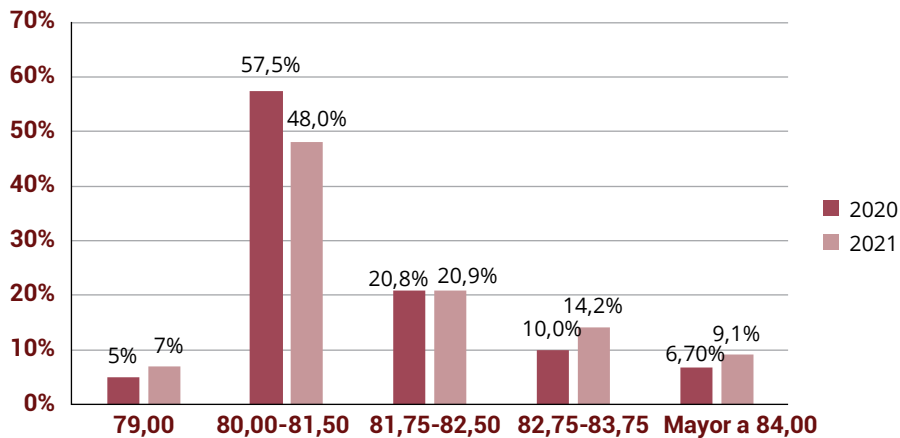


Figura 16. Proporción de muestras según el rango de puntaje total.



Economía Agrícola

Análisis del sistema de cable aéreo para transporte de café cereza en fincas cafeteras. ECO103004

Se realizó un estudio descriptivo multivariado del empleo de la tecnología de transporte de café cereza por medio de cables aéreos en Colombia. Se identificaron las condiciones que maximizan la utilidad económica para los caficultores que emplean estos dispositivos. Los resultados indican que las fincas con esta tecnología tienen áreas en café en un rango inter-cuartílico entre 2,6 a 8,9 ha, movilizan 39,8 t (C.V. 130%) de cereza al año en los cables, la longitud promedio del sistema de cable soporte es de 372 m (C.V. 70%), lo que permite una cobertura del 69,8% (C.V. 32%) del área cafetera de cada predio y, en ellas, las variables productividad y tiempo en el transporte de café cereza son inversa y altamente correlacionadas. Desde lo económico la plataforma de carga que maximiza los beneficios para el promedio de las fincas estudiadas es de 103,5 kg, con 8,03 jornales de operación al año; en cuanto al costo variable de movilización del café cereza se observó que el costo directo (energía,

combustibles y mano de obra) es bajo en comparación del indirecto (depreciación, mantenimiento) y los gastos (intereses), de allí que la adecuada planeación técnica y financiera del sistema de cable juega un rol preponderante en el costo por kilogramo movilizado. Finalmente, la instalación de cable aéreo para las condiciones halladas significó una disminución de tiempo de transporte de cereza del operario por jornada laborada de 49,6 min (C.V. 47,2%) sin cable a 13,1 min (C.V. 45,3%), lo cual impacta positivamente en la duración de la jornada efectiva de recolección (Figura 17).

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

Los sistemas de renovación se están evaluando en un cultivo establecido con variedad Castillo® a libre exposición solar, ubicado en la Finca El Agrado (Montenegro), propiedad del Comité de Cafeteros de Quindío. El

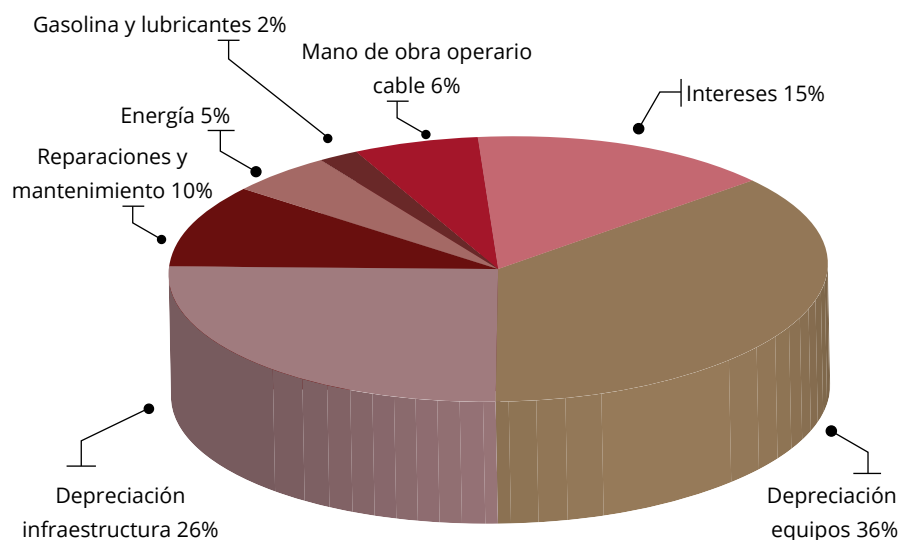


Figura 17. Proporción de costos variables unitarios en el empleo del sistema cable aéreo de transporte de café cereza.

presente informe comprende 54 meses de desarrollo del cultivo, que corresponden al período febrero de 2017 a septiembre de 2021. La producción acumulada es superior para el sistema de zoca tradicional, registrando las tres primeras cosechas y la travesía de la cuarta cosecha; los sistemas de zoca pulmón y calavera, con dos cosechas del primer ciclo y la primera cosecha del segundo ciclo, presentan 38% y 24% menos producción, respectivamente, frente a la zoca tradicional; el denominado sistema de safra cero, con dos cosechas cada una, de un ciclo de una cosecha, reporta una producción acumulada 54% inferior respecto al referente de zoca tradicional. Los costos de producción registrados a la fecha son superiores en la safra cero explicados por mayor número de años improductivos; el sistema de zoca tradicional presenta costos inferiores en 42%, y los sistemas calavera y pulmón con 29% y 11%, respectivamente, frente al sistema safra cero, proyectado a una cosecha. Los ingresos registrados por la venta de café pergamino seco en el sistema de zoca a 30 cm son superiores a los otros tres sistemas, presentando un margen bruto 32,5% superior respecto a la zoca calavera. La información obtenida hasta el momento muestra que, los mayores ingresos obtenidos en el sistema de zoca tradicional se explican porque en los otros sistemas comienza a evidenciarse el efecto de los dos años improductivos como consecuencia de la duración de los ciclos de tres y dos años, en cada uno de esos sistemas (Figura 18).

Análisis económico de la recolección de café con el empleo de lonas. ECO102007

Actualmente se efectúa el estudio económico bajo el contexto comercial de retener pases y cosechar con lonas, en tres sitios de la geografía colombiana: El Tambo (Cauca), Chinchiná (Caldas) y Pueblo Bello (Cesar). A la fecha hay resultados finales del efecto de la cosecha asistida con lonas en El Tambo, donde pudo concentrarse en dos pases retenidos el 60,03% del café anual, en los cuales se logró un aumento del 23,4% en la productividad de la mano de obra, es de anotar que este incremento es para distintas combinaciones de lotes evaluados, recolectores y condiciones climáticas en los días de la recolección; a manera de ejemplo, en la semana del 5 al 10 de mayo, el incremento fue del 46%; esto representa un beneficio para el caficultor del orden del 8,5% como excedentes netos sobre la actividad de la recolección durante todo el año, una vez descontados los costos de implementar la tecnología, mientras que el valor del jornal en recolección para el operario recolector tuvo un aumento de 7,1% en el punto de iso-excedentes, es decir, donde la reducción de costos para el caficultor es igual al aumento en los ingresos del recolector, ambos actuando como agentes económicos, y así percibir un ingreso de \$53.551 frente a los \$50.000 del jornal estándar al destajo para el momento de la toma de información; se esperan mejoras en ambos indicadores dado que es el primer año de adopción del cambio técnico y se identificaron

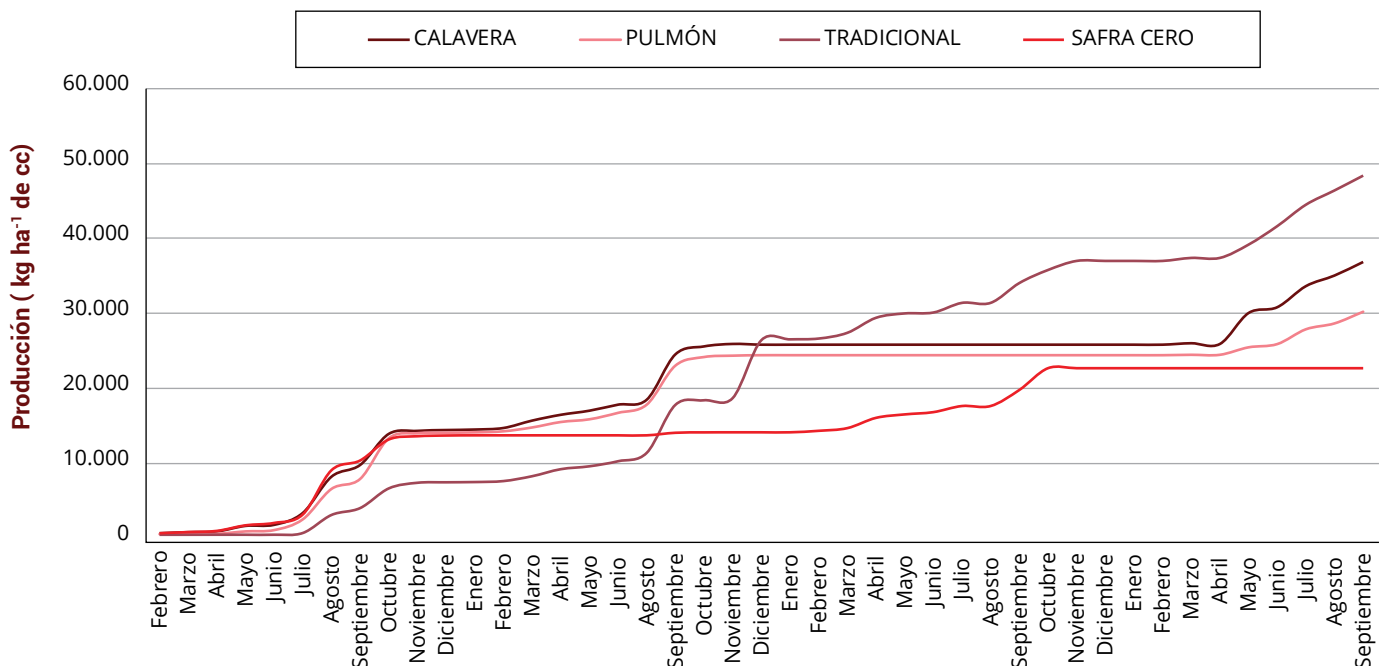


Figura 18. Producción acumulada en kilogramos de café cereza por hectárea en el ciclo, hasta el mes 54.

puntos de progreso como adecuación de lotes, puntos de recibo del café cereza, planificación de la retención y capacitación de los operarios (Figura 19).

Análisis económico de la derribadora selectiva de café DSC-18. ECO102005

Con el objetivo de elaborar el análisis económico de la derribadora de café DSC-18, durante las épocas de cosecha principal y travesía de 2020, en cinco Estaciones Experimentales de Cenicafé, se realizó la recolección asistida en lotes, con retención de pases, en promedio de 31 días. La combinación promedio resultante de los componentes de cosecha asistida fue del 44% del café cereza recolectado con la derribadora selectiva de café DSC-18, el 31% con el empleo de las lonas y el 25% con el método tradicional (coco). Considerando el valor de

adquisición del equipo, estimando su depreciación de acuerdo a su vida útil, sumado el costo de las lonas, asumiendo el valor del combustible y del lubricante, el mantenimiento, la tasa de cambio y la tasa de interés real; se estimó un valor de \$12.067 como costo de operar el equipo en una jornada de trabajo, con los rendimientos promedio de 225 kg de café cereza cosechados por jornada, el costo de operación del equipo se calculó en \$54/kg cc (solo el costo del equipo); igualmente se estableció el costo de las lonas por kilogramo de café cereza en \$107 para un rendimiento promedio de 159/kg cc recolectado; el precio promedio de recolección con el método tradicional se asumió en \$550/kg cc. Considerando la producción promedio de 178 arrobas de café pergamino seco por hectárea y por año en el Plan 2.000 fincas para 2020 y con una conversión de 62,5 se estimó que, con la combinación

resultante de los componentes de cosecha asistida, el rendimiento de la mano de obra permitió un ahorro del 53% en los jornales destinados a la labor por hectárea por año. Para establecer un precio por kilogramo de café cereza recolectado con el equipo DSC-18, se restó al precio promedio de recolección tradicional (\$550), el costo por kilogramo de operar el equipo (\$54) y para las lonas se siguió el mismo procedimiento; con esos cálculos se estableció un ahorro de 10% en el costo de recolección por hectárea al año, es decir, \$3.550 por arroba de café pergamino seco, de acuerdo a la producción de 178 @ ha año⁻¹ producidas en promedio. Con ese ahorro por arroba calculado, se podría asumir el secado mecánico (Tabla 11).

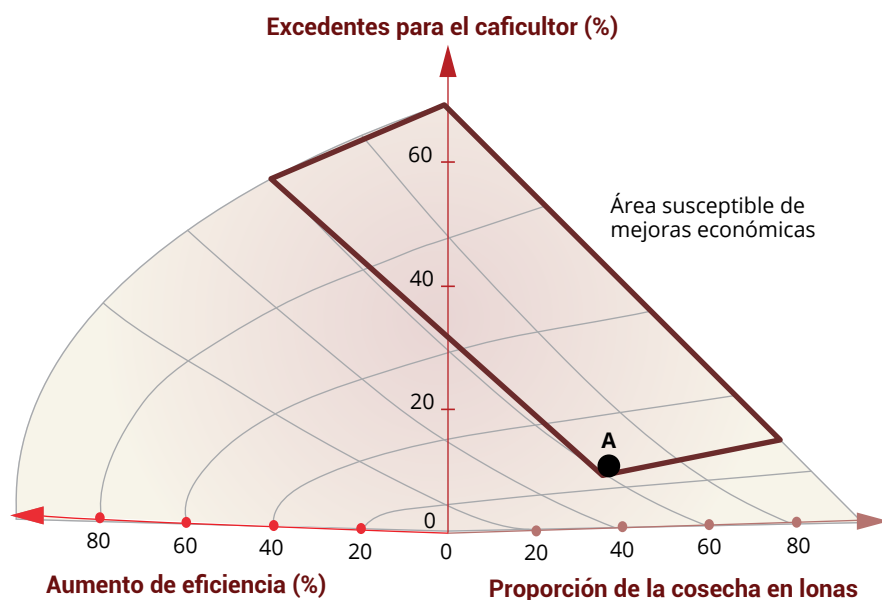


Figura 19. Delimitación área de resultados económicos posible con mejoras en la adopción.

Tabla 11. Ahorro en mano de obra y costos de recolección en la cosecha asistida con la derribadora selectiva de café DSC-18.

%	kg ha-año ⁻¹ de cc		Jornales		\$/ha/año	
			(\$ kg/recol)	Coco + DSC-18 + Lona	Coco	Coco + DSC-18 + Lona
100%	11.125	550	139,1		\$ 6.118.750	
44%	4.895	496		21,8		\$ 2.429.726
31%	3.449	443		21,7		\$ 1.527.796
25%	2.781	550		21,7		\$ 1.529.688
Totales		139,1	65,2	\$ 6.118.750		\$ 5.487.210
Ahorro				73,9	jornales	\$ 631.540
				53,1%		10,3%



Entomología

Biología y ecología de artrópodos. ENT101000.

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

Se introdujeron 557 registros de insectos plaga y benéficos del cultivo del café en Colombia identificados, sistematizados y publicados en la plataforma del GBIF - *Global Biodiversity Information Facility*, correspondiente a material de insectos depositados en el Museo Entomológico Marcial Benavides MEMB de Cenicafé, amparados con un permiso marco de recolección otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. Se continuó con el monitoreo de las chisas de la raíz del café en el municipio de Páramo (Santander), mediante la captura de adultos con trampas y evaluación de larvas en un lote de café afectado. La aplicación del insecticida biológico *Bacillus popilliae* en *drench* o empapando el cuello de la raíz en plantaciones de café en levante, logró proteger la raíz de las plántulas del ataque de *Cyclocephala fulgurata* (Figura 20). El uso

del producto biológico permitió incrementar los porcentajes de parasitismo natural por dos especies de parasitoides, siendo el ectoparasitoide *Campsomeris dorsata* (Hymenoptera:Scoliidae) el más importante; igualmente permitió el hallazgo de un nuevo registro de un endoparasitoide de chisas de la familia Tachinidae (Figura 21). Se prepararon los protocolos de manejo de chisas para la Estación Experimental El Tambo, región con altas poblaciones y endemismo de estos insectos.

Se atendieron consultas por parte del Servicio de Extensión sobre picudos del género *Compsus*, *Pandeletius* y *Naupactus* causando daño en follaje de café en San Gil (Santander); así como ataques del escarabajo verde *Pelidnota prasina* causando defoliación en cafetales y guamos usados como sombrío de café en Socorro (Santander). Se atendió en el campo la consulta sobre el picudo quebrador de ramas de café *Ecnomorhinus quasimodus* (Coleoptera: Curculionidae), en el Norte de Nariño (municipios de El Tablón de Gómez, Arboledas, Colón, San Pablo, La Cruz y San Lorenzo), causando daño en plantaciones nuevas de café en variedades Cenicafé 1, Castillo®, Tabi y Caturra en localidades por encima de 1.700 m de altitud. Se evaluó y cuantificó el daño en seis fincas con porcentaje de árboles con daño entre 50% y 65%, pero con promedios bajos de ramas afectadas por árbol, entre 1,0 y 1,7; sobresale el alto porcentaje de parasitismo natural (75%) ocasionado por tres especies de avispas de la familia Braconidae, Bethyridae y Eulophidae (Figura 22), y se identificaron cinco especies de plantas hospedantes nativas de este curculiónido.

Se presentaron ataques de gusano rojo gregario del café en Villeta (Cundinamarca) y en Durania (Norte de Santander), el cual fue identificado como *Acharia (Sibine) intensa* (Lepidoptera: Limacodidae) por parte del especialista, el Dr. Marc Epstein del Instituto Smithsonian en Estados Unidos. Se registraron nuevos hallazgos de dos especies de parasitoides de larvas de *A. intensa*, el primero de la familia Tachinidae y el segundo de la familia Perilampidae, que regulan naturalmente las poblaciones de este insecto defoliador del café, en estos dos departamentos de Colombia (Figura 23).



Figura 20. Evaluación y manejo de chisas de la raíz del café en cultivos en levante en Páramo (Santander).



Figura 21. Nuevos registros de parasitoides de chisas de la raíz de café en Páramo (Santander). **A.** y **B.** *Campsomeris dorsata* (Scoliidae), ectoparasitoides de larvas de *Cyclocephala fulgurata*. **C.** y **D.** Endoparasitoides de la familia Tachinidae parasitando una larva de *Cyclocephala fulgurata*.

Actividad de cría de insectos para fines experimentales. ENT101013

Se realizó una caracterización biológica de una colonia de laboratorio de *Phymastichus coffea* en su componente reproductivo, para lo cual se evaluó una cohorte de 100 hembras en viales, conteniendo 200 brocas, de las cuales, 96 hembras fueron efectivas y todas tuvieron descendencia. La media de hembras obtenidas por hembra fue de 3,84 (IC 95%: 4,60-3,31) y de 3,22 (IC95%: 3,70-2,75) machos; dando una media total de 7,07 (8,02-6,12). El 44% de las hembras tuvieron una descendencia menor a cinco, el 32% entre seis a diez hijos y el

20% restante mayor a 11 (Figura 24). Se obtuvo una mediana de seis y una moda de cuatro.

La razón sexual [(RS= #hembras/ (#hembras+# machos)] de la F₁, fue similar para el promedio (0,57), la moda (0,50) y la mediana (0,50).

Control biológico de plagas del café. ENT103000

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

El cepario cuenta con 315 cepas de microorganismo, los géneros más representativos corresponden a *Beauveria bassiana* con 138 aislamientos y *Metarhizium anisopliae* con 39 aislamientos. Todos los aislamientos se encuentran preservados en tres métodos de almacenamiento: nitrógeno líquido, glicerol-20°C y almacenamiento en medio de cultivo PDA con aceite mineral, en dos o tres momentos (años) diferentes, con aislamientos preservados por tiempos de seis a siete años (desde 2014). Se inició el proceso de mantenimiento de cepas almacenadas entre los años 2012 y 2013. Así, se evaluaron 91 cepas en total, 22 correspondientes de *B. bassiana*, 23 de *M. anisopliae*, 15 de *Paecilomyces*



Figura 22. Seguimiento y evaluación de daño del picudo quebrador de ramas *Ecnomorhinus quasimodus* (Curculionidae) en cafetales del Norte de Nariño. **A.** y **B.** Sitios de oviposición en ramas y tallos de café; **C.** Larva y galería en rama de café; **D.** Rama y tallo quebrado. **E.** Parasitoides de los géneros *Heterospilus* (Braconidae), *Goniozus* (Bethyliidae) y *Horismenus* (Eulophidae); **F.** Adulto de *Ecnomorhinus quasimodus*, nuevo registro en café.



Figura 23. Gusano rojo gregario defoliador del café en Cundinamarca y Norte de Santander *Acharia intensa*. **A.** Larvas; **B.** Larva parasitada por mosca de la familia Tachinidae; **C.** Parasitoide de larvas de la familia Tachinidae. **D.** Adulto de *Acharia intensa*; **E.** Pupas sobre tallo de café; **F.** Cafetales defoliados por larvas de *Acharia intensa*, nuevo registro en café.

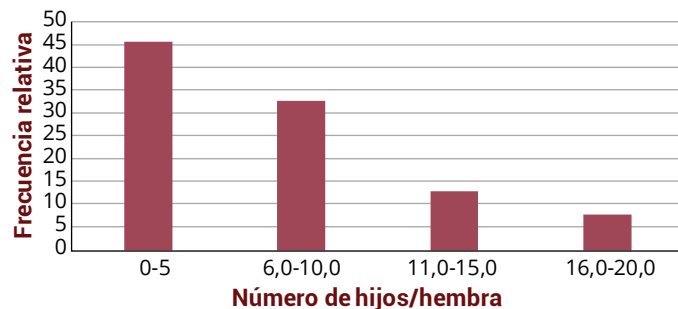


Figura 24. Histograma de frecuencia del número de avispas descendientes (F_1) por avispa, en granos de café, con 20 brocas/vial.

sp., 5 de *Verticillium sp.*, 5 de *Lecanicillium sp.*, 5 de *Colletotrichum sp.*, 12 de *Trichoderma sp.* y otros, 4. Nuevamente se observó que *B. bassiana*, *Paecilomyces sp.* y *Trichoderma sp.* son los hongos más resistentes con respecto a conservar su viabilidad, ya que la preservación por cinco, seis y siete años ha permitido conservar una alta germinación, de alrededor del 85%. Se actualizó la información requerida por el Instituto Von Humboldt relacionado con el Registro Único de Colecciones y la ANLA.

Actividad de mantenimiento de colonias de broca y parasitoides. ENT103005

La actividad de mantenimiento de colonias de broca permite la producción de adultos y estados inmaduros y la entrega hasta de 2,5 millones durante el año 2021 para asistir las investigaciones sobre

broca del café en la Disciplina de Entomología. Adicionalmente, dada la imposibilidad de importar nuevamente la especie *Phymastichus coffeae*, de origen africano, se mantiene un pie de cría de 150.000 individuos, que permite la producción masiva en investigaciones de control biológico por aumentación. Se trasladó el laboratorio Biocafé a finales de 2020 a unas nuevas instalaciones en la Estación Experimental Naranjal.

Control genético de plagas del café. ENT104000

Determinación de la capacidad embriogénica y generación *in vitro* de plantas de materiales

híbridos productos de los cruzamientos de líneas *C. arabica* var. Castillo® X líneas de *C. arabica* silvestres. ENT104001

Para seleccionar genotipos de *Coffea arabica* con menor susceptibilidad a la broca del café, en trabajos previos se identificaron los materiales semisilvestres de *C. arabica* E286 y E554, al igual que materiales híbridos provenientes de estos. Cuatro líneas híbridas CU1842xE286, CX2385xE286, CX2385xE554 y CX2848xE554 se seleccionaron debido a su alta capacidad de regeneración *in vitro* y características agronómicas sobresalientes. Las semillas de los materiales CU1842xE286, CX2385xE286, CX2848xE554 y los respectivos parentales se usaron para realizar dietas artificiales y se evaluó su efecto en la mortalidad sobre la broca (Figura 25). En Caturra, CU1842 y CX2385 la mortalidad fue de 5%, 17% y 11%. El padre E286 causó una mortalidad del 45% y se corroboró que los híbridos provenientes de este parental fueron menos susceptibles que las madres, causando una mortalidad sobre los insectos de entre 22% (CU1842 x E286) y 26% (CX2385xE286). Por su parte, el parental E554 causó una mortalidad del 35% de la población; sin embargo, el híbrido CX2848xE554 se comportó similar a la madre con una mortalidad de 18%. Usando las semillas de estos híbridos, se evaluó su efecto en el desarrollo del insecto. Se cuantificó el promedio de estados totales por semilla por genotipo. Se corroboró que el híbrido CU1842xE286 muestra una población intermedia con 25% menos población que la encontrada en la madre y 20% más que en los padres, previamente se

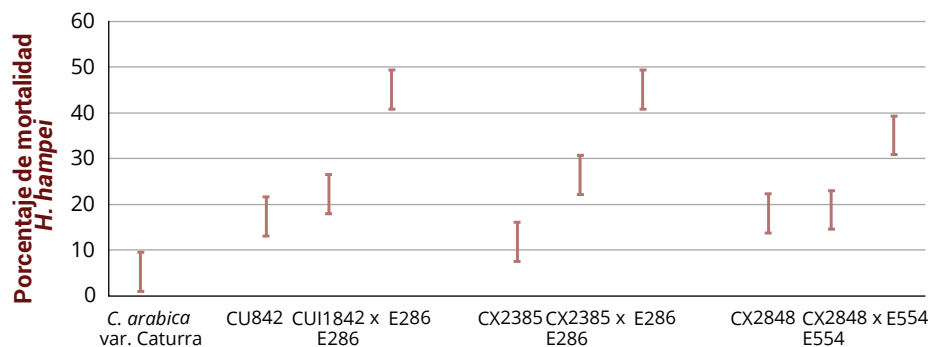


Figura 25. Efecto de dietas artificiales con café obtenido de materiales híbridos (2021), sus parentales y control *C. arabica* var. Caturra en la mortalidad de poblaciones de *H. hampei*.

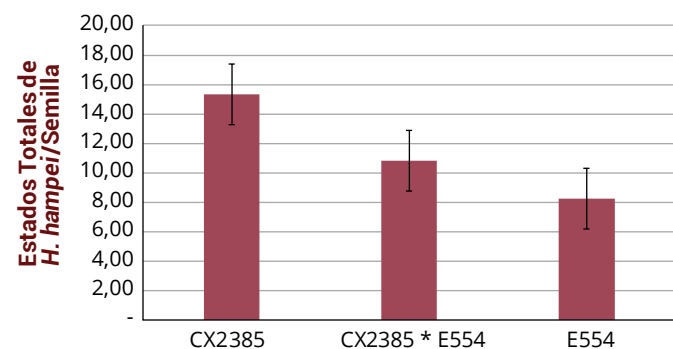


Figura 26. Efecto de semillas de café obtenido de materiales híbridos CU1842xE286 y sus parentales en el desarrollo de la broca del café. Barras indican el error estándar.

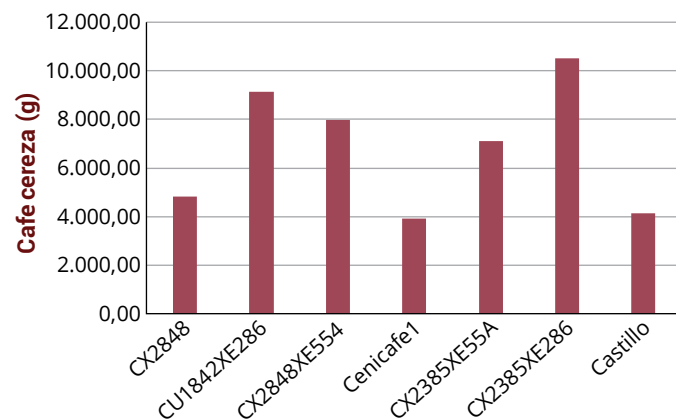


Figura 27. Promedio de producción acumulada por planta de materiales híbridos sembrados en la Estación Experimental La Catalina, a los 36 meses (abril 2021).

había determinado que la población CX2385xE286 se comportaba de una manera similar. Para las familias provenientes del padre E554, en el híbrido CX2385xE554 se observó una población intermedia, difiriendo de las madres con una disminución del 30% en la población y un 23% más que los padres (Figura

26). En el caso del CX2848xE554 el híbrido mostró una población de insectos superior a los dos parentales. Adicionalmente, en la Estación Experimental La Catalina (Risardalá), plantas provenientes de cultivo *in vitro* de los materiales híbridos junto con la línea materna CX2848 y plantas obtenidas por semilla de Var. Cenicafé 1 y Var. Castillo® Naranjal trasplantadas al campo en abril de 2018, fueron evaluadas nuevamente en el mes de abril de 2021 por su susceptibilidad

al insecto, realizando infestaciones artificiales con mangas entomológicas. Los híbridos difirieron significativamente de las variedades comerciales, mostrando menores poblaciones del insecto. Adicionalmente, estos materiales tienen características agronómicas sobresalientes. CU1842XE286 y CX2385XE286 presentan mayor altura y mayor número de cruces, así como las mayores producciones acumuladas por planta (Figura 27). La evaluación de roya según escala de Eskes & Toma-Braghini indicó resistencia con valores de <1. Se cuenta con tres líneas híbridas con alta producción acumulada, excelente calidad, resistencia a roya y menor susceptibilidad a la broca del café.

Generación de una variedad de café con resistencia a la broca mediante modificaciones genética con genes provenientes de café. ENT104002

Con el propósito de generar genotipos resistentes a la broca del café, la línea CX2178 y CU1997 de variedad Castillo® fueron transformadas con genes aislados de *Coffea liberica*, correspondientes a Patatina (enzima lipolítica acyl hidrolasa), gen Kunitz y gen Heveina. Las expresiones constitutivas de estos genes en las plantas podrían conferir resistencia a la broca del café y/o al minador de la hoja de café. Se cuenta con seis plantas madres CX2178, posiblemente transformadas con el gen de patatina y por cultivo de microestacas se clonaron 25 plantas. Con el gen de Kunitz-Miraculina hay nueve madres y se clonaron 12 y con el gen de Heveina hay 21 madres y se clonaron 26 y como controles de regeneración de todos los materiales hay 29 plantas. Este año se continuó con el mantenimiento *in vitro* de todas las plantas (Figura 28). Existen regiones genómicas conteniendo cinco genes parálogos para el gen de patatina y siete para el gen de Kunitz, debido a esto la amplificación de los genes transgénicos introducidos ha sido difícil. Durante el 2021 se

continuó trabajando en la identificación de los genes bajo el control del promotor constitutivo alfa tubulina en las plantas posiblemente modificadas. Se realizaron nuevas extracciones de ADN de un total de 25 plantas Patatina, 24 Heveina y 12 Kunits. Se probaron diferentes sets de *primers* para amplificar promotor y genes, y no fue posible obtener la banda esperada de transformantes; sin embargo, las plantas de Patatina y algunas de Kunitz, presentan un bandeo diferente a las plantas controles no transformadas, lo que indicaría que sí están modificadas. Además, se cuenta con 15 plantas transformadas con la proteína GFP (proteína verde fluorescente) de la línea CU1997 y se realizaron nuevas siembras para mantener tejido embriogénico constante para nuevos trabajos de la línea CX2178.



Figura 28. Plantas de la línea CX2178 y CU1997 de variedad Castillo® posiblemente modificadas con genes de Patatina, Kunitz y Heveina en cultivo *in vitro*, en condiciones de laboratorio.

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

En esta investigación se avanzó en la evaluación e identificación de genes endógenos de broca del café, útiles como gen de referencia en análisis de expresión genética y validación de silenciamiento génico. Se evaluaron los niveles de expresión y estabilidad de los genes Beta-actina, Factor de elongación 1-Alfa (EF1a), Proteína ribosomal L7 (RPL7) y Glicerilaldehido 3-fosfatasa (GADPH) en larvas de broca alimentadas con bacterias, expresando ARN doble cadena (dsRNA). Los análisis

revelaron que todos estos genes poseen alto grado de estabilidad de expresión en las condiciones experimentales evaluadas, siendo ordenadas de mayor a menor estabilidad así: GADPH, b-actina, EF1a y RPL7. Así mismo, se avanzó en el desarrollo de bioensayos y prueba de concepto de silenciamiento de genes de broca mediado por ARN de interferencia (RNAi) liberado por bacterias. El silenciamiento de genes mananasa fue evaluado mediante PCR cuantitativa (qPCR) en larvas de broca alimentadas con bacterias (*Escherichia coli* HT115[DE3]) que expresaban RNAi para el gen blanco (dsMAN) y un control no específico (dsGFP) (Figura 29). Los resultados qPCR mostraron que la expresión de mananasa2 en larvas 1 y 2 alimentadas con dsMAN no cambia con respecto al control dsGFP, después de 24 h de tratamiento. Lo mismo se observó en larvas 2 después de 48 h. Sin embargo, en larvas 1 existe silenciamiento del 60% del gen mananasa2 con respecto al control después de 48 h. Este resultado confirma que genes de broca pueden ser silenciados mediante efectores RNAi liberados por bacterias, en el tracto digestivo del insecto. Adicionalmente, se avanzó en la preparación de plásmidos para futuros análisis de silenciamiento de citocromo P450 y xilanasas en broca del café.

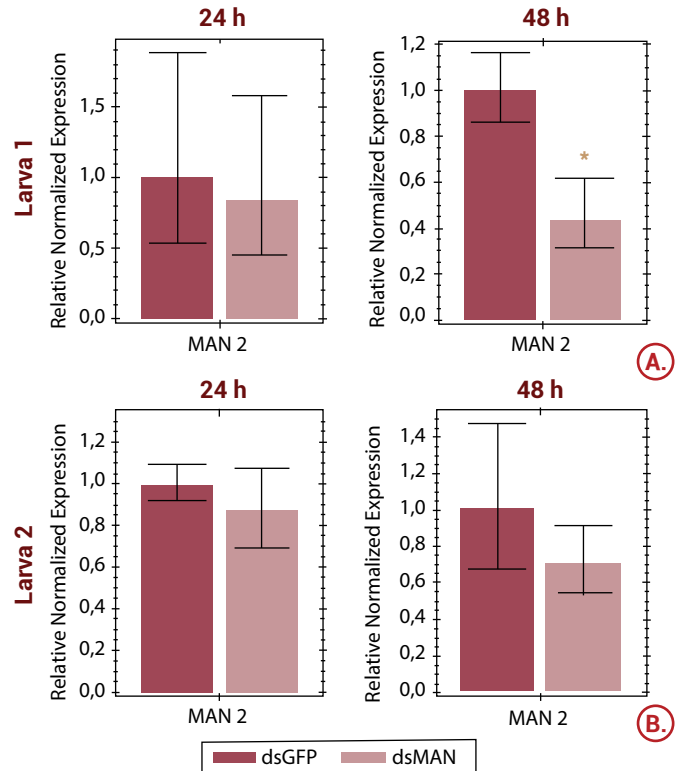


Figura 29. Cuantificación de expresión del gen Mananasa2 en larvas 1 y 2 de broca del café, en bioensayos de silenciamiento. Un asterisco (*) denota la diferencia significativa (T-test, $p < 0,05$) en expresión.

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

La broca del café continúa siendo la plaga más importante de la caficultura colombiana. Los frutos de café emiten una serie de volátiles derivados de la ruta biosintética de los monoterpenos y éstos son reconocidos por el insecto cumpliendo, entre otras, una función de atracción. Mediante pruebas de olfatometría se realizaron varios experimentos con el fin de evaluar la preferencia de las brocas frente a frutos en estado verde, pintón, maduro y sobremaduro (maduro 6) (Figura 30). Se observó que los frutos maduros 4-5 mostraron mayores niveles de atracción (prueba z 95%, $P < 0,05$) con respecto a los otros estados (Figura 30). Se evaluaron las preferencias del insecto frente a la mezcla de alcoholes Metanol: Etanol versus frutos en diferentes estados de desarrollo. La mezcla de alcoholes mostró mayor atracción sobre el insecto que los frutos verdes, pintones y maduro 6 (Figura 31), mientras que los frutos maduros 4-5 mostraron mayores niveles de atracción (20% más) con respecto a la mezcla de alcoholes. Estudios realizados previamente en Cenicafé permitieron la identificación de dos volátiles terpenos; alpha 1 y alpha 2, altamente atractivos del insecto. En el olfatómetro, el tratamiento de la mezcla de alpha 1 y alpha 2 vs. mezcla Metanol: Etanol, mostró un 18% más de atracción de los terpenos frente a la mezcla de alcoholes (Figura 31). Posteriormente, se evaluó la mezcla de alpha 1 y alpha 2 versus los diferentes estados de desarrollo del fruto, los terpenos mostraron mayores niveles de atracción con respecto a todos los estados de desarrollo del fruto (Figura 32).

Con el propósito de obtener plantas de café con menor atracción a la broca, se propone suprimir la expresión de los dos genes asociados con la producción de los volátiles alpha 1 y alpha 2, utilizando la metodología de CRISPR/Cas9. Se secuenciaron los productos de PCR registraron para los genes de interés, como resultado se obtuvieron porcentajes de identidad del 99,82% y 98,17%, respectivamente, con secuencias asociadas a la producción de volátiles en *Coffea arabica*, previamente reportadas

en el GenBank. Se procedió a evaluar los niveles de expresión de ambos genes, en cinco tejidos diferentes de *C. arabica* var. Castillo® Naranjal: frutos verdes, pintones, maduros y sobremaduros, y en hojas. Los genes alpha 1 y alpha 2 presentaron mayores niveles de expresión relativa en el tejido de fruto maduro, con respecto los demás tejidos, y las muestras de fruto verde y hoja fueron las que menores niveles de expresión relativa registraron (Figura 33). Luego, se sintetizaron dos vectores de CRISPR/Cas9, donde cada uno contenía la secuencia target de 22 nt (sgRNA) dirigidas al exón 3, tanto para alpha 1 como para alpha 2, a su vez, los vectores tenían como marcador de selección en planta el gen bar que confiere resistencia al herbicida glufosinato de amonio. Con este vector se realizaron ensayos de transfección mediada por *Agrobacterium tumefaciens* EHA105, en epicótilos indiferenciados de chapolas de 75 días de germinación. Inicialmente se realizaron experimentos con el vector para silenciamiento del gen alpha 1 y con el vector control pearlyGate100, se realizaron cinco eventos de transformación, se cuenta con alrededor de 650 plantas tratadas con cada vector, las cuales se encuentran en invernadero (Figura 34). Finalmente, se realizó una curva de sensibilidad al herbicida glufosinato de amonio en embriones y plántulas, para establecer la concentración adecuada para selección de posibles transformantes, encontrándose que $0,8 \text{ g L}^{-1}$ causa 100% de mortalidad. Se realizó un experimento de transformación de embriones de café genotipo CX2178 con *A. tumefaciens* EHA105 que contenía el vector CRISPR/Cas9 para el silenciamiento de alpha 1, el tejido embriogénico se dejó en medio de cultivo con el herbicida para su selección.

Control químico de plagas del café.

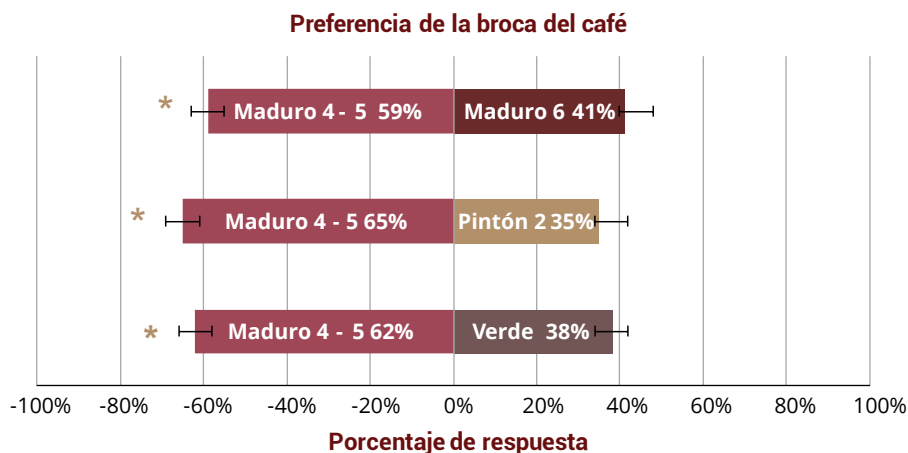


Figura 30. Preferencia de *Hypothenemus hampei* a frutos de café maduro 4-5 vs. verdes, pintón 2 y maduro 6.

ENT105000

Selección y caracterización genética de líneas de broca con resistencia al insecticida clorpirifos. ENT105010

Con el objetivo de identificar y caracterizar líneas genéticas de broca del café con resistencia a clorpirifos en cafetales de Colombia, se desarrolló un bioensayo para la estimación de mortalidad al insecticida y se evaluaron los niveles de susceptibilidad o resistencia al mismo. Muestras poblacionales (líneas genéticas) de broca de ocho localidades (cafetales comerciales), distribuidos en los departamentos de Antioquia (AG, AL, CB, MO), Caldas (BC, VE) y Santander (GP1, GP3), fueron recolectadas y utilizadas en los análisis. Una población de broca de laboratorio fue empleada como población susceptible de referencia (PB-ref). Basados en la línea PB-ref se diseñó un bioensayo de contacto, para evaluar la mortalidad de hembras adultas de broca, a siete concentraciones (dosis) de clorpirifos (30 a 90 mg L⁻¹) y estimar concentraciones letales medias (CL50%). Con este

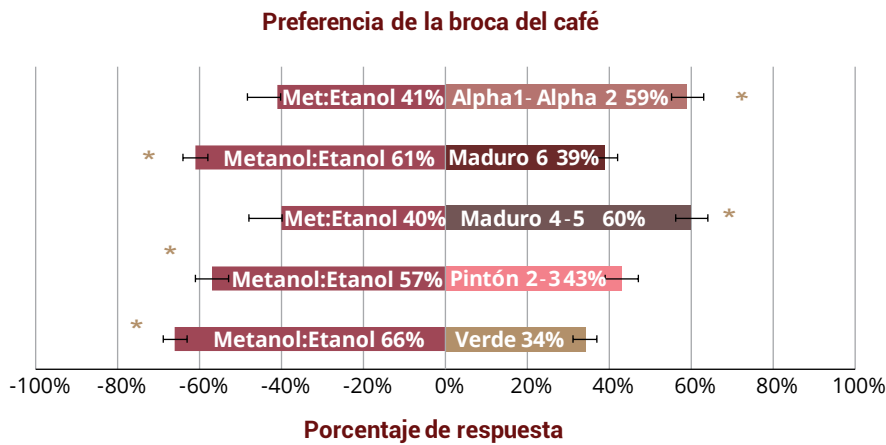


Figura 31. Preferencia de *Hypothenemus hampei* frente a frutos de café en diferentes estados de desarrollo vs. mezcla metanol: etanol.

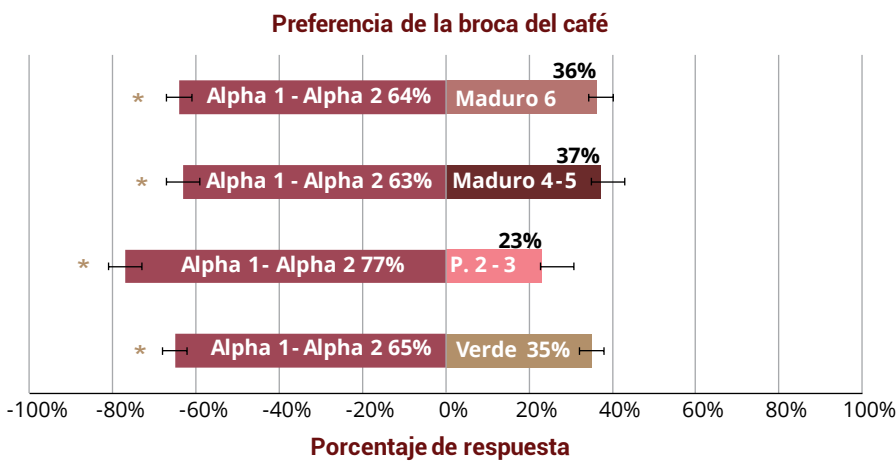


Figura 32. Preferencia de *Hypothenemus hampei* frente a frutos de café en diferentes estados de desarrollo vs. mezcla alpha1-alpha 2.

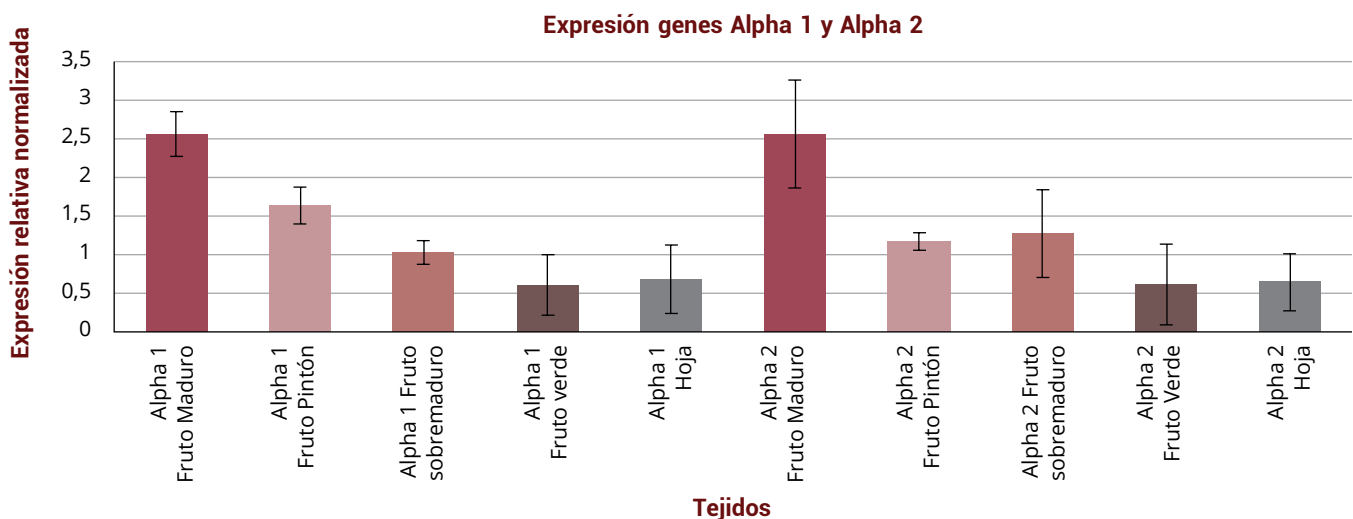


Figura 33. Expresión relativa de los genes alpha 1 y alpha2 en frutos maduros, pintones, sobremaduros, verdes y en hojas.

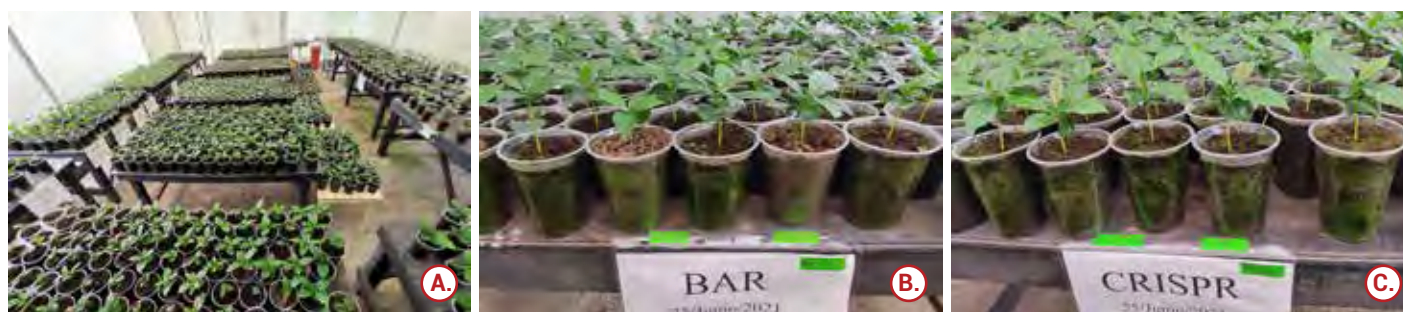


Figura 34. Plantas de café sometidas a modificación genética mediada por *Agrobacterium tumefaciens*. **A.** Vista general del total de plantas; **B.** Muestra de plantas sometidas a modificación con vector *Crispr/Cas9* para Alpha 1; **C.** Muestra de plantas sometidas a modificación con vector control *pearlyGate100*.

bioensayo se estimaron los CL50 en las líneas de broca de campo y fueron comparados con la línea susceptible de referencia (PB-ref CL50= 49,81 mg L⁻¹) (Figura 35). Las estimaciones CL50 de las líneas de campo oscilaron entre 43,07 mg L⁻¹ y 63,53 mg L⁻¹ (AG=61,27; AL=59,71; CB=53,21; MO=43,07, BC=45,78; VE=53,67, GP1=63,53 y GP3=44,20). La proporción de resistencia CL50 (RR50) para las poblaciones fue: PB-ref RR50=1; AL=1,23; AL=1,2; CB=1,07; MO=0,86; BC=0,92; VE=1,08; GP1=1,28; y GP3=0,89. Para ninguna población de campo el nivel RR50 superó el límite adoptado de resistencia (RR50 > 5). Estos resultados no revelan evidencia de resistencia a clorpirifos en las poblaciones de broca de campo evaluadas en esta investigación. La metodología desarrollada podrá ser utilizada en el monitoreo de resistencia en muestras de brocas de otras regiones del país.

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

Con el fin de seleccionar insecticidas de nueva generación y bajo impacto ambiental que no estén prohibidos o restringidos por certificadoras de café sostenible o códigos de conducta que operan en la zona cafetera colombiana, para el control de las cochinillas de las raíces del café, se evaluaron en condiciones de laboratorio, en pruebas de aspersión directa sobre ninfas y adultos de *Puto barberi* que estaban infestando papas criollas retoñadas, 19 productos de origen biológico, natural, mineral y de síntesis química. En una primera fase se seleccionaron cinco productos que causaron una mortalidad superior al 80% (Tabla 12).

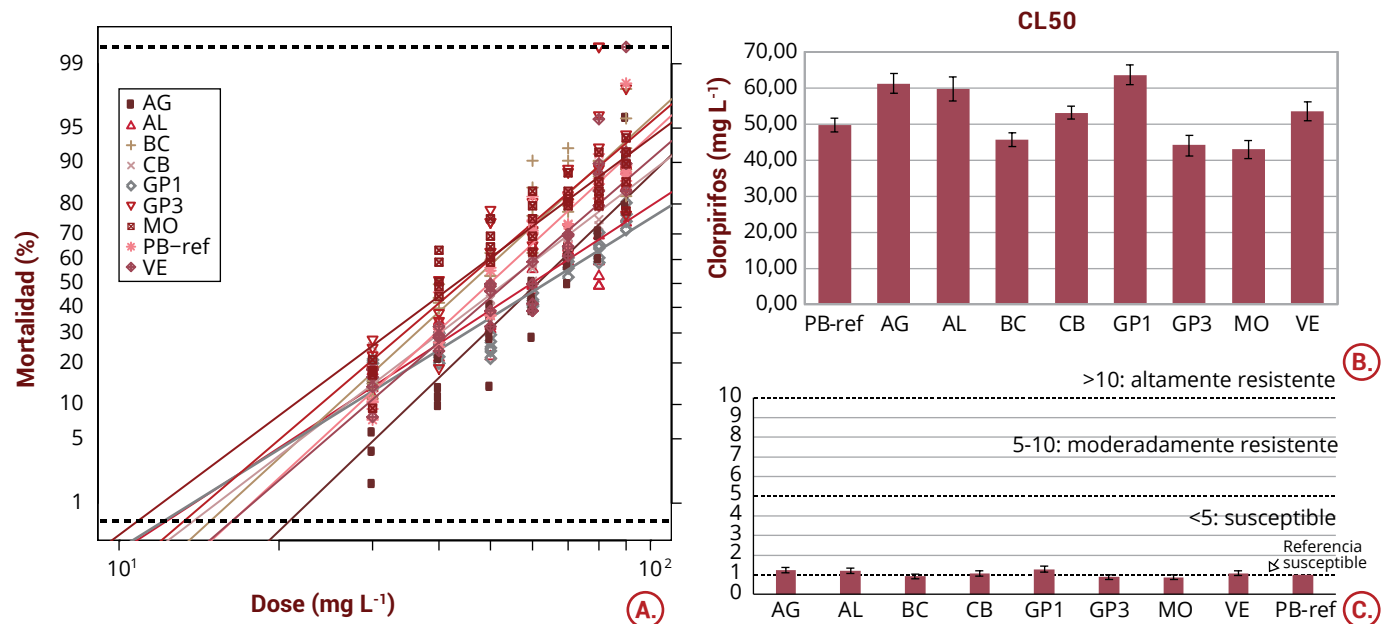


Figura 35. Estimación de concentraciones letales medias del insecticida clorpirifos a la broca del café. **A.** Análisis Probit de la respuesta mortalidad: dosis. **B.** Concentraciones letales medias (CL50) en poblaciones de brocas del café. **C.** Tasa o proporción de resistencia (RR50) en poblaciones de broca del café.

Tabla 12. Insecticidas que ocasionaron en el laboratorio una mortalidad superior al 80% de ninfas o adultos de *Puto barberi*.

Producto Comercial -Concentración de aplicación	Ingrediente activo	Promedio de mortalidad (%)	N	EE
Starkle - 1,0 g L ⁻¹	Dinotefuran	100,0	27	0,0
Locked - 2,0 cc L ⁻¹	Pyriproxyfen - Acetamiprid	95,8	28	1,6
ADNTRI3 - 2,5 cc L ⁻¹	Aceite botánico	93,8	27	2,3
Preza - 5,0 cc L ⁻¹	Cyantranilprole	88,8	25	2,2
Fitoquímico experimental Cenicafé - 73 cc L ⁻¹	Fitoquímico	92,0	23	1,7

N= Tamaño de muestra; EE= Error Estándar.

Biodiversidad de la artropofauna de la zona cafetera colombiana. ENT106000

Evaluación de la diversidad y abundancia de los insectos visitantes florales en el cultivo del café, con énfasis en abejas, su efecto en la producción y calidad del café. ENT106002

Con el fin de cuantificar la abundancia y riqueza de los insectos visitantes florales del café, en especial las abejas, y su efecto en la producción y calidad, se encontró que las flores del café fueron visitadas por 23.735 individuos, 566 especies de diferentes taxones; el grupo de las abejas fue el más abundante y diverso, con 90 especies, de las cuales 89 fueron nativas y más abundantes entre las 10:30 a.m. y 1:00 p.m.; los demás grupos fueron activos durante todo el día. Las abejas formaron cinco grupos funcionales, donde las corbiculadas y las de lengua larga no corbiculadas ocuparon mayores regiones del espacio funcional y fueron las más abundantes; de acuerdo al índice de importancia del polinizador, los potenciales polinizadores del cultivo del café fueron *Apis mellifera*, *Nannotrigona gaboii*, *Tetragonisca angustula*, *Geotrigona cf. tellurica* y *Partamona cf. peckolti* (Tabla 13). Las visitas que los insectos realizaron a las flores del café contribuyeron al cuajamiento de los frutos en un 16,3%, en la producción de café cereza en 26,9% y en el peso de las almendras tipo supremo en un 30,6%; con relación al efecto de los insectos

visitantes florales en la calidad sensorial del café, los puntajes de acuerdo con la escala SCA estuvieron entre 81,25 y 83,63 puntos, tanto para el tratamiento ramas excluidas de los insectos como para el tratamiento ramas sin excluir.

La probabilidad de que ocurra la autopolinización en preanthesis fue del 6,3%. En cuanto a la contribución de las arvenses, el análisis de diferencias mínimas significativas no mostró diferencias en cuanto a la riqueza, abundancia o dominancia de insectos entre los lotes con manejo integrado y manejo excesivo de arvenses; sin embargo, se estableció que las arvenses *Bidens pilosa*, *Commelina difusa*, *Emilia sonchifolia*, *Hyptis atrorubens* y *Galinsoga parviflora*, fueron las más importantes para la comunidad de visitantes florales en café.

Tabla 13. Especie de abeja seleccionada como potencial polinizador del cultivo del café con base en los valores del índice PIV (valor de importancia del polinizador) y la constancia floral en café (C) para cada sitio evaluado.

Sitio	Especie	C	PIV
Estación Experimental Pueblo Bello (Norte)	<i>Apis mellifera</i>	0,98	33,51
	<i>Nannotrigona gaboii</i>	0,94	1,91
	<i>Tetragonisca angustula</i>	0,99	1,33
	<i>Scaptotrigona sp.1</i>	0,93	1,77
Estación Experimental San Antonio (Norte)	<i>Apis mellifera</i>	0,95	32,81
	<i>Geotrigona cf. tellurica</i>	0,97	8,1
Estación Experimental Paraguaicito (Centro)	<i>Apis mellifera</i>	0,93	59,13
	<i>Lasioglossum spp.</i>	0,64	0,11
Estación Experimental Naranjal (Centro)	<i>Apis mellifera</i>	0,98	15,62
	<i>Nannotrigona tristella</i>	0,97	0,53
	<i>Tetragonisca angustula</i>	0,99	3,93
Estación Experimental El Tambo (Sur)	<i>Apis mellifera</i>	0,94	21,75
	<i>Partamona cf. peckolti</i>	0,86	2
	<i>Tetragonisca angustula</i>	0,95	1,41

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

Con el objetivo de determinar el ciclo de vida, comportamiento y hongos asociados de las cochinillas que enquistan raíces del café, se estudió el ciclo de vida de *Pseudococcus elisae* (Hemiptera: Pseudococcidae) bajo condiciones controladas, sobre 100 plantas de café de cuatro meses de edad. Para las hembras, la duración desde huevo hasta adulto fue de $98,09 \pm 1,34$ días y pasaron por los estados de huevo, ninfa I, ninfa II, ninfa III y adulto. Cada hembra puso en promedio $231 \pm 3,63$ huevos, de los cuales emergieron $197,34 \pm 6,18$ ninfas, lo que correspondió al 85,4% de huevos eclosionados, la razón sexual fue de 8:1 a favor de las hembras. Para el caso de los machos, la duración de huevo hasta adulto fue de $68 \pm 0,4$ días y pasó por los estados de huevo, ninfa I, ninfa II, prepupa, pupa y adulto. Para determinar el comportamiento en el campo de *P. elisae*, se estableció un lote de café con 500 plantas de la variedad Cenicafé 1; se realizaron, 12 evaluaciones y se encontró que, de las 210 plantas evaluadas, en el 18,1% se registró a *P. elisae* con 918 individuos. También se registraron las especies *Dysmicoccus complejo texensis* en el 29,5% de las plantas, con 1.784 individuos, y *Puto barberi* en el 25,2% de las plantas; es frecuente encontrar dos especies en una misma planta como *Dysmicoccus texensis* y *Pseudococcus elisae*; *Dysmicoccus texensis* y *Puto barberi*; *Puto barberi* y *Pseudococcus elisae*. Adicionalmente, se determinó en el campo que, *Dysmicoccus complejo texensis*, con poblaciones de 865 y 1.120 individuos por planta comienzan a enquistar a partir de los diez meses de edad de la planta (Figura 36). Además, se recolectaron al menos tres especies de hongos basidiomicetos asociados a las cochinillas enquistadas en las raíces del café, los cuales están en proceso de identificación.

Validación del manejo integrado de plagas del café. ENT107000

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

El objetivo de esta investigación es tener tecnologías de aspersión que permitan una calidad física de aspersión igual o superior a los equipos tradicionales y menores consumos de agua y mano de obra. Durante el año 2020 se inició la evaluación del dron de aspersión DJ1-15 perteneciente a la empresa TACLLA, con el fin de validar resultados obtenidos en los años anteriores. El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental Naranjal. Se realizaron evaluaciones con las boquillas de cono hueco TX4, TX6, y las boquillas de cortina TJ11001, TJ11002 y TJAIXR110015. Se determinó el ancho de faja (AF). Volando a una altura de 2,0 m y a una velocidad de 1 m-sg^{-1} , el AF para la boquilla TX6 fue de 3,9 m y para TJ-AIXR110015 el AF fue de 4,4 m, volando a una altura de 3,0 m y a una velocidad de 1 m-sg^{-1} . Al realizar la calibración de las boquillas, se pudo observar que, para algunas de ellas, el equipo trae un software que determina parámetros de aplicación que no son fácilmente modificables. Es con estos parámetros que debe operarse el equipo. El equipo fija un volumen (L) de aplicación por hectárea, y en función de este volumen, define la velocidad de



Figura 36. Raíz de café de diez meses de edad enquistada por la especie *Dysmicoccus complejo texensis*.

vuelo y la tasa de descarga de las boquillas, regulando internamente la presión de trabajo de cada una de las bombas del equipo. Con la boquilla TJ-11002 se comparó el volumen asperjado real vs el indicado por los parámetros de referencia del equipo para esa boquilla. Los valores fueron similares. Esta tecnología aún no está en su punto para ser recomendada; en las evaluaciones, impedimentos por clima y accidentes del dron no han permitido completar los programas de evaluación.

Generación de mapas de vulnerabilidad para el daño causado por la broca del café. ENT 107010

Se elaboraron Avances Técnicos de vulnerabilidad de la caficultura a la broca del café en diferentes eventos climáticos y para todos los departamentos cafeteros de Colombia. Con esta información se procedió a obtener el porcentaje del área cafetera colombiana para cada uno de los grados de vulnerabilidad, en función del escenario climático (Tabla

14). En general, se pudo observar que durante un año con evento El Niño, el 11% del área cafetera colombiana tendría alta vulnerabilidad a la broca del café, valor que cayó a 6% durante un año Neutro y a 3% en La Niña (Figura 37 A, B y C). Estos valores no incluyen el efecto de las prácticas de manejo integrado en los rangos de vulnerabilidad.

Tabla 14. Vulnerabilidad porcentual del área cafetera de Colombia a la broca del café en función de los eventos climáticos ENOS.

Evento climático ENOS	Área cafetera de Colombia (%)			
	Muy baja	Baja	Moderada	Alta
Neutro	11	40	43	6
La Niña	20	45	32	3
El Niño	6	34	49	11

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

Con el fin de controlar la broca con parasitoides africanos en una estrategia "Area-wide", se produjeron en el laboratorio las especies *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*, y se liberaron en una finca de 70 hectáreas de café, en cantidades que superaron los dos millones de individuos (Figuras 38 y 39). De manera preliminar, se obtuvieron porcentajes de parasitismo en el campo por *P. nasuta* de 12%, lo que exigió vigorizar la cría para aumentar su capacidad de control, y hasta de 45% de *P. coffea*. Estas liberaciones permitieron reducir en 28% la broca que se dispersó y en 68% las poblaciones que se generaron en los cafetales vecinos de primera cosecha, que son colonizados en el campo.

Evaluación en el campo y validación de un producto fitoquímico para el control de la broca del café y su eficacia en otros insectos. ENT107012

Actualmente el control químico de la broca se basa en el uso de insecticidas organofosforados, neonicotinoides y diamidas antranílicas. Considerando las limitaciones en el uso de insecticidas químicos, además de la futura regulación y prohibición de algunos pesticidas en el país, se requieren alternativas de insecticidas. Con el propósito de ampliar las opciones de productos con diferentes modos de acción y alta efectividad en el control de la broca y otros insectos, entre 2014 y 2018 se desarrolló un producto fitoquímico

eficaz en el control de la broca, dentro del marco del convenio entre Cenicafé, Nexentia (Sumicol) y la Universidad de Antioquia (UDEA). Una vez evaluado el efecto del producto fitoquímico en condiciones controladas de campo y laboratorio, se definieron las condiciones de elaboración y producción a escala industrial, en conjunto con la empresa Nexentia. Para garantizar la calidad del producto se realizaron los ajustes en la formulación para asegurar la estabilidad durante el almacenamiento y se verificó la calidad de los diferentes lotes producidos. El producto fitoquímico consiste en un concentrado emulsificable que mantiene una estabilidad en almacenamiento hasta al menos 12 meses. Para determinar la efectividad del fitoquímico en el control de la broca, entre junio de 2019 y diciembre del 2020, en plantaciones comerciales de café, se evaluó la estrategia de manejo integrado de la broca junto con el producto fitoquímico (MIB1), comparándola con una estrategia de manejo empleando el insecticida químico clorpirifos (MIB2) y como control experimental se mantuvo una parcela sin Control. Las aplicaciones de los productos se realizaron cada vez que fue necesario, de acuerdo a los niveles de infestación y posición de la broca. Se seleccionaron tres lotes comerciales de café de segunda y tercera cosecha en las Estaciones Experimentales de La Catalina y Paraguaicito, en cada uno de ellos se establecieron los tres tratamientos de manera aleatoria, en parcelas con cantidades similares de árboles (aproximadamente 2.000 árboles). Los resultados mostraron que el Manejo Integrado con los dos tratamientos controlaron la broca hasta alcanzar niveles inferiores del 5% en el campo, con el fitoquímico (Figura 40). Estos resultados fueron validados en lotes comerciales de las Estaciones Experimentales y de dos caficultores, donde se usaron tres diferentes productos químicos para el control de la broca. En todas las validaciones, la efectividad del producto fitoquímico para el control de la broca fue comparable al manejo químico tradicional. Adicionalmente, las pruebas de calidad de taza, realizadas durante esta etapa indicaron que la aplicación del fitoquímico, no afectó la calidad sensorial del café.

Dado el potencial insecticida del producto fitoquímico, se evaluó su efectividad sobre otros insectos plaga en cultivos de interés agronómico. Se realizaron pruebas de eficacia en el laboratorio e invernadero sobre *Monalonion vlezangeli*, *Monalonion disimulatum*, *Toxoptera aurantii*, *Frankliniella occidentalis*, *Chrysomima semilutearia*, *Spodoptera frugiperda* y *Leucoptera coffeella*. Los experimentos mostraron que el producto fitoquímico, usado a la concentración

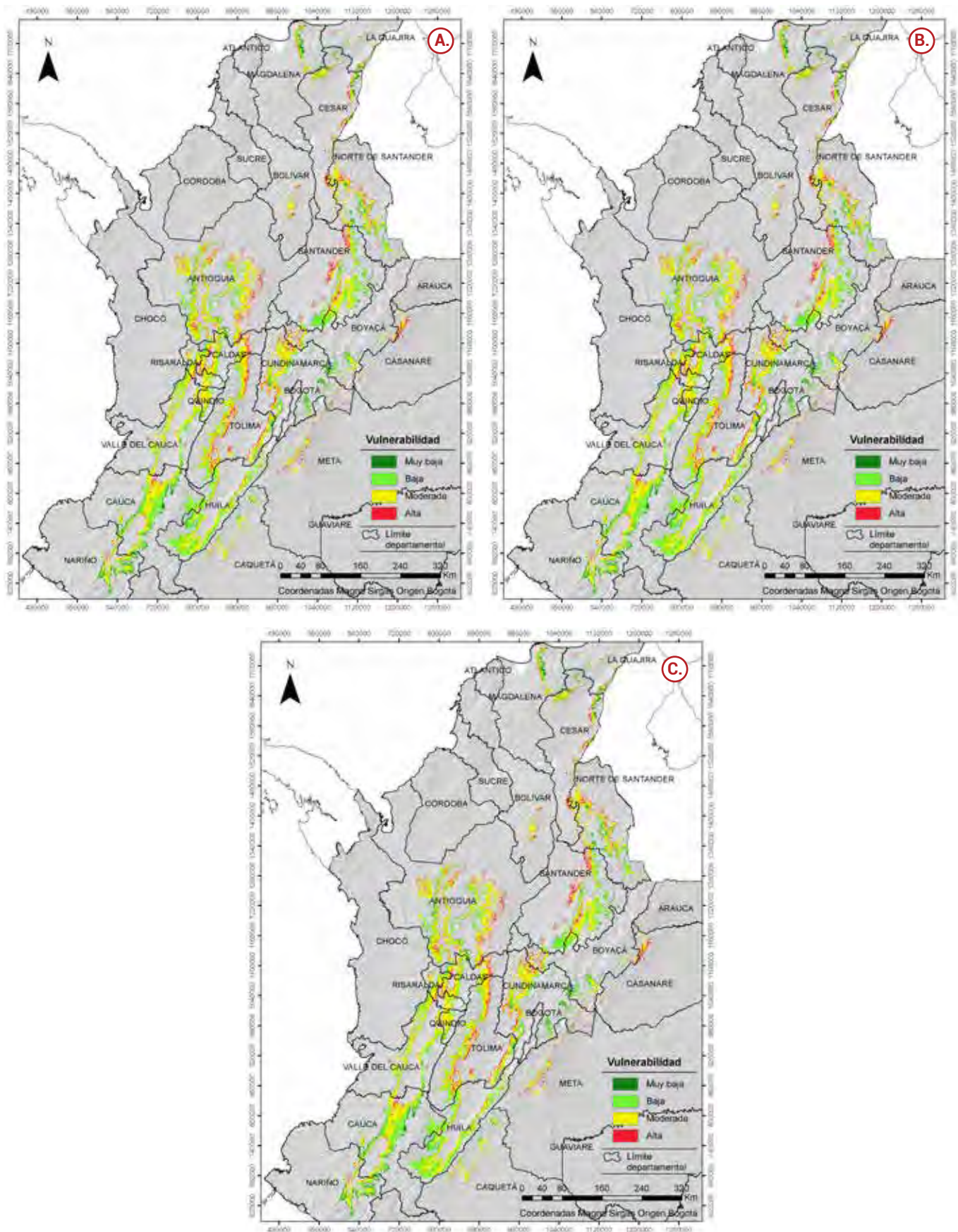


Figura 37. A. Mapa de vulnerabilidad de la zona cafetera de Colombia a la broca del café en un año con evento climático El Niño; B. La Niña; C. Neutro.



Figura 38. Liberación de *Prorops nasuta* en parche de dispersión (lote zoqueado). **A.** Lote de dispersión; **B.** Transporte; **C.** Bolsas que contienen café pergamino con broca parasitada por avispa; **D.** Instalación de bolsas con avispas; **E.** Avispas emergiendo.



Figura 39. Liberación de *Phymastichus coffea* en el parche de colonización (lote de primera cosecha). **A.** Lote de colonización; **B.** Transporte; **C.** y **D.** Instalación de bolsas con avispas; **E.** Avispas emergiendo.

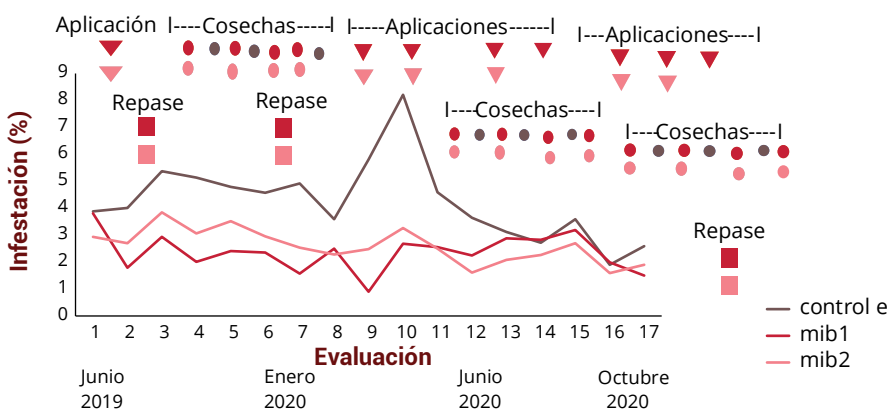


Figura 40. Evaluación de la efectividad de las medidas de manejo integrado en la infestación por broca en los árboles del lote Cítricos (La Catalina, Risaralda).

establecida para broca, es altamente efectivo frente a *M. Velezangeli*, *M. Disimulatum*, *T. Aurantii* y *L. coffeella*, ocasionando mortalidades del 100% para *Monalonion*, del 91% para *T. Aurantii* y disminución del daño de *L. coffeella* en un 99,7% (Figuras 41 y 42). Adicionalmente, se

demonstró que la cuarta parte de esta dosis (18,3 cc L⁻¹), disminuyó significativamente la oviposición y daño por parte de *L. coffeella* en hojas de café de plantas en casa de malla, encontrando daño solo en el 7,5% de las hojas. Con los lepidópteros *Chrysomima semilutearia* y *Spodoptera frugiperda*, el producto presentó un efecto menor, ocasionando mortalidades alrededor del 40%. Debido al efecto que presentó el producto sobre *Monalonion* y dado que este insecto es plaga en otros cultivos de interés agronómico, como el aguacate, el té y el cacao, se evaluó el efecto fitotóxico de este formulado sobre *Persea americana* Hass (aguacate) y *Thebroma cacao*



Figura 41. Plantas infestadas con *L. coffella*. **A.** Planta de café aplicada con agua; **B.** Planta de café tratada con el producto fitoquímico.



Figura 42. Hojas de la evaluación con *Leucoptera coffeella*. **A.** Hoja tratada con agua (control); **B.** Hoja tratada con el producto.

(cacao), la aplicación del producto fitoquímico a la dosis efectiva (73 cc L^{-1}) no ocasionó lesiones sobre plantas de almácigo de estas dos especies, indicando que puede ser usado en estos cultivos.

Esta investigación permitió demostrar que el producto fitoquímico presentó una alta eficacia en el control de la broca bajo una estrategia de manejo integrado y además se mostró efectivo sobre otros insectos plaga del cultivo del café. Dado que los componentes del formulado son de grado alimenticio, el producto brindaría mayor seguridad tanto al ecosistema cafetero como a la salud de los caficultores. Por lo tanto, en un futuro podría ser incluido dentro de la estrategia del manejo integrado de la broca del café e incluido en el de control de otros insectos y en otros cultivos. Dado lo novedoso y efectivo del producto, este se encuentra en proceso de patente.

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

Se evaluó la cosecha de travesa en las Estaciones Experimentales Naranjal y en La Catalina para identificar las fuentes de infestación de broca durante la retención de pases. Se tuvieron ocho tratamientos en dos modalidades, árboles cubiertos con jaula entomológica y árboles expuestos. La unidad experimental (UE) estuvo conformada por un árbol de café con frutos de 230 días después de floración (ddf) (día 0). Por cada tratamiento se tuvieron ocho repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron T1: Árboles con frutos perforados en el árbol y sin frutos perforados en el suelo. T2: Árboles sin frutos perforados en el árbol y con frutos perforados en el suelo. T3: Árboles con frutos perforados en el árbol y con frutos perforados en el suelo. T4: Árboles sin frutos perforados en el árbol y sin frutos perforados en el suelo. Se contabilizó el número total de frutos presentes en las ramas de cada árbol y en el suelo, por estado de maduración y el número total de brocados. Al día 265 dff (día 35) se evaluaron nuevamente los porcentajes de infestación de broca y número de frutos totales en cada árbol. Los resultados mostraron un incremento en los porcentajes de infestación de broca en La Catalina de 15,6%; 4,8%; 22,9%; 1,3% para los árboles cubiertos, y de 10,8%; 3,4%; 12,8%; 2,1% para los expuestos. En Naranjal la misma tendencia con valores de 6,5%; 5,4%; 8,1%; 0,61% en los árboles cubiertos y de 11,2%; 3,5%; 4,9% y 2,1% en los expuestos. Los resultados mostraron que en los tratamientos donde se retiraron los frutos brocados del árbol y del suelo antes de la retención de pases, los niveles de broca al día 35 de la retención no superaron el nivel de daño económico (5% de infestación), mientras que en los tratamientos donde se dejaron los frutos brocados en el árbol y en el suelo los niveles de infestación subieron por encima del nivel de daño económico en cada localidad (Figuras 43, 44 y 45). Estos resultados sugieren que la broca del café se origina de los mismos árboles durante la cosecha. El número de frutos caídos en el suelo antes de montar el experimento en La Catalina fue alto, con 14,4 frutos verdes en promedio con 14,3% de infestación y 7,6 frutos pintones con 68,3% de infestación. En Naranjal el número promedio de frutos brocados caídos en el suelo fue de 44,4 frutos verdes con un 8,3% de infestación, 10,6 frutos pintones con un 28,8% de infestación y 3,0 frutos maduros con un 29,1% de infestación. Se continuarán las evaluaciones en el campo realizando recolección de frutos del suelo y tratamiento químico al inicio de la retención, como posibles medidas de control en regiones de alta y moderada vulnerabilidad a la broca del café.

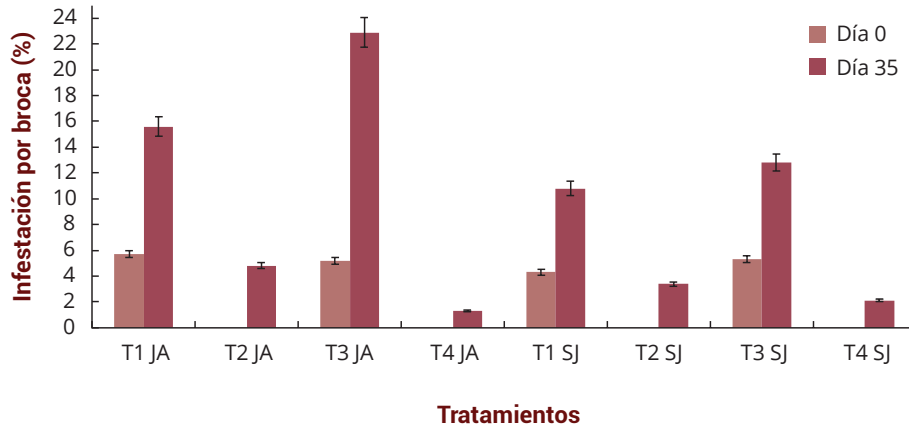


Figura 43. Porcentajes de infestación de broca en árboles cubiertos con jaula entomológica (JA) y en árboles expuestos (SJ) al día 0 y al día 35 de la retención de pases en la Estación Experimental La Catalina.

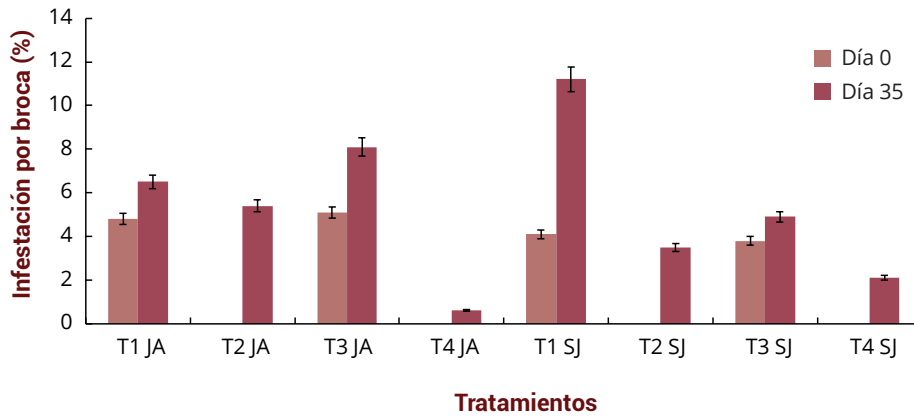


Figura 44. Porcentajes de infestación de broca en árboles cubiertos con jaula entomológica (JA) y en árboles expuestos (SJ) al día 0 y al día 35 de la retención de pases en la Estación Experimental Naranjal.



Figura 45. Parcela experimental en dos modalidades. Árboles cubiertos con jaula entomológica y árboles expuestos en lotes de café de cuarta cosecha.



Experimentación

Para el período del informe, la Disciplina de Experimentación continúa con la coordinación técnico administrativa de las ocho Estaciones Experimentales, con un área total de 500,89 ha. De ellas, 161,54 ha están sembradas en café, el 46% están destinadas a la producción de semilla de variedades Castillo®, Castillo® Regional, Cenicafé 1, Castillo® Zonales y Tabi; el 19% en proyectos de investigación y el 35% en el parque experimental, que equivale a áreas con lotes potenciales para establecer nuevas actividades de investigación. Las demás áreas están destinadas a otros usos.

Investigaciones

Se desarrollaron 141 réplicas de investigaciones, con 121 que continúan vigentes. Por disciplinas, se destacan por su participación, Entomología con 25, Fitotecnia con 24 y Mejoramiento Genético con 23. En cuanto a las Estaciones Experimentales donde se desarrollan las réplicas, se resaltan Naranjal con 60, Paraguaicito con 20, El Tambo y La Catalina con 16. Además, se desarrollaron siete réplicas de investigación en fincas de caficultores ubicadas en el área de influencia de las Estaciones Experimentales, siguen vigentes cuatro; sobresale el apoyo de las Estaciones San Antonio con cinco

réplicas, y Paraguaicito y Naranjal con una réplica, cada una.

Actividades de difusión

Otro de los objetivos de la Disciplina de Experimentación es apoyar al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé. En el período, se recibieron 1.640 visitantes, entre caficultores, extensionistas y estudiantes, entre otros; un 42% menos que en el período anterior, debido a la continuidad de la pandemia. El 54% de ellos corresponden a Técnicos Externos y el 20% a Extensionistas de la Federación Nacional de Cafeteros.

Sistema de Gestión Integral

En la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Federación Nacional de Cafeteros en el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, se resalta el cumplimiento de la norma de calidad en la toma de información y desarrollo de las investigaciones acorde a sus protocolos, la implementación de prácticas encaminadas a la conservación del medio ambiente y el fortalecimiento de actividades buscando

afianzar la seguridad y salud en el trabajo, con énfasis en el cumplimiento del protocolo de bioseguridad de la Federación Nacional de Cafeteros para la COVID-19 e implementación de las actividades de la Norma ISO 45001.

Semilla

Para este período, se distribuyeron 99.186 kg de semilla, siendo un año de alta demanda de semilla históricamente, un 21% más con respecto al período anterior y un cumplimiento de los Acuerdos de Nivel de Servicio (ANS) del 108%. Entre los Comités que demandaron mayor cantidad de semilla se destacan Antioquia con 13.740 kg. El 49% de la semilla distribuida fue Variedad Cenicafé 1 y el 57% de la semilla se produjo en la Estación Naranjal.

Se finalizó el proceso de las pruebas de la Distinción, la Homogeneidad y la Estabilidad (DHE), para los derechos de obtentor de la variedad Cenicafé 1 y se inició la recopilación de información para obtención del registro de cultivares comerciales de las variedades Cenicafé 1, Castillo® Zona Sur, Zona Norte, Zona Centro y Tabi.



Fisiología Vegetal

Evaluación del efecto de dos inhibidores de etileno al postergar la recolección de frutos maduros de café. FIS104003

Se evaluó el efecto del ácido salicílico (AS), en dos tiempos de aplicación, sobre la maduración fenológica de frutos de café, al retardar un pase de recolección durante la pre-cosecha. En las Estaciones Experimentales Paraguaicito y La Catalina en café variedad Castillo®, se instalaron seis tratamientos correspondientes a tres dosis de AS (0,5, 1,0 y 2,0 mmol L⁻¹), aplicadas en dos tiempos, una semana antes y durante el evento de recolección principal (ERP), con un pase de recolección retenido, más dos controles sin aplicación de inhibidores (C1: recolección normal, C2: recolección con retención de pase), en parcelas bajo un diseño completamente al azar. En la Figura 46 se presentan los porcentajes a nivel de una muestra de 1,0 kg para tres grados de maduración (Verdes_M, Cosechables_M y Secos_M). En La Catalina y en Paraguaicito, los tratamientos con AS no tuvieron efecto en cuanto al desarrollo de los frutos con respecto al C2. En la Tabla 15 se analizan los tres grados de maduración (Pintones_M, Maduros_M

y Sobre-maduros_M) que componen la variable Cosechables_M. En Paraguaicito, las variables Pintones_M, Maduros_M y Sobre-maduros_M, no tuvieron un efecto destacable en el desarrollo de los frutos con respecto a C2 o a C1. Por otra parte, en La Catalina, la ausencia de diferencias estadísticas en la variable Sobre-maduros_M entre el C1 y los tratamientos 2 y 6, con diferencias de solo el 9% y 8%, respectivamente, sugiere un leve pero perceptible retardo en la maduración fenológica de los frutos sobre-maduros de los tratamientos 2 y 6, aunque ningún tratamiento llegó a ser significativamente diferente al C2. Lo anterior, en conjunto con los resultados a nivel de rama, presentados en el anterior informe 2020, no permiten recomendar el uso del AS, dado el bajo efecto sobre la maduración cuando la retención del pase se extendió por más de 20 días después del ERP.

Evaluación del efecto de una fuente carbonatada en el crecimiento y desarrollo del café en estado de almácigo. FIS102008

Se evaluó un producto comercial ofrecido a los caficultores para mejorar el crecimiento de las plantas de café en etapa de almácigo, el cual es un compuesto carbonatado con una proporción aproximada de carbonato de calcio del 56% y carbonato de magnesio del 44%. Se calcularon las dosis de aplicación con base en la recomendación de la casa comercial para café, las cuales se distribuyeron en cuatro tratamientos (TTO): TTO1: 50% de la dosis recomendada, TTO2: 100%, TTO3: 200%, Control: plantas a las cuales no se les realizó la aplicación del producto. Se sembraron 2.500 chapolas en bolsas de 2,0 kg de suelo, con la proporción 9:1 de suelo - materia orgánica y 15 mL de micorrizas, bajo las condiciones establecidas por Cenicafé para la instalación de almácigos. La ubicación del experimento fue en la sede Cenicafé La Granja. Se realizó un monitoreo constante de las condiciones ambientales a través de una estación microclimática dispuesta en el almácigo. A partir de los 30 días después de la siembra (DDS), se observó el desarrollo del primer par de hojas verdaderas en el 80% de las chapolas, y se llevó a cabo la primera aspersión del producto por el envés de las hojas, en horas de la mañana. Las aplicaciones de todos los tratamientos se realizaron cada 15 días, hasta alcanzar los 180 DDS. La unidad experimental fue un conjunto de 20 plantas, para un total de 80 unidades experimentales contando con el control. La variable de

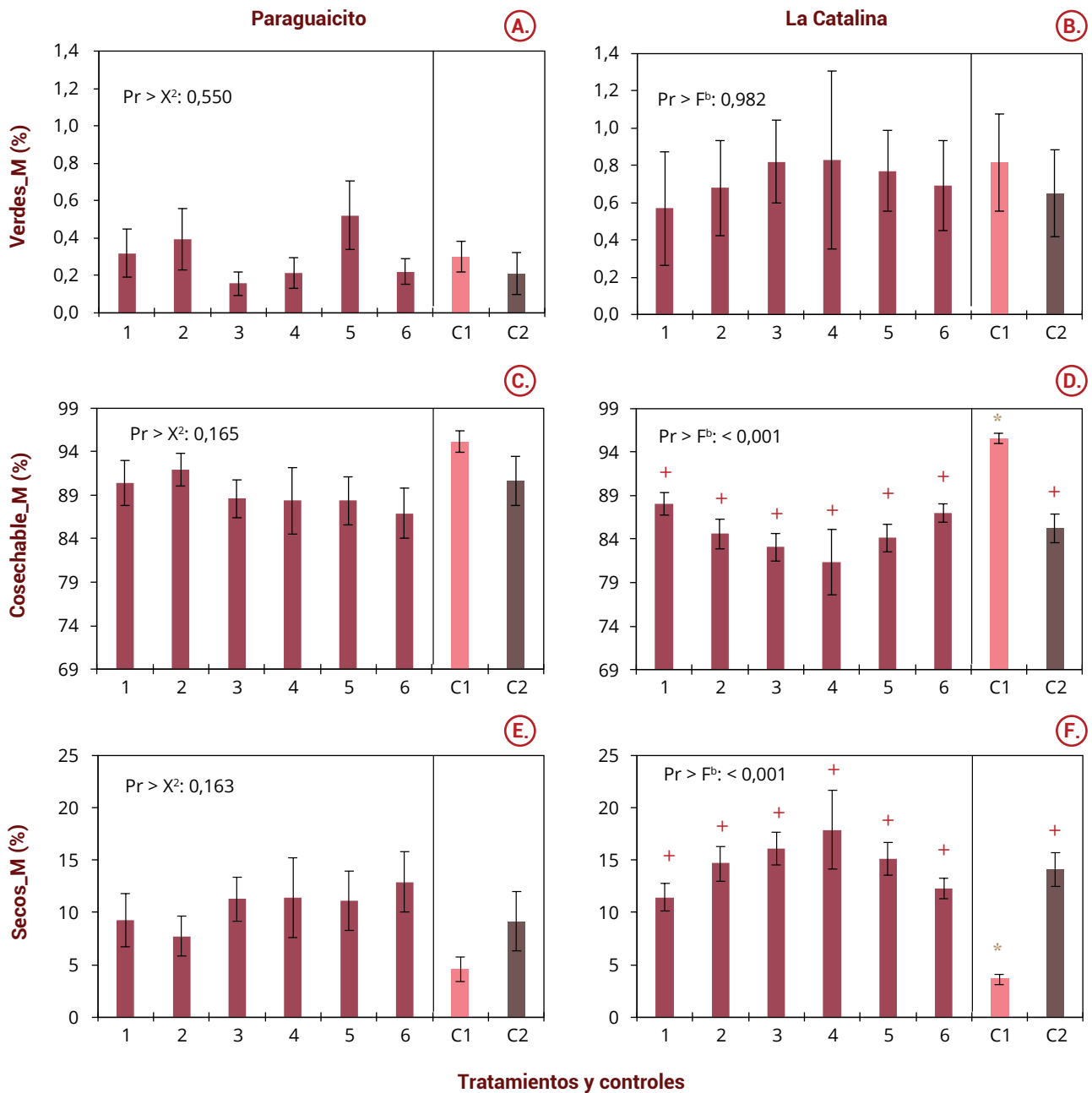


Figura 46. A. y B. Porcentaje de frutos verdes (Verde_M), C. y D. cosechables (Cosechable_M) y E. y F. secos (Secos_M) en muestra de 1,0 kg de café variedad Castillo®, para seis tratamientos (1: una semana antes del evento de recolección principal (ERP) - ácido salicílico (AS) 0,5 Mm; 2: una semana antes ERP - AS 1,0 mM; 3: una semana antes ERP - AS 2,0 mM; 4: semana del ERP - AS 0,5 mM; 5: semana del ERP - AS 1,0 mM; 6: semana del ERP - AS 2,0 mM) y dos controles (C1: Control 1 recolección normal; C2: Control 2 recolección con retención de pase), en las localidades de Paraguaicito y La Catalina. En las gráficas, se presentan las medias y el error estándar, en ambos casos de los valores originales. Pr > F^a: Significancia de la prueba de F para datos originales. Pr > F^b: Significancia de la prueba de F para datos transformados. Pr > X²: Significancia de la Prueba de X² para datos no normales. *: tratamientos (1-6) o C2 que son estadísticamente diferentes al C1 (α=0,05). *: tratamientos (1-6) o C1 que son estadísticamente diferentes al C2 (α=0,05).

respuesta fue el contenido de materia seca. A los 180 DDS se realizó el muestreo destructivo final, en el cual 15 plantas de cada unidad experimental por tratamiento fueron extraídas aleatoriamente. Se lavaron y se secaron en horno a 65°C durante siete días, se pesaron y se obtuvo el contenido de

materia seca total. El efecto de la fuente carbonatada en el contenido de materia seca fijada en las plantas se muestra en la Tabla 16. Con base en los resultados del análisis de varianza (F=0,669; p=0,575; α=0,05; n=15), no hubo diferencia significativa en el contenido de materia seca de los tratamientos en

Tabla 15. Porcentaje de frutos pintones (Pintones_M), maduros (Maduros_M) y sobre-maduros (Sobre-maduros_M) en muestra de 1,0 kg de café variedad Castillo®, para seis tratamientos y dos controles, en las localidades de Paraguaicito y La Catalina. Los valores en la tabla corresponden a las medias \pm error estándar de los valores originales.

Loc.	Tratamiento / Control	Pintones_M				Maduros_M				Sobre-maduros_M						
Paraguaicito	1	4	\pm	1	+	ns	59	\pm	5	ns	ns	27	\pm	3	+	ns
	2	9	\pm	2	ns	ns	53	\pm	4	ns	ns	30	\pm	3	+	ns
	3	10	\pm	3	ns	ns	56	\pm	5	ns	ns	23	\pm	3	+	ns
	4	7	\pm	3	ns	ns	50	\pm	6	ns	ns	32	\pm	3	+	ns
	5	6	\pm	1	+	ns	51	\pm	4	ns	ns	32	\pm	3	+	ns
	6	7	\pm	2	ns	ns	58	\pm	3	ns	ns	22	\pm	2	+	ns
	C1	19	\pm	2		ns	66	\pm	3		ns	10	\pm	2		x
	C2	9	\pm	2	ns		54	\pm	5	ns		28	\pm	3	+	
	Pr	**	c				ns	a				**	a			
La Catalina	1	13	\pm	1	ns	ns	49	\pm	4	+	ns	26	\pm	3	+	ns
	2	11	\pm	1	ns	ns	53	\pm	3	+	ns	21	\pm	2	ns	ns
	3	12	\pm	1	ns	ns	50	\pm	3	+	ns	22	\pm	2	+	ns
	4	11	\pm	2	ns	ns	47	\pm	3	+	ns	23	\pm	3	+	ns
	5	12	\pm	1	ns	ns	50	\pm	2	+	ns	23	\pm	1	+	ns
	6	11	\pm	1	ns	ns	56	\pm	2	+	ns	20	\pm	2	ns	ns
	C1	14	\pm	2		ns	70	\pm	2		x	12	\pm	1		x
	C2	10	\pm	1	ns		48	\pm	3	+		26	\pm	3	+	
	Pr	ns	a				**	a				**	a			

Tratamientos: 1: una semana antes del evento de recolección principal (ERP) - ácido salicílico (AS) 0,5 mM; 2: una semana antes ERP - AS 1,0 mM; 3: una semana antes ERP - AS 2,0 mM; 4: semana del ERP - AS 0,5 mM; 5: semana del ERP - AS 1,0 mM; 6: semana del ERP - AS 2,0 mM; C1: Control 1 recolección normal; C2: Control 2 recolección con retención de pase; ns: no significativo; * y **: indica diferencias significativas al 5% ($Pr < 0,05$) y al 1% ($Pr < 0,01$), respectivamente; a: Según la prueba de F para datos originales; b: Según la prueba de F para datos transformados; c: Según la prueba de X2 para datos no normales; +: tratamientos (1-6) o C2 que son estadísticamente diferentes al C1 ($\alpha=0,05$); x: tratamientos (1-6) o C1 que son estadísticamente diferentes al C2 ($\alpha=0,05$).

Tabla 16. Promedio del contenido de materia seca con su respectiva desviación estándar de cada uno de los tratamientos de aplicación de la fuente carbonatada y el testigo. Los tratamientos fueron el TTO1 (50%), TTO2 (100%) y TTO3 (200%) de la dosis recomendada por la casa comercial.

Tratamientos	Materia seca (g)	\pm Desviación estándar
TTO1	3,49	1,10
TTO2	3,56	1,14
TTO3	3,34	1,18
Testigo	3,90	1,04

comparación con el control (Figura 47). Se concluyó que la administración del producto carbonatado no tuvo efecto sobre la asimilación de biomasa en los colinos de café, por lo tanto, no se recomienda el suministro de este insumo en almácfgo.

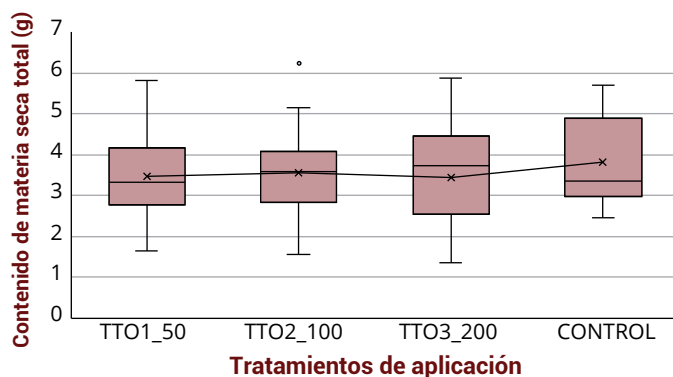


Figura 47. Contenido de materia seca (g) de 15 plantas de cada tratamiento y el control. No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) en la media del contenido de materia seca de los tratamientos en comparación con el control.

Evaluación de materiales del germoplasma de café por su respuesta a dosis de nitrógeno. FIS103002

En esta investigación se evaluó la producción acumulada de tres accesiones de la Colección Colombiana de Café: CU1983, CU1825 y Geisha, bajo condiciones de campo, con diferentes tratamientos de nitrógeno 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de la dosis recomendada de acuerdo con la recomendación del análisis de suelo. Según la producción acumulada entre los meses abril de 2018 a mayo de 2021, se presentaron diferencias estadísticas entre ellas, diferenciando la accesión

Geisha como la de menor producción, con respecto de las otras dos accesiones (CU1983 y CU1825), entre las cuales no hubo diferencia significativa (Tabla 17). Los tratamientos de las dosis aplicadas de nitrógeno presentaron diferencias significativas en la producción acumulada con cada accesión estudiada, presentando una tendencia lineal con la producción, es decir, entre más nitrógeno más producción. Por otra parte, se evaluó como variable complementaria la fluorescencia de la clorofila en los diferentes tratamientos estudiados, sin diferencias significativas entre ellos, indicando que esta técnica no es adecuada para identificar deficiencias de nitrógeno en café (Figura 48).

Tabla 17. Producción acumulada de las accesiones CU1825, CU1983 y Geisha con cuatro dosis de nitrógeno (Prueba Tukey al 5%).

Dosis	CU1825		CU1983		Geisha		General dosis*	
	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar
0%	1.492,1	136,3	943,6	165,19	1.109,4	191,04	1.181,7	103,20
25%	1.827,8	189,2	1.584,3	189,84	1.031,6	133,30	1.481,2	117,97
50%	1.916,5	257,1	1.635,8	138,95	1.484,9	150,99	1.679,1	111,20
75%	1.695,7	162,0	2.303,6	141,21	1.412,8	156,42	1.804,0	114,78
100%	1.973,7	262,6	2.104,5	152,09	1.750,9	163,34	1.943,0	113,91
General genotipo	1.781,1 a	92,21	1.714,4 a	101,19	1.357,9 b	79,72		

En general, para genotipos, letras no comunes indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de Tukey al 5%. *De acuerdo a los resultados de polinomios ortogonales, los tratamientos se ajustan a un comportamiento lineal ($P < 0,0001$).

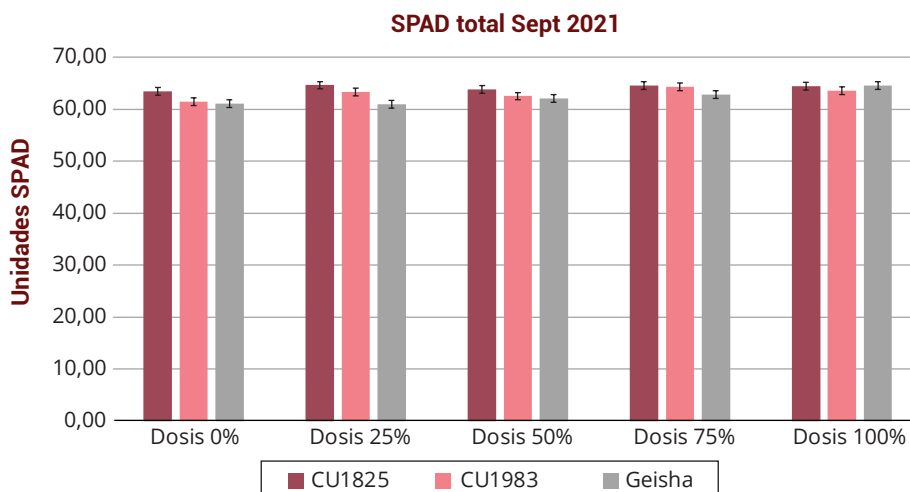


Figura 48. Medición del contenido de clorofila, en unidades SPAD, de las tres accesiones de la Colección Colombiana de Café CU1983, CU1825 y Geisha, con diferentes dosis de nitrógeno.



Fitopatología

Caracterización y monitoreo de roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*)

Caracterización patogénica y genética de razas de roya presentes en materiales de café con resistencia y susceptibilidad a la enfermedad. PAT103011

Dentro del proceso biológico de co-evolución al que está sometido el hongo causante de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en su único hospedante obligado, *Coffea* spp., el patógeno cambia y muta para adaptarse a las variedades susceptibles y resistentes en los diversos ambientes. Dada la alta importancia de la roya y su amenaza, la Disciplina de Fitopatología de Cenicafé busca conocer cómo y dónde se están dando estos cambios y su relación con las epidemias de roya en el campo. En esta vigencia, se continuó caracterizando poblaciones agresivas de roya. Se recolectaron urediniosporas de roya en líneas avanzadas componentes de las variedades de FNC - Cenicafé en la Estación Experimental (EE) Naranjal (cinco líneas y Cenicafé 1 mezcla), y EE

La Catalina (tres líneas), y se inocularon sobre hojas de 48 componentes de las variedades Colombia, Castillo® y Cenicafé 1, 21 de Tabi, 12 parentales de cruzamientos MEG-2018, 21 diferenciales del CIFC (*SH1* al 9,+?) y otros tres genotipos de interés. En general, en todas las líneas que componen las variedades y en algunos de los diferenciales se presentó esporulación, con valores variables en el porcentaje de sitios inoculados esporulados y en el promedio de sitios por hoja por genotipo, con base en los grados de la escala de lesiones crecientes de roya. Esto depende del origen geográfico y la línea o variedad fuente, indicando diferencias en respuestas de la resistencia de las plantas (Figura 49). Estas poblaciones son heterogéneas y en su mayoría no corresponden a razas fisiológicas conocidas, con genotipos de virulencia que llevan los genes $v1,2,4,5,6,7,8,9,+?$. Se encontraron respuestas asociadas a las razas XXXVII y XXV, y variantes o patotipos con cuatro genotipos de virulencia complejos. Además, se caracterizó una población como posible Raza I ($v2,5$) especializada en la variedad Caturra, para las investigaciones en genómica, y se avanza en estudios para entender el efecto del ambiente. Estos trabajos ayudarán a implementar medidas de monitoreo y de manejo para prevenir impactos por la enfermedad.

Identificación de marcadores moleculares candidatos asociados a diversidad genética de aislamientos de roya del cafeto. PAT103014

La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) es la mayor enfermedad en los cultivos de café, al causar epidemias recurrentes y devastadoras que comprometen la productividad y rentabilidad del cultivo. Debido al ciclo de vida del hongo, al tener a *Coffea* spp. como único hospedante, y a su capacidad de adaptación, se han desarrollado razas y variantes que infectan variedades susceptibles y resistentes. Con el fin de conocer la diversidad genética de *H. vastatrix* en Colombia, se estudió desde la genética de poblaciones, la formación y estructura de las mismas, dependiendo del genotipo de café hospedante y la distribución geográfica. Mediante bioinformática se encontraron 2.490 marcadores moleculares SSR polimórficos, en secuencias del ADN del hongo, y se seleccionaron ocho por ser los más robustos. Al analizar ADN de 89 aislamientos monopustulares de roya, los análisis del índice

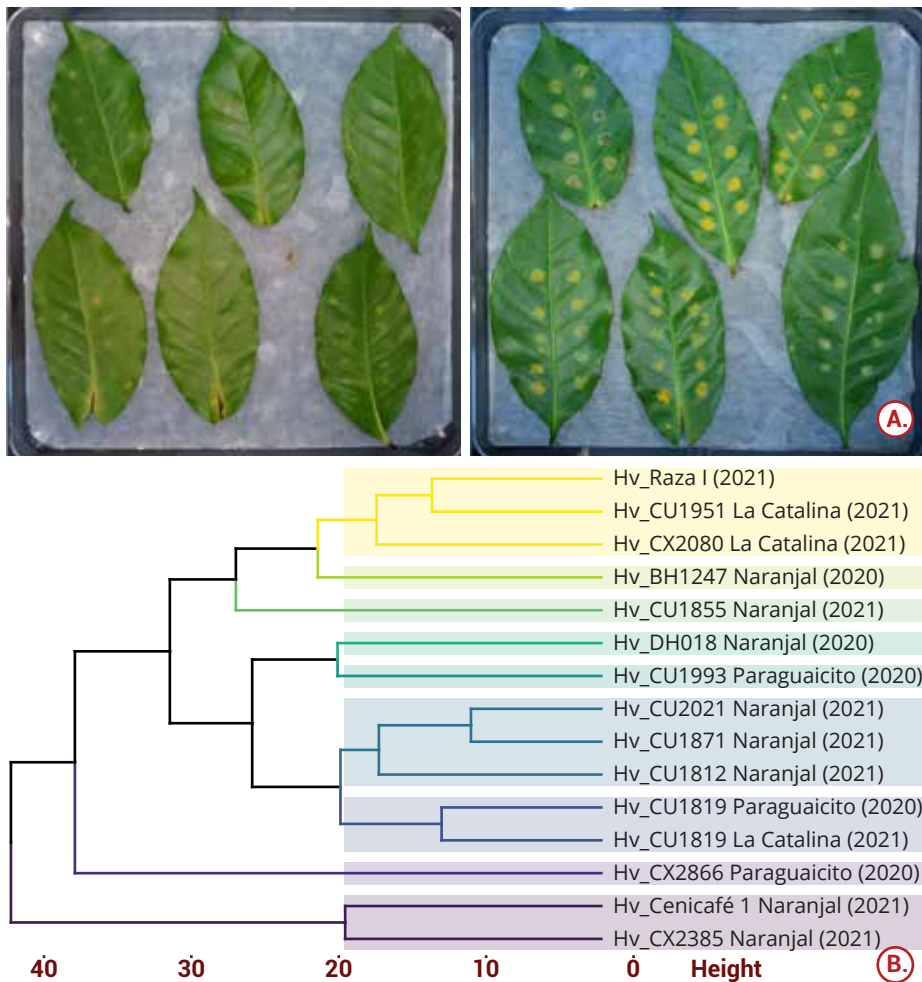


Figura 49. A. Inoculaciones por gota de suspensiones de urediniosporas de *H. vastatrix* en hojas desprendidas de genotipos de café, para la caracterización de poblaciones de roya recolectadas en genotipos con resistencia y susceptibilidad a la enfermedad. **B.** Análisis filogenético de la estructura poblacional en la caracterización de poblaciones de roya 2020-2021, considerando >1% de gotas o sitios esporulados en plantas diferenciales de café CIFC (Portugal), con factores de resistencia S_H1 al 9, conocidos.

Determinación de la estructura genética y patogénica de una población de roya obtenida de un genotipo de café (Caturra x Híbrido de Timor) con resistencia incompleta. PAT 103007. Apoyo de Beca Posdoctoral 2019 – 2020 MinCiencias.

La principal estrategia de manejo de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en Colombia es sembrar variedades resistentes desarrolladas por FNC – Cenicafé, lo cual propicia co-evolución y mayor presión hacia el hongo patógeno, que acumula cambios genéticos o mutaciones para desafiar o superar los mecanismos de resistencia de las plantas, desarrollando razas o variantes virulentas y agresivas. Estudios realizados han encontrado baja diferenciación y variabilidad no estructurada en las poblaciones de *H. vastatrix* en el campo, y no se conoce cómo se comportan considerando su origen geográfico y el genotipo de café hospedante. Esta investigación busca entender la estructura de una población de individuos de *H. vastatrix* (37 aislamientos monopustulares), que afectan al genotipo de café CU1812 con resistencia incompleta, derivado de Caturra x Híbrido de Timor (HdT) 1343, componente de alta productividad, de las variedades Castillo® general anterior y Castillo® Rosario, Naranjal, Paraguaicito, Trinidad y Santa Bárbara. Los análisis del porcentaje de infectividad, períodos de incubación y de latencia, y el área de la lesión en inoculaciones sobre hojas de Caturra, HdT 1343 CV2 y CU1812, mostraron interacción significativa entre el aislamiento y el genotipo de café, indicando que existe variabilidad patogénica entre aislamientos monopustulares de roya de

de asociación estandarizado ($I_A = 1,38$), del equilibrio de Hardy Weinberg ($HW = 0,6$) y de la riqueza clonal ($r_d = 0,20$), indicaron baja variación o recombinación de individuos, pero procesos de posible criptosexualidad harían un aporte a la diversidad poblacional del patógeno en las plantas y áreas muestreadas. Esto se validó con el análisis de red de expansión mínima que determinó las relaciones y distancias entre los inóculos de roya, encontrando que la red carece de reticulación en los nodos terminales, lo cual sugiere similitud entre individuos que comparten alelos dentro de la población de 89 aislamientos de *H. vastatrix* evaluada (Figura 50). Al caracterizar razas fisiológicas mediante plantas diferenciales del CIFC (Portugal), para un grupo de 33 aislamientos de roya, se determinaron siete razas nuevas para el país (I, XVI, XXIV, XXVI, XXVIII, XXIX y XXXIX) y siete patotipos o variantes sin caracterizar, reiterando la dificultad en establecer una relación entre las caracterizaciones genéticas y fenotípicas de razas. Estos hallazgos son relevantes para el conocimiento de las poblaciones, epidemias y manejo de la roya, y para el desarrollo de variedades de café.

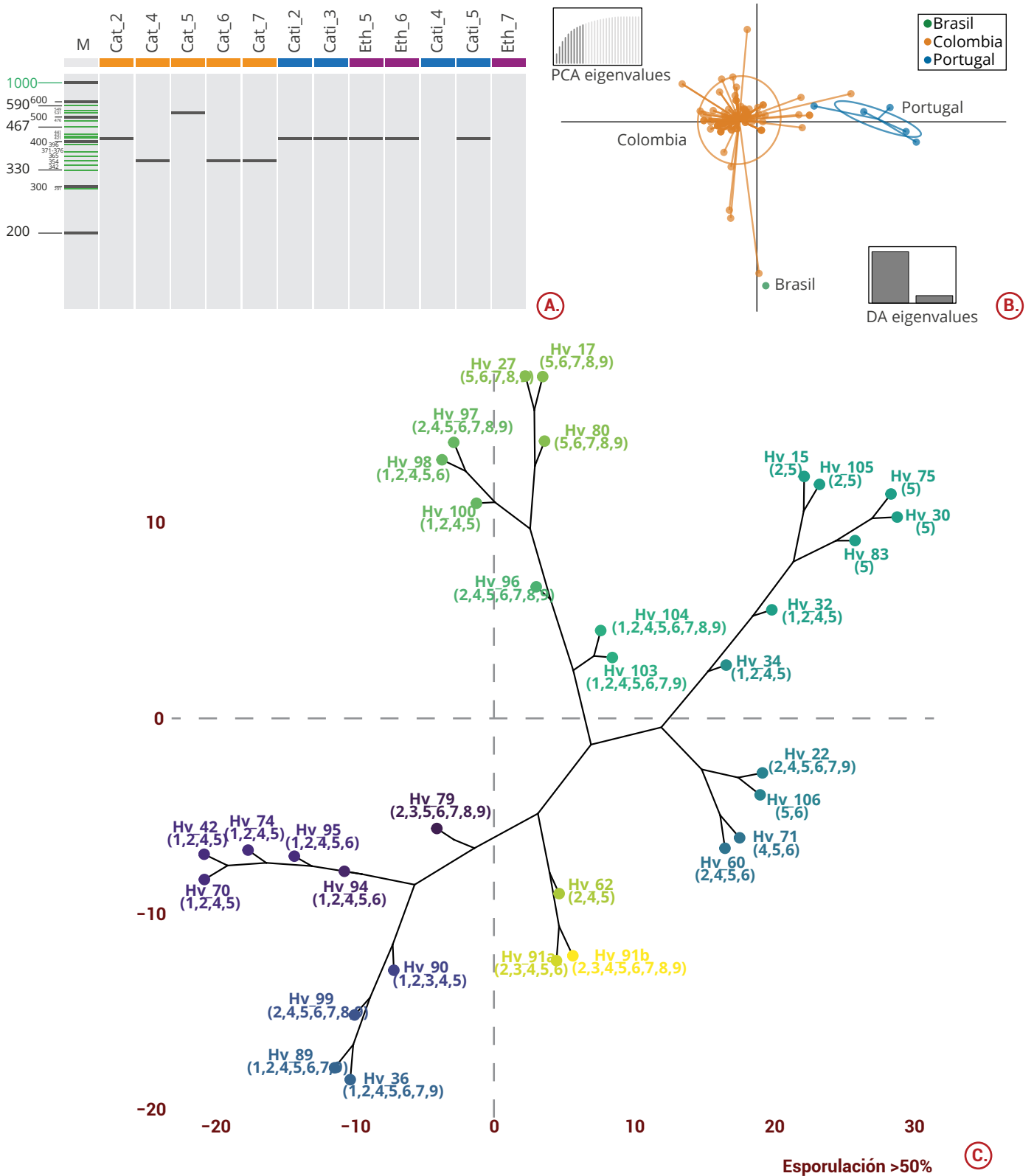


Figura 50. Estructura genotípica y fenotípica de la población de *H. vastatrix*, con base en aislamientos monopustulares. **A.** Amplificación de ADN de *H. vastatrix* a partir de datos microsatélites (SSR) determinado por electroforesis capilar, usando el sistema QIAxcel Advanced. **B.** Análisis de Componentes Principales por país de origen o fuente de 89 aislamientos de roya, a partir de datos microsatélites (SSR) en el ADN del hongo. **C.** Análisis de red de expansión mínima (MSN) de la estructura poblacional en la caracterización fenotípica de 33 aislamientos de *H. vastatrix* con >50% de gotas o sitios esporulados en plantas de genotipos diferenciales de café CIFC (Portugal), con factores de resistencia $S_{H,1}$ al 9, conocidos.

una misma hoja y entre aislamientos de varias hojas de una misma planta y/o de varias plantas de CU1812 (Figura 51), y en dos lotes de la misma localidad (Estación Experimental Naranjal). Además, al caracterizar tres aislamientos contrastantes

usando diferenciales del CIFC (Portugal), no correspondían a razas previamente caracterizadas y sus genotipos de virulencia eran complejos. Se avanza en secuenciación del genoma con cobertura 20X mediante la tecnología DNBseq y análisis

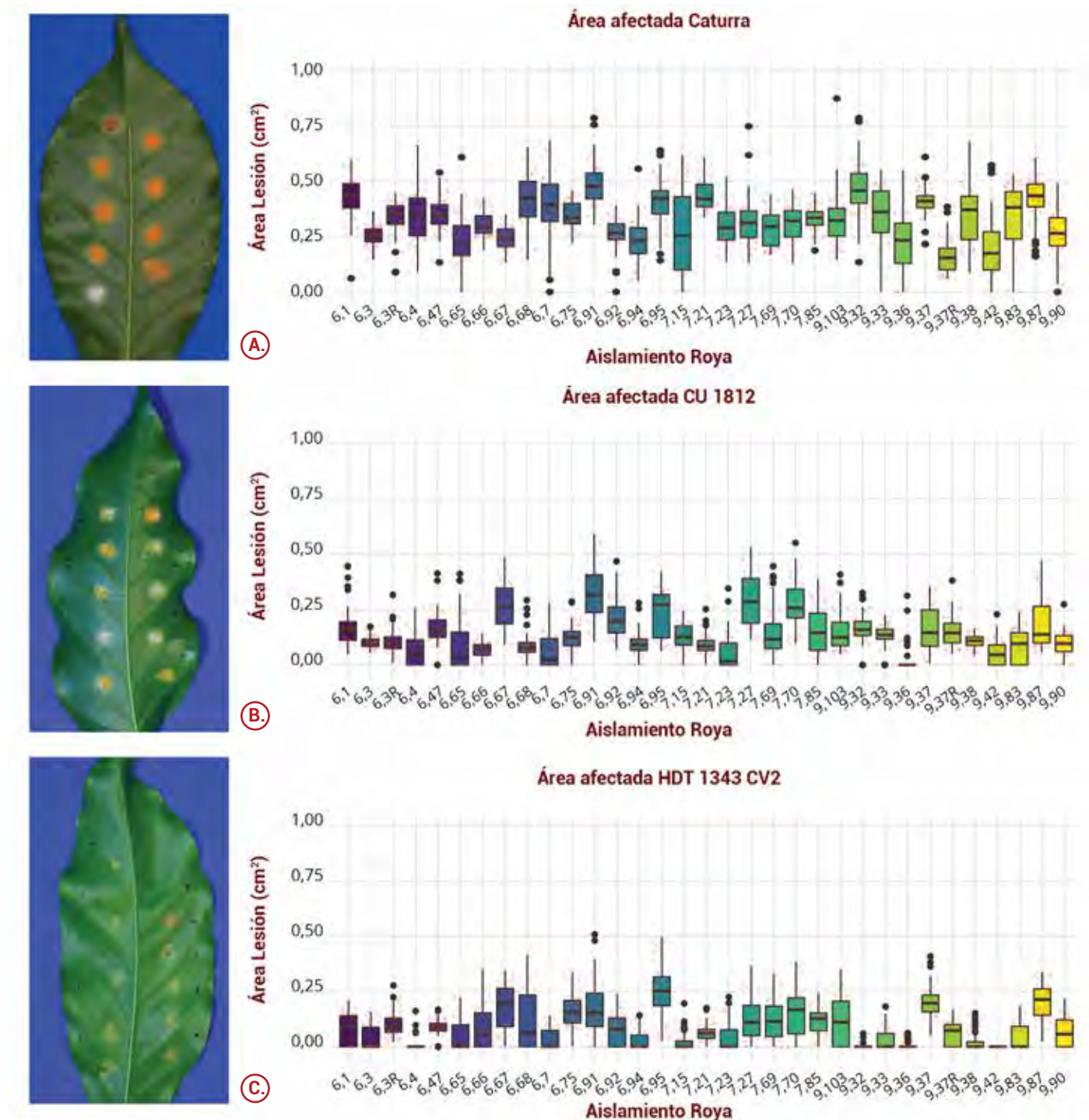


Figura 51. Gráfico de cajas indicando la dispersión de los datos para el área afectada (lesión) causada por los aislamientos procedentes de pústulas de roya de los árboles No. 6, 7 y 9 del lote Guacas (Estación Experimental Naranjal), e inoculados en hojas de los genotipos Caturra, CU1812, e Híbrido de Timor 1343 CV2; $n=60$. Cuantificación relativa, cuando se consideran solo los sitios inoculados que ocasionaron lesión por roya.

evolutivos. De esta forma, se busca entender cómo y en dónde *H. vastatrix* está cambiando y su relación con la patogenicidad y resistencia incompleta, para prevenir impactos sobre la caficultura de Colombia.

Desarrollo de un genoma de referencia de roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). PAT 102006

La roya del café (*Hemileia vastatrix*) sigue siendo una enfermedad de alta importancia económica para Colombia y el mundo, causando pérdidas en la producción hasta del 80%. En general, se registran cerca de 50 razas fisiológicas de *H. vastatrix* en el mundo, unas 13 en Colombia, y se están registrando nuevas variantes desconocidas con genotipos de virulencia más complejos, debido a la co-evolución del hongo con las distintas variedades de café en los diferentes ambientes de cultivo. Sin embargo, los mecanismos mediante los cuales *H. vastatrix* está cambiando en su genoma para generar estas razas y variantes más virulentas o agresivas se conocen muy poco. Para avanzar en el estudio de la dinámica de roya en Colombia y entender mejor su diversidad genética

y patogénica, se están realizando estudios de genómica de roya, donde el insumo fundamental es un genoma de referencia de alta calidad. En esta investigación se incrementó una población de roya aislada de *C. arabica* variedad Caturra, caracterizada mediante los diferenciales del CIFC (Portugal) como posible Raza I (v2,5) (Figura 52), se extrajo ADN de alto peso molecular a partir de urediniosporas, se secuenció y ensambló su genoma con instituciones internacionales especializadas. Los resultados preliminares mostraron un genoma con tamaño estimado entre 707 y 718 Mbp, cobertura de 70X, ensamblaje total de 775,48 Mbp, en 956 andamiajes >1kbp, valores de N50 de 35,48 Mbp, L50 de nueve andamiajes y N90 de 26, con 32.867.163 lecturas pareadas, indicando alta integridad, calidad y contigüidad. Los análisis con software BUSCO (*Benchmarking Universal Single-Copy Orthologs*) proporcionan medidas cuantitativas en el ensamblaje del genoma con base en genes ortólogos de copia única de Eucariotas, en este caso, y muestran que al menos el 96% del genoma está completo. Estos resultados permiten avanzar hacia su anotación

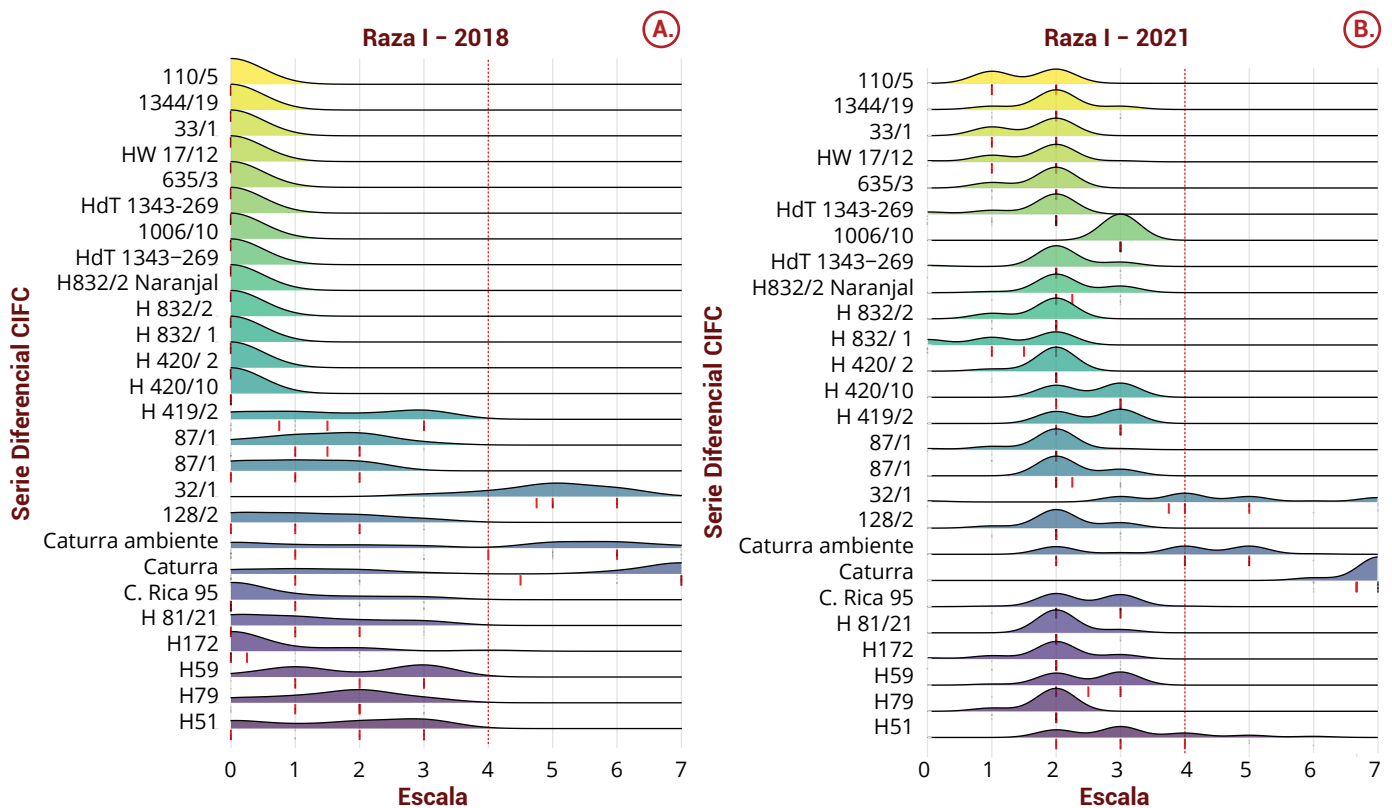


Figura 52. Distribución de frecuencias por grado de avance de lesiones crecientes de roya (*H. vastatrix*) escala de Leguizamón (1983), en la caracterización de una población aislada de *C. arabica* variedad Caturra, incrementada para la secuenciación y ensamblaje del genoma a partir de urediniosporas del hongo. **A.** Caracterización en serie abreviada de diferenciales CIFC (Portugal) realizada en agosto de 2018, previo a secuenciación; **B.** Caracterización realizada en junio de 2021, posterior a la secuenciación.

para conocer en detalle la cantidad, organización y funcionalidad de los genes. Finalmente, se busca ahondar en el conocimiento y manejo de las poblaciones y epidemias de roya, y prevenir impactos sobre la caficultura colombiana.

Biología y epidemiología de gotera

Evaluación del comportamiento del hongo *Mycena citricolor* causante del ojo de gallo o gotera del cafeto en Colombia en condiciones naturales y su caracterización biológica, patogénica y molecular. PAT 102001

La gotera u ojo de gallo (*Mycena citricolor*) es una enfermedad nativa y endémica de América, que afecta numerosos hospedantes, y de alta importancia económica en café con pérdidas que ascienden al 80% en algunos casos. Para conocer su epidemiología en zonas críticas en Colombia, se evaluó por casi tres años la dinámica de la enfermedad, y se monitoreó el microclima en dos lotes en la Estación Experimental El Tambo (Cauca, EET) y en un lote en Miraflores, Boyacá (LMB). Se analizaron las variables dirección y velocidad del viento (WS), ráfagas de viento (WG) y duración de mojadura de la hoja (LWD, por sus siglas en inglés) durante los años 2018 y 2019. En la EET la WS fue baja, no superó $8,0 \text{ m s}^{-1}$ y en agosto alcanzó velocidades WG de $10,0$ a $12,0 \text{ m s}^{-1}$; en el LMB fue de $4,0 - 6,0 \text{ m s}^{-1}$, favoreciendo la enfermedad. La LWD usada para pronóstico de enfermedades, se presenta con mayor frecuencia en la noche que durante el día, favoreciendo la infección. En la EET la LWD se presentó cuando la Humedad Relativa (HR) alcanzó el 92% y en el LMB a una HR $\geq 95\%$ -97% (Figura 53). Se completó la caracterización de 15 aislamientos de *Mycena citricolor* sobre hojas y frutos, y se avanza en el análisis de imágenes utilizando el software Image J, permitiendo observar las lesiones en detalle desde que inician. Las variables consolidadas son: porcentajes de área afectada y de defoliación o de caída de frutos, y expresión de gemas y basidiocarpos sobre las lesiones. Finalmente, se realizó la producción y liofilización masiva de micelio del hongo para la

secuenciación del ADN mediante la tecnología DNBseq. Además de metodologías nuevas desarrolladas, estos trabajos han permitido una mayor comprensión de la biología del hongo y epidemiología de la enfermedad, que se están utilizando para definir estrategias de manejo.

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, "ojo de gallo" o mancha americana, es causada por el hongo *Mycena citricolor*,

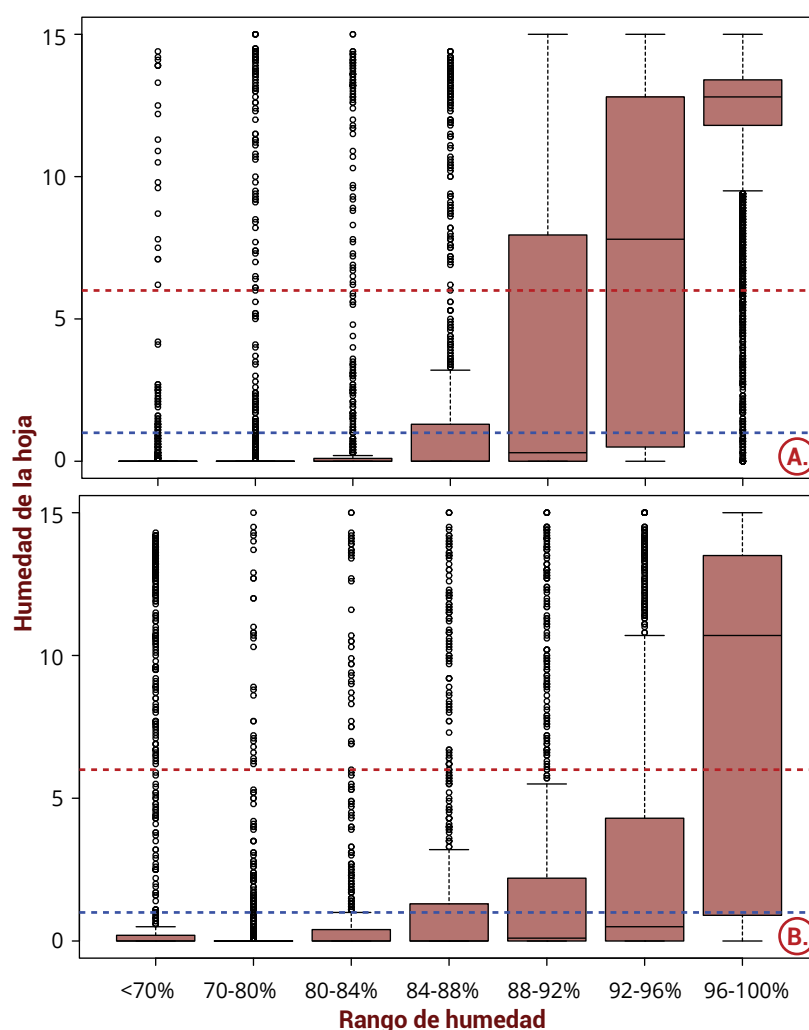


Figura 53. Correlación entre rangos de Humedad Relativa (Eje X) para favorabilidad (>80%), óptima (70-80%) y desfavorabilidad (<70%), para infección por el hongo *Mycena citricolor*, y duración de la mojadura de la hoja (LWD-Leaf Wetness Duration, por sus siglas en inglés) (Eje Y). Por encima del valor 1 (línea punteada azul propuesta para café) y valor 6 (línea punteada roja utilizada por el proveedor de la estación meteorológica Watch Dog), en la Estación Experimental El Tambo-Cauca **A.** y en un lote del cultivo en Miraflores-Boyacá **B.**

enfermedad que es limitante en algunas regiones productoras de café con condiciones definidas de microclima. La gotera causa defoliaciones severas y caída prematura de frutos en todas las edades, reduce notablemente el área fotosintética de la planta, afectando el crecimiento de la misma y su potencial de producción, tanto en cantidad como en calidad del café. Considerando el requerimiento de métodos estandarizados para cuantificar enfermedades en hojas y frutos, el objetivo de esta investigación es desarrollar y validar Diagramas de Área Estándar (DAE) para la cuantificación de severidad en hojas y frutos de café afectados por gotera. Para estandarizar las evaluaciones se desarrollaron dos DAE mediante el modelo lineal de Chiang (2014), a partir de 1.180 hojas, se calculó el valor mínimo (0,11%) y máximo (35,68%) de área afectada. Para frutos se procesaron 2.106 imágenes, el valor mínimo fue de 3% y el máximo de 95% de área afectada (Figura 54). Los DAE propuestos en análisis preliminares demuestran niveles adecuados de correlación y precisión (coeficiente de determinación r^2 entre 0,79 y 1,00, y coeficiente de sesgo $C_b = 0,69$ y 1,00), presentándose como una posible herramienta a utilizar en estudios de biología y epidemiología, mediciones fitosanitarias y en el desarrollo de estrategias de manejo de la enfermedad. Paralelamente y completando los análisis, se desarrolló y estandarizó una rutina o "script" en la plataforma R, con su respectivo algoritmo, como una alternativa para agilizar los procesos de cuantificación y análisis de imágenes de órganos de plantas sanos y afectados por algunas enfermedades, para el avance en las investigaciones.

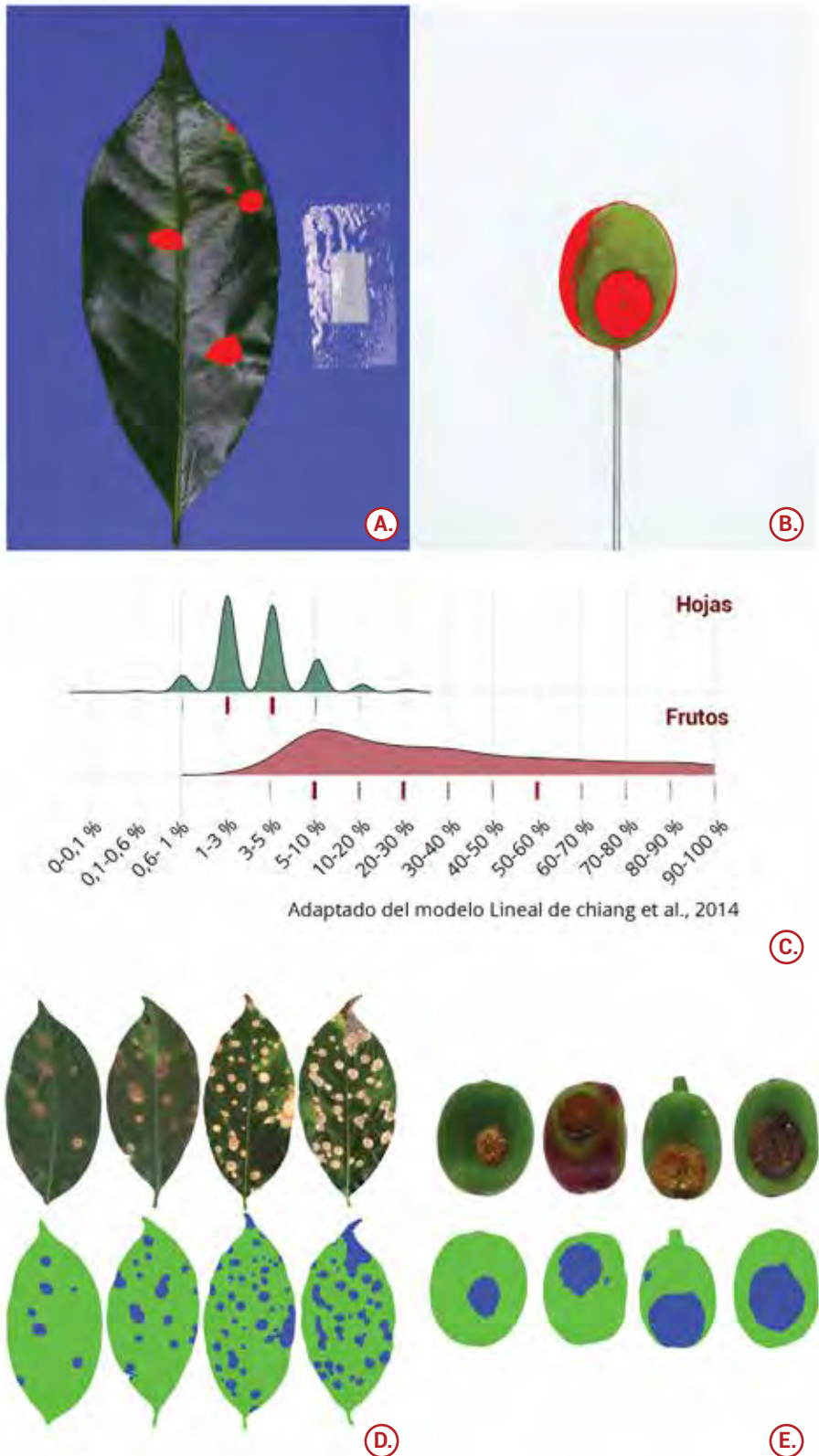


Figura 54. Avances en el desarrollo de Diagramas de Área Estándar (DAE) para la enfermedad de la gotera del cafeto (*Mycena citricolor*) en hojas y frutos. **A.** Cálculo del área total afectada en hojas; **B.** Cálculo del área afectada en el 50% del área de frutos; **C.** Histogramas de frecuencias por porcentaje de área afectada, siguiendo el modelo lineal de Chiang (2014); **D.** Construcción del DAE de hojas; **E.** Construcción del DAE de frutos.

Conocimiento estratégico - análisis de riesgos fitosanitarios

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

Colletotrichum kahawae es un hongo patógeno cuarentenario causante de la enfermedad de las cerezas del café (CBD, por su sigla en inglés), ausente en Colombia. El riesgo de su ingreso al país es alto debido a la globalización de mercados, el turismo asociado a café y procesos de migración legal o ilegal que condicionan el movimiento de material vegetal de café, y junto con éste, el patógeno. Actualmente en el mundo no hay disponible un protocolo de diagnóstico estandarizado y validado para la detección específica y oportuna de este hongo, que permita reducir el riesgo de ingreso y establecimiento del patógeno en Colombia. El objetivo de esta investigación es diseñar y validar un método específico, sensible, rápido y confiable por PCR en tiempo real con análisis de fusión de alta resolución, para la detección oportuna de *C. kahawae*. Los avances para este período fueron los siguientes: (i) Estandarización de las condiciones de amplificación de los *primers* (PCR de punto final y PCR de tiempo real) con ADN de *C. kahawae*, (ii) Obtención de controles positivos para cuatro regiones genómicas (clonación, verificación por secuenciación y almacenamiento), (iii) Obtención de ADN para las pruebas (incremento de aislamientos y extracción de ADN), (iv) Avance en la validación del método con tres marcadores moleculares, se evaluó sensibilidad (Figura 55) y especificidad analítica (inclusividad y exclusividad), y (v) Se realizó

mantenimiento de los aislamientos de *Colletotrichum* spp. Los resultados preliminares obtenidos indican que el análisis conjunto con los tres marcadores seleccionados permitirá la diferenciación de *C. kahawae* de otras especies de *Colletotrichum* spp. presentes en cultivos de café.

Manejo Integrado de Enfermedades: Control Químico

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

La enfermedad de las cerezas del café (CBD, *Coffee Berry Disease*), causada por el hongo *Colletotrichum kahawae*, ausente en Colombia, representa una seria amenaza para la caficultura, ya que tiene el potencial de ocasionar daños severos a la producción e incrementar los costos significativamente. Ante la posibilidad de ingreso del patógeno al país, es necesario disponer de herramientas para control químico inmediato y evitar su establecimiento. Esta investigación tiene como objetivos seleccionar y evaluar fungicidas como alternativa de manejo químico de CBD ante una eventual llegada al país, y evaluar la eficiencia de fungicidas para el manejo enfermedades endémicas en

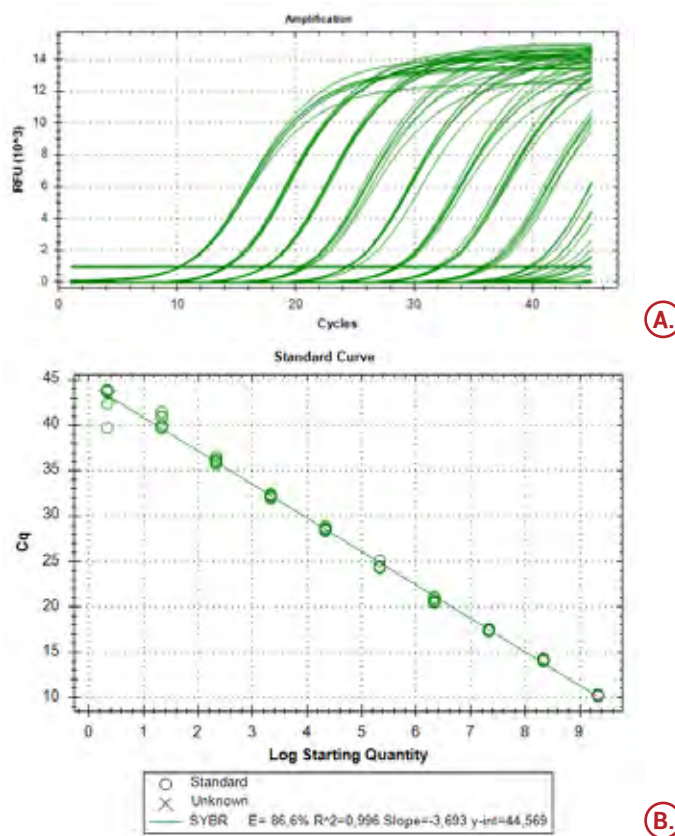


Figura 55. Sensibilidad analítica para uno de los marcadores moleculares seleccionados para el diagnóstico específico de *Colletotrichum kahawae*, hongo causante de la Enfermedad de las Cerezas del Café (CBD). **A.** Amplificación por PCR en tiempo real de diez diluciones seriadas de ADN plasmídico, construido como control positivo; **B.** Curva estándar de la corrida del PCR con eficiencia del 82,5% y R2 de 0,996.

café ocasionadas por *Colletotrichum* spp., para las cuales la disponibilidad de productos investigados y recomendados por Cenicafé es escasa o están limitados por diferentes aspectos. A partir del listado oficial de 2.837 productos fitosanitarios con registro vigente ante el ICA en Colombia, se han seleccionado hasta el momento 183 fungicidas comerciales basados en diferentes criterios (Figura 56), y se continuarán seleccionando hasta alcanzar unos 30 productos. Adicionalmente, se están desarrollando metodologías para el cultivo y evaluación de la respuesta de los hongos a los fungicidas. Se evaluaron dos métodos para el cálculo de áreas de colonias en las pruebas de crecimiento e inhibición *in vitro*, seleccionando el paquete el Pliman de la plataforma R como el más eficiente, y se evidenciaron diferencias entre aislamientos pertenecientes a diferentes complejos de *Colletotrichum* spp. Estos resultados preliminares permitirán optimizar el diseño y análisis de datos de los experimentos, de tal forma que se alcancen los objetivos propuestos, generando alternativas de manejo para estas enfermedades del café.

Manejo Integrado de Enfermedades: Inducción de Resistencia

Aplicación preliminar de un producto formulado, derivado de la industria alimenticia para el manejo de roya del cafeto en etapa de almácigo. PAT104014. Convenio FNC – Cenicafé – Mitsui Co. & Ltd.

Investigando nuevas alternativas para el manejo integrado de enfermedades, se exploró y evaluó el potencial como inductor de resistencia de un producto derivado de la industria alimenticia internacional. Para esta última parte del proyecto, se evaluó el inductor “E” para el control de roya, mancha de hierro, gotera y muerte descendente, en plantas de almácigo variedad Caturra, en estaciones de Cenicafé en Caldas, Quindío y Cauca, y si causaba efectos en el desarrollo de las plantas. Se estudió el efecto del inductor “E” en la activación o silenciamiento de rutas metabólicas mediante genética transcripcional y metabolómica con instituciones internacionales, además de

observaciones por microscopía óptica y electrónica en hojas de plantas inoculadas con roya. Los resultados indicaron que la aplicación mensual a dosis del 0,5% no tuvo efectos sobre incidencia, severidad y defoliación por las cuatro enfermedades evaluadas, no mejoró el crecimiento, desarrollo y biomasa de las plantas, ni hubo ganancia significativa en nutrientes, excepto algo menor en hierro. La activación de defensas en la planta fue corta, entre 2 y 9 días, finalizando entre 12 y 15 días. En microscopía se vieron cambios menores en cloroplastos dos semanas después de aplicar el inductor “E”, sin afectar el ciclo infectivo de la roya. Análisis de RNA seq mapearon 23.000 genes en el genoma de Caturra, con 494 relaciones de expresión en rutas metabólicas entre tratamientos del inductor y la infección por roya. Basados en la Enciclopedia de genes y genomas de Kioto, Japón (KEGG, por sus siglas en inglés) los metabolismos más relacionados fueron: interacciones planta –patógeno, transducción de señales de hormonas, señales de las proteínas quinasas activadas por mitógenos (MAPK por sus siglas en inglés), algunos aminoácidos, proteosoma del ribosoma, entre otras respuestas a factores bióticos y abióticos. En metabolómica se detectaron 5.239 metabolitos, con cambios significativos en 208, reduciendo al inicio e incrementando al final ácidos fenólicos y flavonoides, mientras que aminoácidos como triptófano, fenilalanina y arginina, bajaron desde el inicio. Sobresalieron al inicio 22 metabolitos y 11 al final (Tabla 18). Hasta el momento, no es viable aplicar el “Inductor E” para control de estas enfermedades en almácigo.

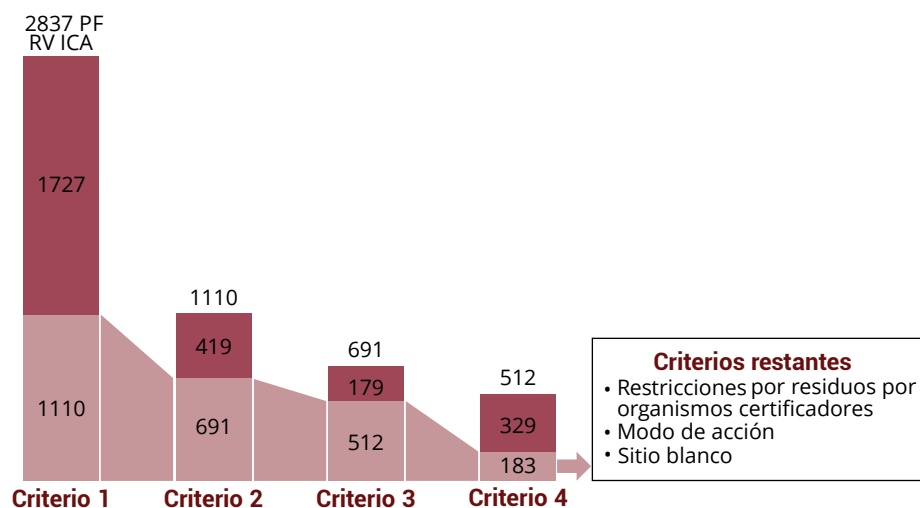


Figura 56. Avance en el proceso de selección de los fungicidas comerciales a evaluar para control de *Colletotrichum* spp. La clasificación se realizó a partir del listado oficial de 2.837 productos con registro de venta del ICA. Criterio 1: Fungicidas. Criterio 2: Productos comerciales con un único ingrediente activo. Criterio 3: Ingredientes activos en más de tres productos comerciales. Criterio 4: Trayectoria y estabilidad en el mercado de la casa comercial. El proceso de selección a partir de 183 productos seleccionados continúa con criterios adicionales.

Tabla 18. Metabolitos que se destacaron como compuestos con mayor contenido en los 14 primeros días y después de los 14 días de aplicados los tratamientos con el producto inductor. Análisis de Metabolómica mediante UHPLC-MS/MS, y LC-MS/MS.

Metabolitos destacados al inicio, hasta los 14 días después de aplicación	Metabolitos destacados al final, después de los 14 días de aplicación
<ul style="list-style-type: none"> • Indoline • Phenylalanine • 3-Formylindole, • L-Tyrosine CE30: OUYCCASQSFEME-QMMMGPBSA-N, • 3-Indoleacrylic acid, • 4-Ethynylaniline, • Tryptophan, • 1,4-Diaminonaphthalene, • (3-Phenylpropionyl) glycine, • Lys-Trp-Lys, • Arginine, • Monolinolenin (9c,12c,15c), • Hematoxylin, • Glc-Glc-octadecatrienoyl-sn-glycerol (isomer 2) (PUT), • 11-Ketofusidic acid, • Monolinolenin (9c,12c,15c), • Dyphylline, • Saponarin, • 3-O-Neohesperidoside-7-Rha Quercetin isomer, • 1-Hydroxy-2-(9Z,12Z,15Z-octadecatrienoyl)-sn-glycero-3-phosphoethanolamine, • [4-acetyloxy-2,5-dihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-3-yl] (E)-3-(4-hydroxyphenyl)prop-2-enoate isomer 1, • Eicosanoids_8-iso-15kPGF2?_C20H32O5. 	<ul style="list-style-type: none"> • PlaSMA ID-2760, • Sucrose, • (-)-Epicatechin isomer, • Catechin isoemr 2, • Catechin isoemr 3, • NCGC00385785-01!(2R,3R,4S,5S,6R)-2-[[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-3,4-dihydro-2H-chromen-3-yl]oxy]-6-(hydroxymethyl)oxane-3,4,5-triol, • Protocatechuic aldehyde isomer 1, • Protocatechuic aldehyde isomer 4, • Catechin isoemr 4, • Catechin isoemr 5, • Protocatechuic aldehyde isomer 5.



Fitotecnia

Evaluación de bolsas biodegradables como alternativa para almácigos y siembra de café. FIT101004

En la búsqueda de alternativas de bolsas biodegradables y con más de un uso para las etapas almácigo y siembra de café, se evaluaron 11 tipos de bolsa en etapa de almácigo (Tabla 19), de las cuales seis, presentaron potencial para su uso. Los colinos de café obtenidos en los seis tipos de bolsa fueron evaluados en el campo, durante los seis primeros meses de la etapa de levante del cultivo. La siembra se realizó sin retirar la bolsa y como testigo se establecieron colinos desarrollados en el material de polietileno retirando la bolsa.

De cada tratamiento se llevaron al campo 420 plantas, se registraron los tiempos de transporte, distribución y siembra, y se verificó la resistencia de cada material en el desarrollo de estas actividades. Las bolsas de almidón de yuca y polietileno reciclado con acelerante de biodegradación, presentaron para la labor de siembra en el campo, una reducción de 0,7 jornales de la mano de obra con relación a las plantas sembradas sin bolsa

(Figura 57). De igual modo, se presentó una disminución en jornales de siembra para los demás materiales evaluados, con variación entre 0,5 y 0,3 jornales, comparado con el testigo establecido sin bolsa.

Luego de seis meses de establecimiento en el campo se analizaron por cada tipo de material, muestras de raíces de 30 plantas tomadas aleatoriamente. A las muestras se les midió el desarrollo de la raíz principal y se determinó el peso seco de todas las raíces. Los resultados permitieron identificar que el tratamiento 10 difiere del testigo (sin bolsa, 11) con relación al desarrollo de la raíz principal (Figura 58). En cuanto al peso seco de la raíz el testigo (sin bolsa, 11) difiere de los materiales evaluados a excepción del tratamiento 8 (Figura 59).

Para la variable peso seco de las raíces en plantas de café de seis meses de edad (Figura 59), el promedio en el tratamiento establecido sin bolsa (11) estuvo por encima de los valores promedio obtenidos en los tratamientos 1, 5, 6 y 10 sembrados con bolsa, los cuales mostraron degradación parcial (Figuras 60A, 60B, 60C, 60D). En los tratamientos 7 y 8 no hubo degradación de la bolsa (Figura 60E). El peso seco de la raíz en el testigo (11) establecido sin bolsa (Figura 60F) estuvo alrededor de los 34 gramos, valor superior a los materiales sembrados con bolsa (Figura 59). Pese a que hubo degradación de la bolsa en el campo, el crecimiento y desarrollo de las raíces durante los seis meses de la etapa de levante, mostró valores inferiores al de las plantas testigo, por lo tanto, no se recomienda el establecimiento de colinos con bolsa.

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

Este experimento se realiza en las Estaciones Experimentales Naranjal y El Rosario en lotes de café con sistemas agroforestales estratificados. Para la labor de mantenimiento del sombrío, en Naranjal se cumple la condición de un lote de café en renovación por siembra y en El Rosario un lote establecido con café variedad Tabi en fase de producción. Los árboles de sombrío objeto de estudio corresponden a las especies *Erythrina fusca* (búcaro), *Inga edulis* (guamo santafereño), *Inga densiflora* (guamo macheto) y *Cordia alliodora* (nogal cafetero). La selección de

Tabla 19. Composición, dimensiones y tratamiento de las bolsas evaluadas.

Composición	Dimensiones	Tratamiento	
Almidón de yuca	1	13 cm x 21 cm	1
Resina de ácido poliláctico		13 cm x 21 cm	2
Polietileno Testigo		13 cm x 21 cm	3
Polietileno Testigo		13 cm x 17 cm	4
Polietileno reciclado con acelerante de biodegradación enzimática		13 cm x 21 cm	5
Biopolímero compostable		15,5 cm x 21 cm	6
Biopolímero compostable		12,5 cm x 20,5 cm	10
Oxobiodegradable - D2W 2 al 3% baja densidad	2	17 cm x 23 cm	7
Oxobiodegradable - D2W 1 al 2% baja densidad		17 cm x 23 cm	8
Almidón de yuca		17 cm x 23 cm	9
Polietileno Testigo		17 cm x 23 cm	11

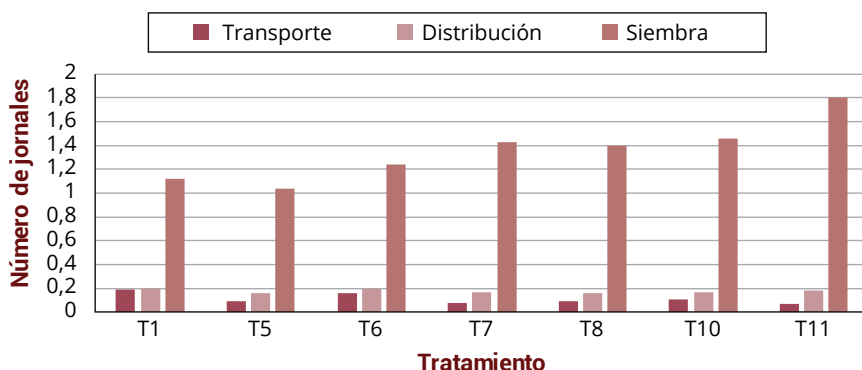


Figura 57. Tiempo en jornales empleados en el transporte, distribución y siembra de 420 plantas por tratamiento.

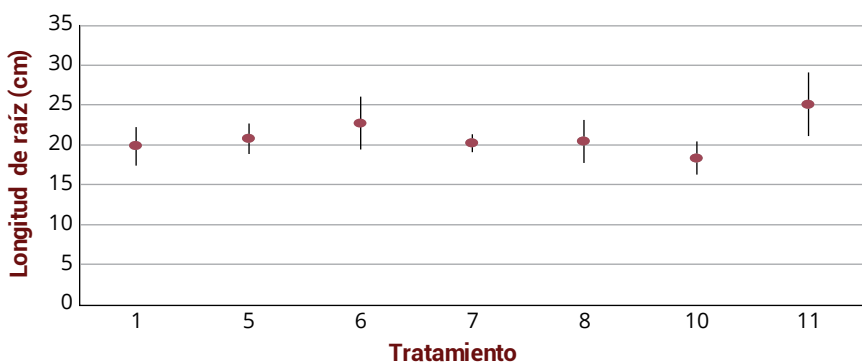


Figura 58. Promedio e intervalos de confianza para la variable longitud de raíz principal.

estos árboles se realizó por ser especies con diferentes características en el diámetro del dosel (Figura 61) y por su utilidad en los sistemas agroforestales con café en Colombia.

Para cumplir con la normativa ambiental, como primera medida se inició el proceso del registro de los sistemas agroforestales ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como lo estipula el Decreto 2398 de 2019 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la resolución 071641 de 2020 del ICA. Posteriormente, se hizo la caracterización de cada uno de los lotes de estudio, con el inventario de las especies del componente arbóreo, mediciones de crecimiento y determinación del porcentaje de sombra; parámetro técnico para definir el momento de realizar las podas (Figura 62). El porcentaje de sombra se determinó debajo del dosel de los árboles, mediante la metodología de estimación visual con el aplicativo HabitApp.

El plan de podas se realizó con base en los lineamientos del estándar de trabajo seguro en alturas, y las recomendaciones técnicas para una correcta labor (Figura 63). Para la estimación de los indicadores de rendimiento, se agruparon cuatro labores asociadas en el desarrollo de la actividad de mantenimiento de los árboles de sombrero. 1) labores de **preparación** que incluyen el desplazamiento al sitio de estudio, la inspección de los equipos y elementos de protección, así como la verificación del uso correcto de los elementos de seguridad; 2) los **desplazamientos** del personal con todos los equipos y herramientas en el lote; 3) labores de **poda**, que incluyen la instalación de las escaleras, el ascenso por el árbol, corte de las ramas, aplicación de

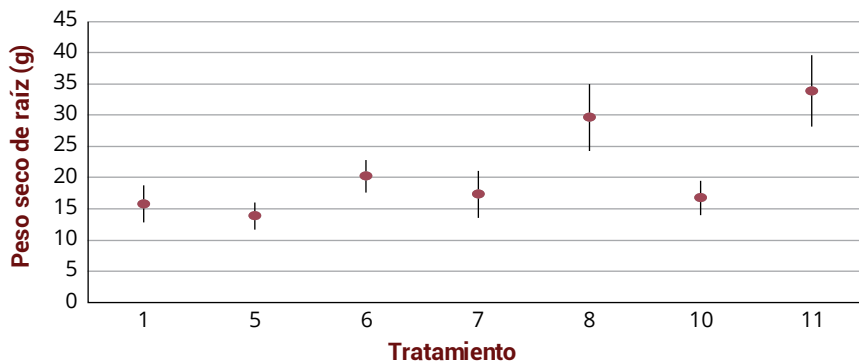


Figura 59. Promedio e intervalos de confianza para la variable peso seco de raíz.

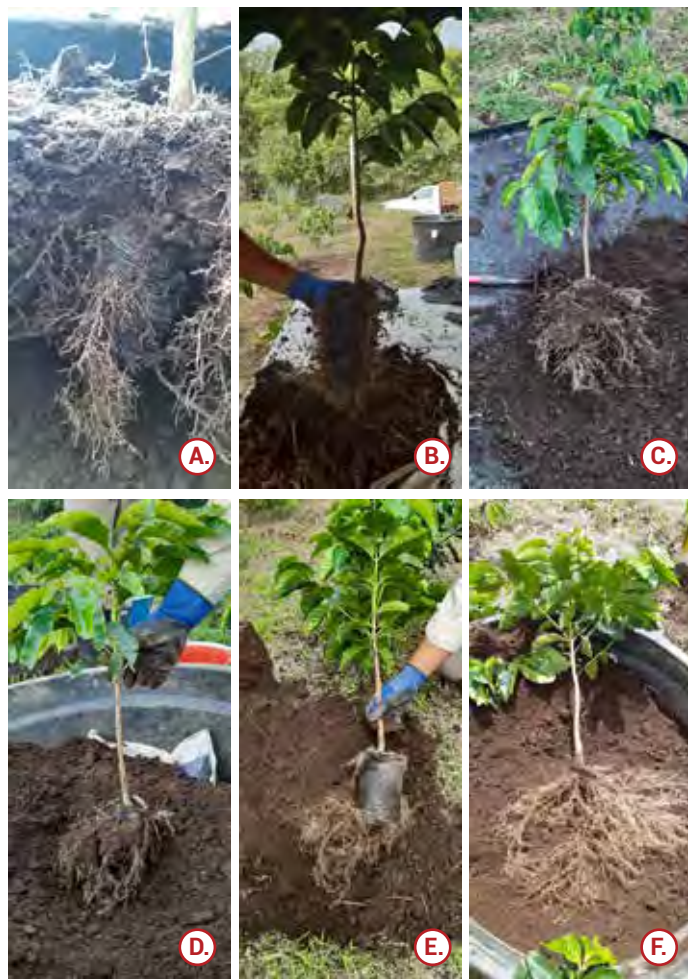


Figura 60. Estado de los tratamientos seis meses después del trasplante en el campo. **A.** Tratamiento 1. Bolsas de almidón de yuca; **B.** Tratamiento 5. Polietileno reciclado con acelerante de biodegradación enzimática; **C.** Tratamiento 6. Biopolímero compostable; **D.** Tratamiento 10. Biopolímero compostable; **E.** Tratamiento 7. Oxobiodegradable-D2W; **F.** Tratamiento 11. polietileno testigo sin bolsa.

pintura y descenso; 4) labores de **repique** las cuales consisten en el corte de las ramas podadas en el suelo y el encarre en la base los árboles.

Los rendimientos de la labor de mantenimiento para las diferentes especies en Naranjal, se presentan en las Tablas 20, 21, 22 y 23, para los cuales se registraron valores promedio entre 0,5 a 1,7 jornales/árbol. Los resultados obtenidos hasta el momento resuelven parte de las inquietudes sobre la mano de obra requerida para el mantenimiento de los árboles de sombrío en los sistemas agroforestales con café y el cumplimiento

de los requisitos legales y de trabajo en alturas como limitante para la labor.

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

Se continuó con las evaluaciones del primer y segundo ciclos del híbrido de maíz SGBIOH2 intercalado con café, en las Estaciones Experimentales Naranjal, La Catalina, El Rosario y El Tambo. Los resultados según el análisis de varianza bajo el diseño de bloques completos al azar con un nivel de significancia del 5%, mostró efecto de las densidades de siembra en la producción promedio de maíz. Para La Catalina, la menor producción registrada durante el segundo ciclo de maíz fue 5.137 kg ha⁻¹ correspondiente a la densidad de 45.000 plantas/ha y la mayor producción fue de 7.813 kg ha⁻¹ para la densidad de 60.000 plantas/ha, con coeficientes de variación de 20,7% y 11,9%, respectivamente. Para Naranjal, la menor producción registrada durante el segundo ciclo de maíz fue 5.836 kg ha⁻¹ correspondiente a la densidad de 45.000 plantas/ha y la mayor producción fue de 7.209 kg ha⁻¹ para la densidad de 60.000 plantas/ha, con coeficientes de variación de 12,6% y 11,9%, respectivamente (Figura 64).

En El Rosario, la menor producción registrada durante el primer ciclo de maíz fue 3.480 kg ha⁻¹ correspondiente a la densidad de 45.000 plantas/ha y la mayor producción fue de 4.913 kg ha⁻¹ para la densidad de 60.000 plantas/ha, con coeficientes de variación de 21,0% y 19,2%, respectivamente; mientras que para El Tambo, la menor producción registrada durante el primer ciclo de maíz fue 1.632 kg ha⁻¹ correspondiente a la densidad de 45.000 plantas/ha y la mayor producción fue de 3.559 kg ha⁻¹ para la densidad de 60.000 plantas/ha, con coeficientes de variación de 22,6% y 9,4%, respectivamente (Figura 65).

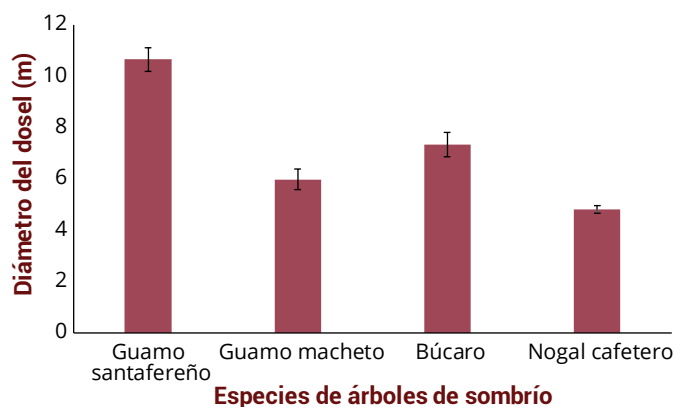


Figura 61. Diámetro del dosel de los árboles de sombrío intervenidos por podas de mantenimiento en el sistema agroforestal de la Estación Experimental Naranjal. Cada barra representa la media de diez réplicas \pm error estándar.

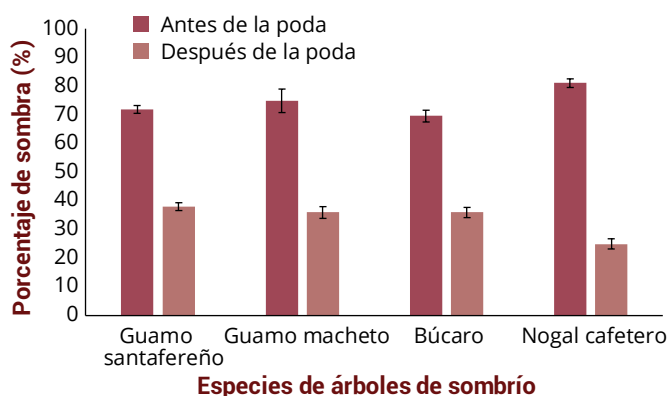


Figura 62. Efecto de las podas de mantenimiento sobre el porcentaje de sombra en los árboles establecidos en el sistema agroforestal de la Estación Experimental Naranjal. Cada barra representa la media de diez réplicas \pm error estándar.

Los niveles de acumulación de zinc (mg kg^{-1}) en los granos del híbrido SGBIOH2 (material biofortificado), se obtuvieron mediante la técnica de espectrofotometría de rayos X (XRF) en el laboratorio de calidad nutricional de HarvestPlus en CIAT. El análisis estadístico mostró diferencias significativas de los contenidos de zinc reportados en El Rosario en comparación con las demás localidades, alcanzando contenidos promedio de zinc de $40,18 \text{ mg kg}^{-1}$ (Figura 66).

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

Evaluar el comportamiento agronómico, el potencial productivo y la calidad nutricional de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo

biofortificado, en el sistema intercalado con café en etapa de levante, en tres localidades cafeteras. En este período se llevaron a cabo dos ciclos de multiplicación de las líneas avanzadas en la Estación Experimental Naranjal y la siembra del primer ciclo de evaluación en la Estación Experimental La Catalina. Durante el segundo ciclo de multiplicación de semilla se realizó un análisis de la producción promedio de las líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y de los testigos comerciales, utilizando un arreglo de bloques completos al azar (BCA) con cinco bloques y un tamaño de parcela de 80 m^2 (Figura 67). El análisis estadístico mostró diferencias significativas en el rendimiento de las líneas y los testigos. La línea DAN 15 fue la más productiva, con un rendimiento promedio de 2.147 kg ha^{-1} , seguida de la línea BNA 4 con un rendimiento de 2.113 kg ha^{-1} , superando a los testigos comerciales ICA Quimbaya y Calima (Figura 68).

Adicionalmente, se determinaron los contenidos de hierro y zinc presentes en los granos, mediante la cosecha de muestras aleatorias de frijol, al 14% de humedad, de las cuatro líneas avanzadas y los dos testigos comerciales en la Estación Naranjal. Estas muestras fueron analizadas en el laboratorio de calidad nutricional de HarvestPlus, mediante la técnica XRF, para determinar los niveles de ambos micronutrientes de cada uno de los materiales. Al analizar los contenidos de hierro de los diferentes materiales se observaron diferencias estadísticas. Las líneas BNA 4 y BNA 8 presentaron mayores contenidos de este elemento, con valores promedio de $68,46$ y $65,28 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente; seguidas de las líneas DAN 15 y BNA 21 cuyos contenidos promedio de hierro fueron de $59,64$ y $55,63 \text{ mg kg}^{-1}$. Los menores contenidos de hierro se presentaron en los testigos no biofortificados Calima e ICA Quimbaya, con valores promedio de $53,20$ y $51,56 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente (Figura 69).

En cuanto al análisis de los contenidos de zinc, se presentaron diferencias estadísticas entre los distintos materiales, en donde la línea BNA 4 presentó los mayores contenidos de zinc alcanzando valores promedio de $41,51 \text{ mg kg}^{-1}$, seguido de las líneas DAN 15 y BNA 8, cuyos contenidos fueron $38,05$ y $37,46 \text{ mg kg}^{-1}$. Los materiales ICA Quimbaya, BNA 21 y Calima presentaron los menores niveles de acumulación de zinc con valores de $34,64$, $33,33$ y $31,75 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente (Figura 70).



Figura 63. Secuencia de la actividad de mantenimiento en los árboles de sombrío establecidos en el sistema agroforestal. **A.** Ejecución de las podas con todos los elementos de seguridad. **B.** Corte de las ramas. **C.** Aplicación de pintura anticorrosiva después del corte de las ramas. **D.** Arbol de búcaro después de la poda de mantenimiento. **E.** Repique y encarre de la madera.

Tabla 20. Estimación del tiempo y cantidad de jornales asociado a las labores de podas de mantenimiento en árboles de *Inga edulis* (guamo santaferño), establecidos en un sistema agroforestal estratificado en la Estación Experimental Naranjal.

Labores	Tiempo de labores (minutos)		
	Mín.*	Prom.*	Máx.*
Preparación	93,2	189,4	345
Desplazamiento	23,3	25,6	42
Podas	93,2	432,6	519
Repique	102,5	245,8	270
Acumulado	312,2	893,4	1176
Jornales/árbol**	0,58	1,7	2,2

*Valores mínimos-Mín; promedio-Prom; máximo-Máx de tiempos y jornales registrados en las diferentes labores asociadas a la actividad de mantenimiento de los árboles de sombrío. ** Los jornales fueron estimados teniendo en cuenta nueve horas laborales.

Tabla 21. Estimación del tiempo y cantidad de jornales asociado a las labores de podas de mantenimiento en árboles de *Inga densiflora* (guamo macheto) establecidos en un sistema agroforestal estratificado en la Estación Experimental Naranjal.

Labores	Tiempo de labores (minutos)		
	Mín.*	Prom.*	Máx.*
Preparación	41,2	70,3	96
Desplazamiento	10,8	15,8	14
Podas	112,8	208,8	525
Repique	45,5	38,5	67
Acumulado	210,3	333,4	702
Jornales/árbol**	0,40	0,62	1,30

*Valores mínimos-Mín; promedio-Prom; máximo-Máx de tiempos y jornales registrados en las diferentes labores asociadas a la actividad de mantenimiento de los árboles de sombrío. ** Los jornales fueron estimados teniendo en cuenta nueve horas laborales.

Tabla 22. Estimación del tiempo y cantidad de jornales asociado a las labores de podas de mantenimiento en árboles de *Erythrina fusca* (búcaro) establecidos en un sistema agroforestal estratificado en la Estación Experimental Naranjal.

Labores	Tiempo de labores (minutos)		
	Mín.*	Prom.*	Máx.*
Preparación	41,2	93,1	318,7
Desplazamiento	6,5	20,7	20
Podas	125,8	243,8	406
Repique	62,9	101,6	135
Acumulado	236,4	459,2	879,7
Jornales/árbol**	0,44	0,85	1,63

*Valores mínimos-Mín; promedio-Prom; máximo-Máx de tiempos y jornales registrados en las diferentes labores asociadas a la actividad de mantenimiento de los árboles de sombrío. ** Los jornales fueron estimados teniendo en cuenta nueve horas laborales.

Tabla 23. Estimación del tiempo y cantidad de jornales asociado a las labores de podas de mantenimiento en árboles de *Cordia alliodora* (nogal cafetero) establecidos en un sistema agroforestal estratificado en la Estación Experimental Naranjal.

Labores	Tiempo de labores (minutos)		
	Mín.*	Prom.*	Máx.*
Preparación	43,1	55	81,3
Desplazamiento	6,85	4,4	3,5
Podas	96,4	147,4	218,3
Repique	60,4	83,6	101,0
Acumulado	206,7	290,4	404,1
Jornales/árbol**	0,38	0,54	0,75

*Valores mínimos-Mín; promedio-Prom; máximo-Máx de tiempos y jornales registrados en las diferentes labores asociadas a la actividad de mantenimiento de los árboles de sombrío. ** Los jornales fueron estimados teniendo en cuenta nueve horas laborales.

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 de renovación de cafetales diferentes a la zoca convencional, estos tipos de renovación corresponden a las podas calavera y pulmón, como opción para el ordenamiento de las edades de los lotes y la estabilización de la producción. Al realizar de manera recurrente renovaciones con este tipo de podas, se desconoce la capacidad de respuesta de las plantas de café para obtener más de un ciclo de producción, el efecto sobre la producción y los costos en los cuales se incurre.

En tres localidades, Estaciones Experimentales El Tambo (Cauca), La Trinidad (Tolima) y Pueblo Bello (Cesar), de acuerdo a la época de renovación correcta, se evalúan los métodos de renovación con podas calavera y pulmón, recomendadas para ciclos de producción de máximo dos cosechas, y zoca común recomendada para ciclos de producción de cuatro cosechas. Los ciclos recurrentes y ciclos alternos con zoca común, se evaluarán en un período de 12 años. En la Tabla 24 se describen los métodos de renovación y en la Figura 71 los tratamientos.

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.

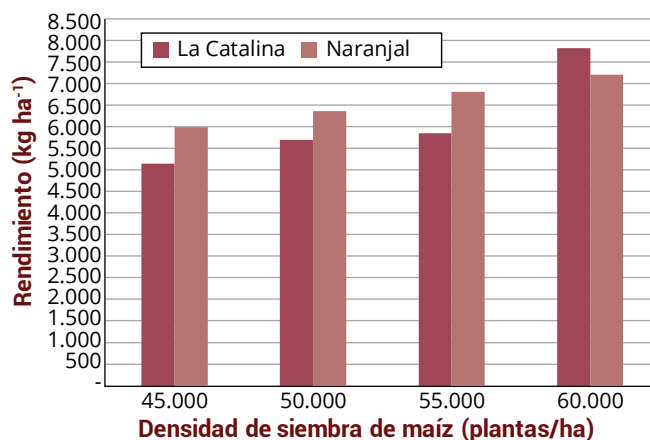


Figura 64. Rendimiento promedio (kg ha⁻¹) de la segunda cosecha de maíz híbrido SGBIOH2, intercalado con café, bajo cuatro densidades de siembra de maíz, para las localidades La Catalina y Naranjal.

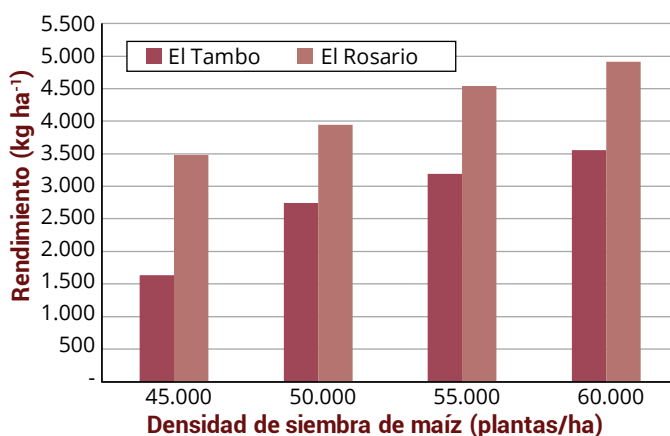


Figura 65. Rendimiento promedio (kg ha⁻¹) de la primera cosecha de maíz híbrido SGBIOH2, intercalado con café, bajo cuatro densidades de siembra de maíz, para las localidades El Tambo y El Rosario.

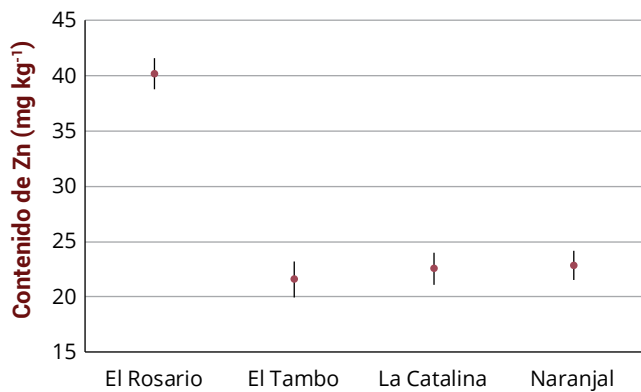


Figura 66. Contenidos promedio de zinc (mg kg^{-1}) en granos de maíz biofortificado en cuatro estaciones experimentales de Cenicafé (Intervalos de confianza al 95%).



Figura 67. Segundo ciclo de multiplicación de líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado intercalado con café en la Estación Experimental Naranjal.

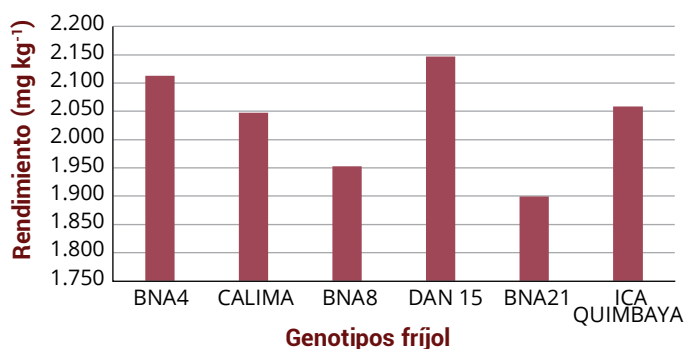


Figura 68. Rendimiento promedio (kg ha^{-1}) de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y dos testigos comerciales, en la Estación Experimental Naranjal.

La producción de café cereza por parcela en El Tambo, presentó valores promedio entre 460,3 y 479,7 kg en 2020 y entre 111,2 y 111,6 kg en 2021

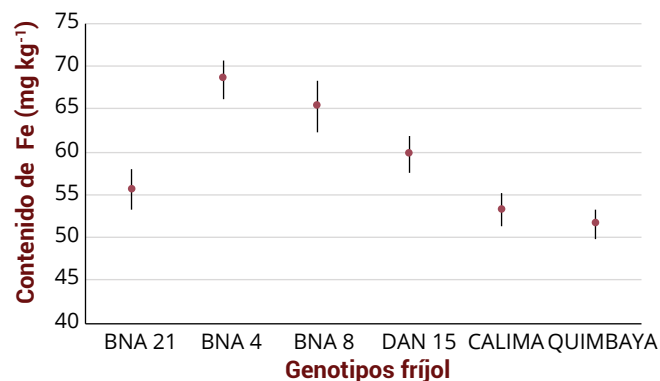


Figura 69. Contenido promedio de hierro (mg kg^{-1}) de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y dos testigos comerciales, sembradas bajo el sistema intercalado con café, en la Estación Experimental Naranjal (Intervalos de confianza al 95%).

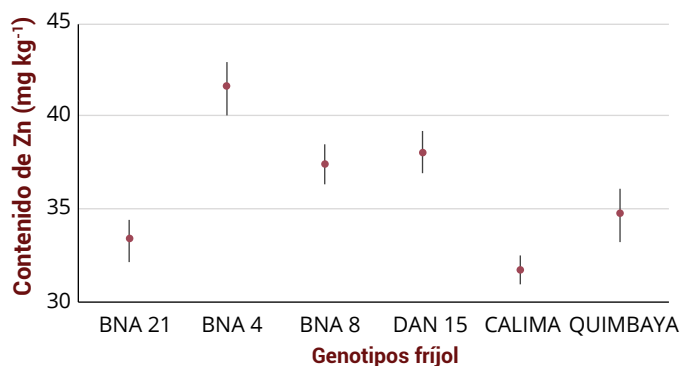


Figura 70. Contenido promedio de zinc (mg kg^{-1}) de cuatro líneas avanzadas de frijol arbustivo biofortificado y dos testigos comerciales, sembradas bajo el sistema intercalado con café, en la Estación Experimental Naranjal (Intervalos de confianza al 95%).

Tabla 24. Métodos de renovación seleccionados y número de cosechas anuales determinadas por ciclo para el estudio.

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

con el método de renovación de poda calavera, correspondiente a los tratamientos 1, 2 y 3. Los tratamientos de poda pulmón 4, 5 y 6 registraron

producciones entre 188,9 y 347,3 kg en el 2020 y entre 140,7 y 175,0 kg en 2021. La zoca común registró producciones de 40,6 y 120,5 kg en los años 2020 y 2021, respectivamente (Figura 72).

En La Trinidad, el método de renovación de poda calavera, correspondiente a los tratamientos 1, 2

y 3 presentó valores promedio entre 387,1 y 412,9 kg en 2020 y entre 128,3 y 136,2 kg en 2021. Los tratamientos de poda pulmón 4, 5 y 6 registraron producciones entre 180,9 y 288,0 kg en 2020 y entre 179,9 y 199,5 kg en 2021. La zoca común registró producciones de 68,9 y 169,1 kg en los años 2020 y 2021, respectivamente (Figura 73).

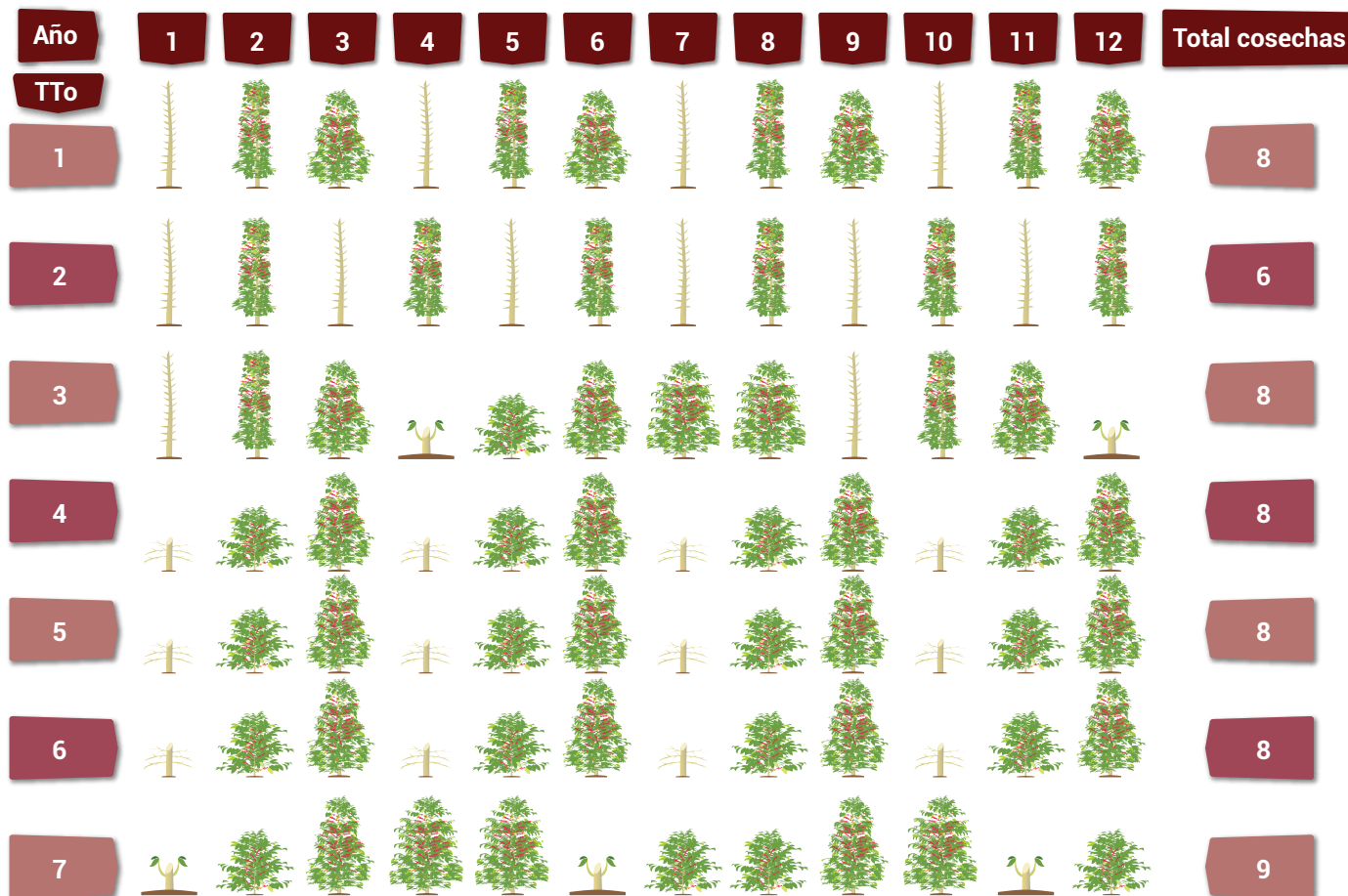


Figura 71. Descripción de los métodos de renovación, número de cosechas por ciclo y total de cosechas acumuladas por cada tratamiento.

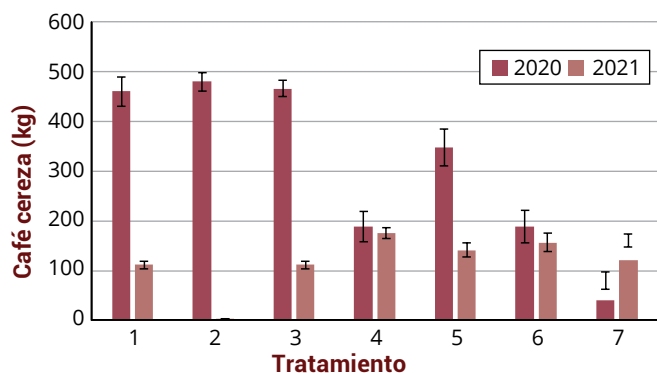


Figura 72. Producción de café cereza por parcela Estación Experimental El Tambo. (Las barras indican el error estándar).

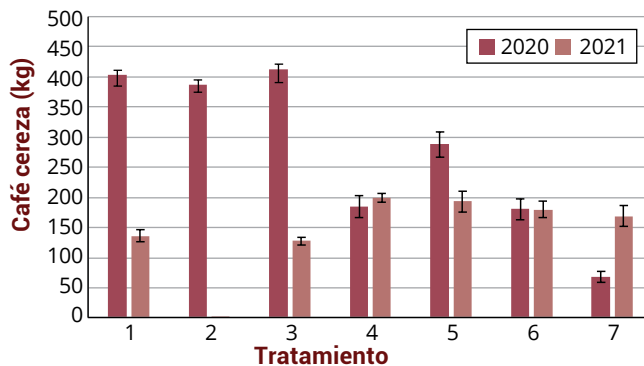


Figura 73. Producción de café cereza por parcela Estación Experimental La Trinidad. (Las barras indican el error estándar).

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

En plantaciones de café variedad Cenicafé 1 se adelanta un estudio de la forma en que la densidad de siembra, como factor determinante de la producción, influye en el rendimiento del café y en la rentabilidad de los productores. Para ello, en la Estación Experimental Naranjal, se establecieron 14 densidades de siembra, desde 2.500 hasta 15.625 plantas/ha (Tabla 25), con el fin de determinar el efecto de los incrementos en el número de plantas sobre la producción de café cereza en kilogramos, durante un período de cinco cosechas anuales.

La parcela experimental está conformada por un área de 306 m² (17,5 x 17,5 m), hasta la fecha la cantidad de café cereza recolectada (kg) por parcela muestra el incremento en la producción a medida que aumenta la densidad de siembra, alcanzando un acumulado de 1.461 y 1.579 kg de café cereza con 9.426 y 10.412 plantas/ha, respectivamente (Figura 74).

Tabla 25. Densidades de siembra establecidas con la variedad de café Cenicafé 1.

N°	Distancia surcos (m)	Distancia plantas (m)	Densidad (plantas/ha)	Área parcela (m ²)	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

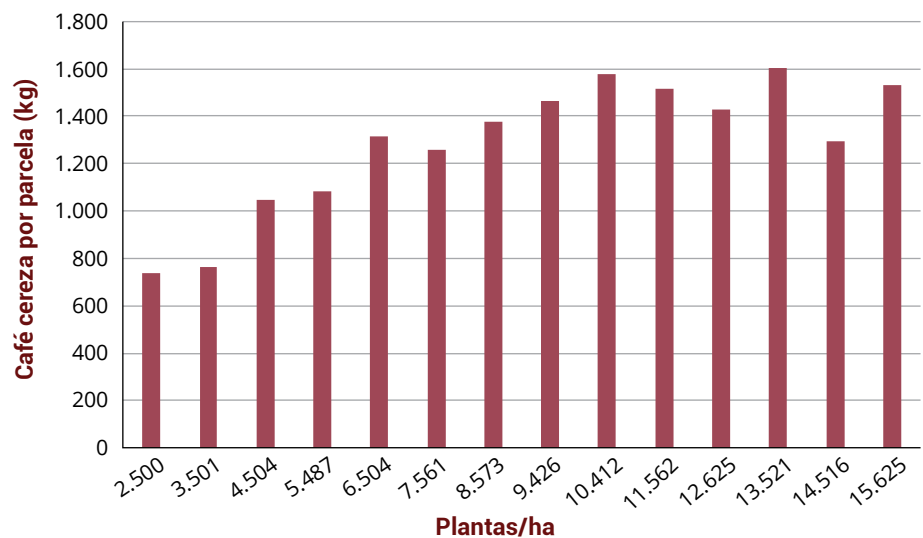


Figura 74. Producción de café cereza acumulada 2019-2021.



Mejoramiento Genético

Mejoramiento por resistencia a enfermedades. MEG102

Evaluación de poblaciones desarrolladas a partir de híbridos interespecíficos. MEG102003

Con el objetivo de seleccionar las mejores líneas para avanzar a la próxima generación, se evaluaron 17 progenies F2RC2 de Caturra x [(Caturra X *C. canephora*) x Caturra], 14 progenies F4RC1 y 9 F5RC1 de [(Caturra X *C. canephora*) x Caturra], establecidas en la Estación Experimental Naranjal de Cenicafé (Chinchiná, Caldas), en un diseño de BCA con dos repeticiones. La unidad experimental fue un surco de 12 plantas, de las cuales diez fueron efectivas. La distancia entre plantas fue de 1,0 m y entre surcos de 1,4 m. Como testigo se sembró la variedad Castillo® General. Se incluyó además como referencia la variedad Catucaí, variedad originada en Brasil a partir del cruzamiento entre las variedades Icatú y Catuaí. Como variable de interés se tomó la incidencia de roya, evaluada mediante la escala de Eskes & Toma-Braghini (1981). Como variables complementarias, se registraron la altura de la planta, el número de cruces y el

diámetro de la copa a los 24 meses de establecido el lote experimental, el porcentaje de grano supremo y la producción durante un ciclo productivo de cuatro años. Para el avance generacional, se seleccionaron 123 plantas F2RC2, las cuales en ocho evaluaciones de roya presentaron una clasificación máxima de incidencia entre 0-1, de acuerdo con la escala de Eskes & Toma-Braghini. Así mismo, se seleccionaron cinco líneas F4-F5 RC1 con excelentes atributos morfo-agronómicos y resistentes a la roya, las cuales deberán ser llevadas a pruebas de adaptación regional. Se recolectó semilla de las plantas seleccionadas, para avanzar una generación de evaluación y selección por las características de interés para el Programa de Mejoramiento Genético.

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

Uno de los objetivos del Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé es desarrollar líneas con fuentes de resistencia a la roya, y combinaciones de estas fuentes, diferentes a las que contienen las variedades comerciales que actualmente conforman el parque productivo de Colombia y que provienen del Híbrido de Timor 1342 CV2. Para ello, se estableció un programa de cruzamientos entre líneas mejoradas de Cenicafé, que poseen características agronómicas excepcionales con las variedades de *C. arabica* S288, S-795 y BA desarrolladas en la India, que se caracterizan por poseer el gen de resistencia S_H3 proveniente de *C. liberica*. Actualmente, en Cenicafé se está haciendo uso de la selección asistida por marcadores moleculares (SAM), para determinar de manera indirecta la presencia del gen de resistencia S_H3 . Con esta tecnología, se han identificado 2.000 plantas F2 en etapa de almácigo, portadoras del marcador genético correlacionado con el gen de resistencia en forma homocigota. Estas plantas fueron llevadas al campo para evaluar su resistencia, porte del árbol, productividad y calidad física del grano. Adicionalmente, familias F3 con presencia confirmada del marcador, se vienen evaluando por diversos caracteres agronómicos de interés. A la fecha, se han completado los registros de crecimiento en ambas poblaciones y se ha dado continuidad al registro de producción. Adicionalmente, inició la caracterización por calidad de la bebida y granulometría de cada una de las plantas que componen la población filial.

Selección preliminar de progenies de *Coffea arabica* L. en generación F1, provenientes de cruzamientos con genotipos portadores de los genes S_H1 , S_H2 y S_H4 de resistencia a roya (*Hemileia vastatrix* Ber). MEG102021

Empleando la metodología de hoja desprendida, para identificar y seleccionar plantas resistentes a la roya, se evaluaron genotipos híbridos F1 de *C. arabica*. Estos híbridos se desarrollaron a partir de cruzamientos entre plantas portadoras del gen S_H1 y plantas portadoras de genes de resistencia a roya provenientes del Híbrido de Timor (HdT). Se encontró que en las plantas evaluadas hay comportamiento heterogéneo en las reacciones de resistencia a la enfermedad. Todas las plantas desarrollaron el período de incubación (PI), no obstante, el período de latencia (PL) únicamente fue visible en el 90% de los genotipos.

Los análisis estadísticos mediante el procedimiento LIFETEST, permitieron identificar y seleccionar dos plantas F1. Estos genotipos se caracterizan por el desarrollo tardío de síntomas iniciales de la enfermedad de hasta 22,5 días, comparado con el testigo, variedad Caturra y ausencia completa de síntomas asociados a la reproducción del patógeno. Los resultados obtenidos abren la posibilidad de incorporar nuevas fuentes de resistencia provenientes de *C. arabica* contra esta enfermedad, que no han sido utilizadas para el desarrollo de variedades en Colombia.

Desarrollo y evaluación de poblaciones de *Coffea arabica* L. con genes de resistencia a roya provenientes de diversas fuentes. MEG1020124

La roya del café es la principal enfermedad que ataca el cultivo de café en Colombia, es por ello que la búsqueda de plantas con resistencia genética al patógeno se convierte en una prioridad para el programa de mejoramiento genético de Cenicafé. En la actualidad, a partir de genes provenientes de diversas fuentes, se desarrolló una población híbrida en la cual se han identificado 235 plantas con el gen de resistencia a roya, S_H3 . Adicionalmente, esta población involucra otros genes no usados comercialmente en la caficultura colombiana y su proceso de selección e identificación de plantas sobresalientes por resistencia, se realizará a partir de inóculo discriminante, previamente purificado bajo condiciones controladas en casa de malla.

Conservación, caracterización y evaluación de los recursos genéticos de café. MEG103

Caracterización de introducciones provenientes de Etiopía. MEG103001

Para los Programas de Mejoramiento Genético, la información disponible producto de las actividades de caracterización y evaluación de los recursos genéticos, son un valioso insumo para la elección de genotipos para el cumplimiento de un objetivo propuesto (resistencia a factores bióticos, tolerancia a factores abióticos, productividad y calidad sensorial). Con este objetivo, a través de la historia de Cenicafé han sido establecidos numerosos experimentos, que posteriormente han definido su utilización. Para el cultivo del café, el germoplasma etíope ha llamado la atención por

su potencial de uso en la obtención de variedades sobresalientes, no obstante, se dispone de más de 500 genotipos de este origen, por lo que definir los de mayor interés es primordial. Con este objetivo, entre 2015 y 2016 se establecieron 189 genotipos en cuatro lotes experimentales y a partir de este momento se dio inicio a la evaluación de variables de interés agronómico, como rendimiento y calidad de grano, tanto física como sensorial. Los resultados observados indican que el tamaño pequeño de grano (<60%) y el alto contenido de granos caracol (>10%) son características en común para el 75% de los genotipos evaluados. Adicionalmente, a pesar de su condición "silvestre", es decir, sin un proceso de selección, un número importante de genotipos sobresale por poseer producciones estadísticamente similares ($p>0,05$) a los observados en *C. canephora* var. Robusta y calidad sensorial con valores por encima del estándar de las variedades tradicionalmente cultivadas. Al observar de forma integral los resultados obtenidos, teniendo en cuenta que el potencial de rendimiento (@ ha) es clave para la aceptación de nuevas variedades, un número menor, pero importante de genotipos, reúne dos o más características de interés para el mejoramiento genético (Tabla 26). El potencial del germoplasma etíope para la obtención de variedades superiores es alto, y su integración a estudios de diversidad genética definirá su aprovechamiento por el programa de mejoramiento genético.

Obtención de derechos de obtentor de variedad y registro como productores de semilla certificada de las variedades de café desarrolladas por Cenicafé. MEG103002

Para la Federación Nacional de Cafeteros es muy importante continuar con el registro y trámites

Tabla 26. Proporción de accesiones etíopes evaluadas que poseen una o más características de interés para el Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé.

Parámetro	Criterio de selección	Porcentaje de Accesiones de interés
Rendimiento	$\geq C. canephora$ (a)	35,6
Tamaño de grano	$> 60\%$ (b)	16,9
Calidad en taza	$\geq 6,0$ (c).	41,8
Contenido de granos caracol	$\leq 10\%$ (d)	23,8
Contenido de granos vanos	$\leq 10\%$ (e)	90,5
Contenido de defectos	d + e	23,3
Rendimiento + tamaño de grano	a + b	8,5
Rendimiento + calidad en taza	a + c	12,8
Rendimiento + calidad en taza + tamaño de grano	a + b + c	3,7
Rendimiento + contenido de defectos	a + d + e	6,9
Rendimiento + tamaño de grano + contenido de defectos	a + b + d + e	1,6
Rendimiento + tamaño de grano + contenido de defectos + calidad en taza	a + b + c + d + e	0,5

necesarios, que permitan la obtención de los derechos de protección para las variedades que desarrolla Cenicafé. Durante este año, el ICA finalizó la evaluación en el campo e inició el análisis de la información de las pruebas de Distinguibilidad, Homogeneidad y Estabilidad (DHE), necesarias para la obtención de los derechos de variedad de las líneas componentes de la variedad Cenicafé 1. Adicionalmente, se inició con la recopilación de información para la obtención del registro de los cultivares comerciales que ha desarrollado Cenicafé, tales como variedades Castillo® zona Norte, Centro y Sur, Cenicafé 1 y Tabi. Es importante mencionar que un cultivar es un nombre genérico que se utiliza para referirse indistintamente a variedades, líneas, híbridos y clones que se estén utilizando comercialmente para siembra.

Identificación de accesiones del género *Coffea* tolerantes a déficit y exceso hídrico. MEG103003

En Colombia, aproximadamente el 26% de la caficultura se encuentra en zonas con déficit hídrico, adicionalmente en algunas con un alto brillo solar, lo cual reduce la producción, afectando el 31% de las familias cafeteras. Con la finalidad de identificar accesiones de la Colección Colombiana de Café (CCC) tolerantes a déficit hídrico, se evaluaron en casa de malla 65 genotipos en dos tratamientos de humedad del suelo: suelo a capacidad de campo (60% de humedad) y déficit hídrico: suelo a 50% de la capacidad de campo (30% de humedad). Después de cinco meses se determinó la biomasa total como la

suma de la materia seca de las hojas, el tallo y la raíz. Semanalmente, se midió la humedad gravimétrica encontrando que el promedio de la humedad del suelo en el tratamiento con riego a capacidad de campo estuvo entre 60,37% a 61,22% y bajo déficit hídrico entre 31,50% a 35,85%, con lo cual se confirmó que la humedad del suelo se mantuvo en el porcentaje asignado a cada tratamiento. La reducción del riego bajo déficit hídrico retrasó el desarrollo de las accesiones, reflejándose en la disminución de su biomasa. No obstante, en déficit hídrico la biomasa total de las introducciones etíopes de *Coffea arabica* CCC238, CCC254, CCC284, CCC372, CCC474, CCC536, CCC537, CCC555 y CCC1147 (Figura 75A), las accesiones diploides de *C. liberica* CCC1030 y de *C. canephora* EA.20, EA.209, EA.227, EA.229 y EA.287 (Figura 75B), y los híbridos interespecíficos de Caturra x *C. canephora* 25, 640, 702 (Figura 75C), no difirió significativamente de la biomasa total obtenida en riego a capacidad de campo, según prueba t al 5%. Estas accesiones poseen mecanismos de adaptación a déficit hídrico, retienen sus hojas sin reducir su área foliar, ni la biomasa total; sin embargo, estas accesiones deben ser evaluadas en localidades que están afectadas por esta característica y donde se establezca que la producción no se afecta al igual que su biomasa, lo cual confirmaría que son tolerantes a déficit hídrico.

Conservación de la Colección Colombiana de Café. MEG103011

Los recursos genéticos desempeñan un rol fundamental para la solución de problemáticas

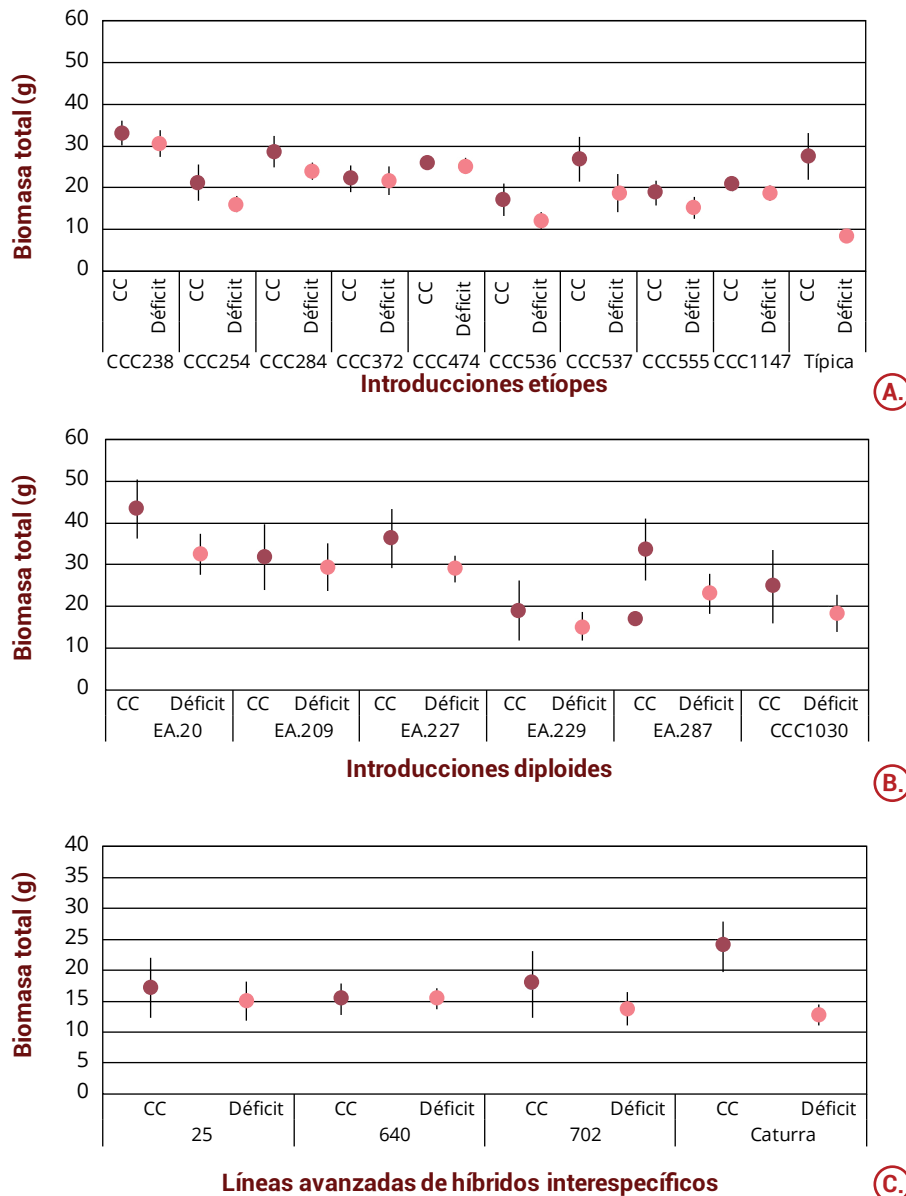


Figura 75. A. Introducciones etiopes de *C. arabica*, **B.** Acciones diploides de *C. canephora* y *C. liberica*, **C.** Líneas avanzadas de híbridos interespecíficos de Caturra x *C. canephora* que no difieren en la biomasa total en déficit hídrico y en riego a capacidad de campo (CC) ($P > 0,05$).

actuales y potenciales de las especies cultivadas. Para el cultivo del café en Colombia, por ser una especie introducida, la diversidad disponible es conservada en el Banco de Germoplasma de Café de Cenicafé. Para los diferentes lotes de conservación, permanentemente se realizan actividades con el fin de extender por el mayor tiempo posible la vida útil de los genotipos. En otros casos, la renovación es necesaria, siendo una de las actividades de mayor complejidad, dado que es primordial mantener la integridad genética de los materiales. En la renovación del germoplasma etíope, las mayores limitantes observadas son la baja formación de brotes (<60% de árboles intervenidos) y la escasa capacidad de formación de raíces cuando son propagados vía estaca. En la actualidad, el uso de la injertación, ha contribuido a un mejor aprovechamiento del material vegetal disponible. Dentro del

programa establecido, se han renovado el 55% de las accesiones propuestas (Tabla 27), pasando el número de accesiones con menos de cuatro árboles de 110 a 42. Adicionalmente, se han renovado árboles en 162 accesiones etíopes adicionales, aprovechando el material de propagación disponible. De igual manera, se continúa con la conservación de genotipos de la colección de trabajo, sembrando y/o reubicando más de 250 genotipos, lo cual contribuye a una mejor utilización de los recursos disponibles.

Identificación de genotipos androestériles en la Colección Colombiana de Café. MEG103015

La búsqueda de variedades con características superiores constituye un reto permanente para los Programas de Mejoramiento Genético, lo cual requiere de la aplicación de diversas estrategias para el cumplimiento de un objetivo dado. Entre ellas, el aprovechamiento del fenómeno de la heterosis ha sido de gran utilidad, teniendo como premisa que debe disponerse de un método efectivo y confiable de emasculación. La androesterilidad, fenómeno por el cual un individuo es incapaz de producir gametos masculinos funcionales, ha sido usado con este propósito y en especies autógamas se ha convertido en un prerrequisito para el aprovechamiento de la heterosis a escala comercial. Dada su importancia, el hallazgo de genotipos con esta característica dentro del Colección Colombiana de Café, ofrece una alternativa para la obtención de variedades. Después de tres años de evaluaciones y de explorar cerca de 10.000 genotipos correspondientes a 482 accesiones, provenientes del centro de origen y diversidad

Tabla 27. Estado actual de renovación de germoplasma de procedencia etíope de la Colección Colombiana de Café.

Período	Lote	No de accesiones intervenidas	Porcentaje total	Árboles intervenidos	Estado árboles intervenidos (%)		Generación de brotes (%)		Renovación (%)	
					(+)	(-)	Árboles	Accesiones	Árboles	Accesiones
I	Etiopía I	62	31,0	297	71,4	29,0	59,6	90,0	54,5	61,3
	Etiopía II	27	23,3	99	77,8	22,2	61,6	88,8	32,3	77,8
	Etiopía III	21	25,0	109	68,8	31,2	46,8	85,7	11,9	42,9
II	Etiopía I	65	33,0	424	72,9	27,1	32,1	78,0	20,8	49,2
	Etiopía II	28	24,1	128	71,9	28,1	43,0	78,5	17,2	57,1
	Etiopía III	41	48,8	284	83,8	16,2	43,0	92,6	6,7	41,5

(+) Porcentaje de árboles en buen estado; (-) Porcentaje de árboles en mal estado.

de *C. arabica* – Etiopía, y 79 progenies derivadas del cruzamiento entre *C. arabica* x *C. canephora*, se identificaron 21 genotipos con esta característica; de los cuales, 11 fueron consistentes y por lo tanto pueden ser considerados como androestériles, mientras que los restantes, bajo ciertas condiciones presentan polen, que conlleva a la formación de frutos bien sea por autofecundación o como donantes, con valores en ningún caso superiores al 7%. A pesar de que se ha reportado que la característica ocurre a menudo en plantas derivadas de la hibridación entre especies, ninguno perteneció a este grupo. Los genotipos androestériles identificados corresponden a diez introducciones de origen etíope, algunas de ellas sobresalientes en su comportamiento productivo, porte del árbol, resistencia a enfermedades y plagas, calidad de física del grano y sensorial de la bebida. Los resultados obtenidos, constituyen el primer paso para viabilizar a futuro la utilización comercial de variedades híbridas de café en Colombia.

Mejoramiento por resistencia a plagas. MEG104

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

Con la finalidad de utilizar el mejoramiento por hibridación para la obtención de una variedad tolerante a la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) que contribuya a reducir las pérdidas económicas dentro de un manejo integrado de este insecto plaga, se cuenta con poblaciones en

diferentes generaciones del cruce de progenitores femeninos, con excelentes características agronómicas y resistencia a la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk y Br., por progenitores masculinos con antibiosis contra la broca del café. Se cuenta con 39 híbridos F1 en etapa vegetativa del cruce de los parentales femeninos (CU.2034, CU.1953, lapar, MEG667#114, MEG667#665 y MEG667#667) por los parentales masculinos (CCC477, CCC183, CCC470, CCC534, CCC344, CCC336, CCC359, CCC354, CCC363, CCC419, CCC348, CCC1025, CCC1038, CCC1030, CCC1037, CCC1028, B.071.49); tres poblaciones F2 en etapa productiva (CU.1827 x CCC183, CU.1778 x CC477 y CU.1827 x CCC363) y 32 progenies F3 en etapa productiva de las poblaciones CX.2848 x CCC477, CX.2710 x CCC534, CX.2178 x CCC470, CX.2391 x CCC477 y CU.1812 x CCC534. En el período que comprende este informe inició la evaluación en condiciones controladas de la infestación con *H. hampei* de las tres poblaciones F2 y las 32 progenies F3; encontrando 42 plantas F2 con menor número de estados de la broca del café en comparación con los testigos susceptibles, escogiendo 18 plantas F2 para evaluar en el campo (Tabla 28): once plantas de la población CU.1778 x CC477 y siete plantas de CU.1827 x CCC183 que disminuyeron el número de estados de *H. hampei* entre 11,42% a 25,21%, presentan una altura entre 100 a 180 cm, así como una incidencia de roya entre 0 a 2 en la escala de Eskes y Toma Braghini (1981). Además, se identificaron 90 plantas F3 con un número de estados de la broca del café menor significativamente con relación a los testigos susceptibles, de las cuales se seleccionaron 51 plantas F3 para evaluar en el campo (Tabla 29): dos plantas de la población CU.1812 x CCC534, cinco plantas de CX.2178 x CCC470, nueve plantas de CX2391 x

CCC477, 22 plantas de CX.2710 x CCC534 y 13 plantas de CX.2848 x CCC477, que redujeron la oviposición de *H. hampei* entre 11,48% a 29,71%, tienen una altura entre 115 a 190 cm y una incidencia de roya entre 0 a 3 en la escala de Eskes y Toma Braghini (1981). Se confirmó que el carácter número de estados de *H. hampei* se hereda a las poblaciones F2 y F3.

Evaluación regional de progenies avanzadas. MEG105

Evaluación regional de progenies promisorias. MEG105001

En la actualidad, la Disciplina de Mejoramiento Genético de Cenicafé ha desarrollado poblaciones avanzadas (>F4) que cuentan con características agronómicas excepcionales como: (1) base genética amplia para la resistencia a la roya, (2) resistencia a CBD, (3) alta productividad, (4) altos estándares de calidad en la bebida y (4) calidad física del grano. Estas poblaciones se originaron a partir de cruzamientos

entre (1) Caturra x HdT, (2) *C. arabica* x *C. canephora* y (3) genotipos etíopes x variedades comerciales de diferentes orígenes. Sin embargo, para que estas poblaciones puedan ser componentes de una variedad comercial debe evaluarse su nivel de adaptación a las condiciones de la caficultura colombiana, lo que es conocido como Pruebas Regionales. Para ello, se evaluaron 208 líneas mejoradas en ocho departamentos cafeteros colombianos: Norte de Santander, Santander, Antioquia, Caldas, Quindío, Tolima, Huila y Cauca. Con los resultados obtenidos en siete departamentos, en el 2020 se seleccionaron 76 líneas mejoradas resistentes a la roya y con excelentes atributos agronómicos. En la presente vigencia se finalizó el registro de producción y crecimiento de la prueba regional establecida en Chinácota, Convención y Salazar de las Palmas en el departamento de Norte de Santander, donde se evaluaron 54 líneas avanzadas y dos variedades testigo (variedad Castillo® General y Caturra). Se observó un excelente potencial productivo en 37% de las líneas evaluadas, identificando 20 que producen más del 30% de la producción alcanzada por la variedad Castillo® General; sin embargo, pese

Tabla 28. Porcentaje de reducción del número de estados de *H. hampei* de 18 plantas F2 de tres poblaciones (CU.1827 x CCC183, CU.1778 x CCC477 y CU.1827 x CCC.363) con relación a los testigos susceptibles, características agronómicas e incidencia de roya.

Cruzamiento	Planta	Reducción oviposición broca (%)	Altura (cm)	Diámetro copa (cm)	Número cruces	Incidencia de roya
CU.1778 x CCC.477	371	11,995	180	185	22	0
CU.1778 x CCC.477	399	12,438	150	180	27	0
CU.1778 x CCC.477	355	13,205	135	175	25	2
CU.1778 x CCC.477	314	13,678	145	185	28	0
CU.1778 x CCC.477	214	13,743	145	180	25	0
CU.1778 x CCC.477	252	14,286	140	165	25	1
CU.1778 x CCC.477	381	15,243	145	165	24	0
CU.1778 x CCC.477	360	17,293	165	190	30	0
CU.1778 x CCC.477	402	17,450	160	210	32	0
CU.1778 x CCC.477	382	18,909	150	185	20	0
CU.1778 x CCC.477	294	23,405	150	180	25	0
CU.1827 x CCC.183	14	11,422	130	160	26	0
CU.1827 x CCC.183	137	12,975	170	190	31	0
CU.1827 x CCC.183	5	13,371	145	175	25	0
CU.1827 x CCC.183	184	14,226	170	210	27	1
CU.1827 x CCC.183	62	14,541	100	115	22	0
CU.1827 x CCC.183	91	20,940	175	170	30	0
CU.1827 x CCC.183	40	25,219	165	190	26	0

Tabla 29. Porcentaje de reducción del número de estados de *H. hampei* de 51 plantas F3 de cinco poblaciones (CX.2710 x CCC534, CX.2178 x CCC470, CX.2848 x CCC477, CX.2391 x CCC477, CU.1812 x CCC534) con relación a los testigos susceptibles, características agronómicas e incidencia de roya.

Cruzamiento	Planta	Reducción oviposición broca (%)	Altura (cm)	Diámetro copa (cm)	Número cruces	Incidencia de roya
CU1812 X CCC534 #698 2014_1	128	17,360	140	165	29	2
CU1812 X CCC534 #698 2014_1	16	23,312	160	165	28	3
CX2178 X CCC470 #199 2014_1	372	19,748	145	190	26	2
CX2178 X CCC470 #220 2014_1	328	23,088	125	150	24	0
CX2178 X CCC470 #253 2014_1	235	16,520	50	130	9	3
CX2178 X CCC470 #261 2014_1	182	18,948	115	120	24	2
CX2178 X CCC470 #263 2014_1	100	19,115	145	165	25	2
CX2391 X CCC477 #452 2014_1	942	15,393	120	140	31	1
CX2391 X CCC477 #452 2014_1	756	15,858	80	165	16	2
CX2391 X CCC477 #452 2014_1	299	17,818	115	135	28	1
CX2391 X CCC477 #489 2014_1	264	16,285	150	170	29	3
CX2391 X CCC477 #489 2014_1	263	17,364	140	160	23	1
CX2391 X CCC477 #489 2014_1	265	18,540	150	190	27	3
CX2391 X CCC477 #489 2014_1	742	25,853	125	130	27	0
CX2391 X CCC477 #534 2014_1	159	15,878	190	255	28	3
CX2391 X CCC477 #534 2014_1	160	21,773	185	210	27	0
CX2710 X CCC534 #106 2014_1	226	13,890	120	155	28	0
CX2710 X CCC534 #21 2014_1	464	15,927	160	160	28	0
CX2710 X CCC534 #21 2014_1	344	17,339	155	185	30	3
CX2710 X CCC534 #21 2014_1	350	18,269	165	175	30	1
CX2710 X CCC534 #42 2014_1	212	14,517	130	145	25	3
CX2710 X CCC534 #42 2014_1	220	17,954	145	210	26	0
CX2710 X CCC534 #46 2014_1	209	15,204	130	155	26	3
CX2710 X CCC534 #46 2014_1	201	15,389	145	180	29	0
CX2710 X CCC534 #46 2014_1	208	15,749	180	210	27	0
CX2710 X CCC534 #46 2014_1	204	16,681	130	160	27	1
CX2710 X CCC534 #46 2014_1	228	22,985	135	170	26	0
CX2710 X CCC534 #52 2014_1	76	15,190	155	220	27	0
CX2710 X CCC534 #52 2014_1	74	19,933	120	130	26	0
CX2710 X CCC534 #53 2014_1	428	13,736	155	200	27	2
CX2710 X CCC534 #53 2014_1	1223	16,066	150	180	27	0
CX2710 X CCC534 #57 2014_1	362	11,481	150	160	30	0
CX2710 X CCC534 #57 2014_1	367	12,260	145	160	28	3
CX2710 X CCC534 #57 2014_1	370	17,886	160	145	30	3
CX2710 X CCC534 #57 2014_1	369	18,116	165	160	32	0

Continúa...

...continuación.

Cruzamiento	Planta	Reducción oviposición broca (%)	Altura (cm)	Diámetro copa (cm)	Número cruces	Incidencia de roya
CX2710 X CCC534 #57 2014_1	364	18,683	130	145	31	0
CX2710 X CCC534 #70 2014_1	334	16,574	190	210	28	0
CX2710 X CCC534 #70 2014_1	333	22,045	135	170	25	0
CX2848 X CCC477 #313 2014_1	177	21,432	130	155	23	3
CX2848 X CCC477 #324 2014_1	101	11,618	175	155	32	3
CX2848 X CCC477 #324 2014_1	108	19,565	145	165	29	3
CX2848 X CCC477 #340 2014_1	35	17,127	165	165	32	0
CX2848 X CCC477 #354 2014_1	398	12,650	130	140	28	2
CX2848 X CCC477 #354 2014_1	634	13,321	160	175	25	2
CX2848 X CCC477 #354 2014_1	21	18,451	165	160	31	3
CX2848 X CCC477 #363 2014_1	308	29,716	190	200	30	0
CX2848 X CCC477 #373 2014_1	1042	13,257	155	160	25	3
CX2848 X CCC477 #373 2014_1	1045	14,617	170	190	29	3
CX2848 X CCC477 #373 2014_1	1041	23,671	170	185	29	3
CX2848 X CCC477 #416 2014_1	405	15,333	170	190	25	3
CX2848 X CCC477 #416 2014_1	764	22,857	160	170	27	0

al excelente comportamiento agronómico observado en Norte de Santander, ocho líneas deben ser excluidas debido a que presentaron altos niveles de incidencia de roya en las evaluaciones realizadas en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío y Tolima.

Evaluar el comportamiento regional de nuevas líneas de café para conformar variedades con adaptación general o específica. MEG105002

A partir de 2013, se inició la evaluación regional de líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé, llevando más de 200 progenies a ocho departamentos cafeteros del país. En 2015, con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías – Gobernación del Huila, el Centro

Nacional de Investigaciones de café - Cenicafé y el Comité Departamental de cafeteros del Huila (FNC), se dio inicio al proyecto “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila”. Uno de los compromisos establecidos dentro de este proyecto, fue la evaluación regional de líneas avanzadas con potencial para conformar variedades mejoradas de café. De esta manera, se establecieron 45 líneas avanzadas en Pitalito, Acevedo, Garzón, La Plata y Algeciras, municipios altamente representativos de la caficultura Huilense.

Es así, como el departamento del Huila participó con el 43% de las pruebas regionales a nivel de país. Los resultados obtenidos en este proyecto fueron integrados a los alcanzados en los otros nueve municipios evaluados en el país, lo cual permitió consolidar la selección de 13 líneas de café resistentes a la roya, con alta producción, excelentes atributos de calidad física del grano y sensorial de la bebida, así como adaptadas a toda la geografía cafetera colombiana.

Mejoramiento por calidad de la bebida. MEG110

Caracterización organoléptica de la Colección Núcleo de Café. MEG110001

La colección núcleo de la Colección Colombiana de Café (CCC) está conformada por 50 accesiones, que representan gran parte de la diversidad genética disponible de *C. arabica* y que está presente en las 1.031 accesiones que conforman la colección internacional de la CCC. El objetivo de esta investigación es caracterizar la

calidad sensorial de la colección núcleo, en tres ambientes contrastantes de la caficultura colombiana. Para ello, hasta la fecha se han analizado 679 muestras provenientes de los municipios de Campoalegre y La Argentina (Huila)

y Buenavista (Quindío), con lo cual se completó la caracterización de 39 accesiones. Resaltan por sus excelentes atributos sensoriales y consistencia entre las diferentes localidades evaluadas, las accesiones CCC.66, CCC.183, CCC.293 y CCC.1106.



Poscosecha

Despulpado

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

Se lanzaron pecheros con capacidades para 300 y 600 kg h⁻¹ de frutos de café con compuertas basculantes y contrapesos calibrados, para hacer la separación de frutos verdes por diferencias de firmeza, durante el despulpado. Se hallaron innovaciones adicionales con las que se logró el aumento de la capacidad, reducción de espacio, simplicidad de las piezas, facilidad de industrialización y homogeneidad de tratamiento para todos los frutos. Este desarrollo se encuentra en proceso de protección de propiedad intelectual.

Valoración de frutos verdes

Evaluación de alternativas de beneficio para el fruto verde de café. POS107020

En este período se terminaron las evaluaciones del almacenamiento con volteos periódicos de los frutos verdes de café, previo al proceso de beneficio. Para ello y según lo encontrado previamente en el desarrollo de la investigación, a los frutos se les realizó una clasificación hidráulica, con el fin de seleccionar aquellos de mejor desarrollo y calidad, se dejaron escurrir por un tiempo para eliminar la humedad libre, evitando el deterioro y posteriormente, se almacenaron en costales de fibra por un período de 10 días (con madurante) a 15 días. El mejor tratamiento evaluado fue el que consistió en el almacenamiento con volteos periódicos de frutos verdes de café provenientes de cosecha principal,

con la adición de madurante. Este método alcanzó un valor promedio en el porcentaje del precio de venta respecto al estándar de $95,92\% \pm 1,60$, valores de factor de conversión de $4,00 \pm 0,08$ y porcentajes de café no despulpado del $4,01\% \pm 0,63$. El almacenamiento con volteos periódicos de frutos verdes, previo al proceso de beneficio, es una alternativa de manejo para este tipo de frutos, que permite aumentar el precio de venta del grano y mejorar la calidad física (Figura 76). Sin embargo, hasta el momento, no se ha logrado mejorar la calidad en taza.

Cafés Especiales

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

Se realizó un estudio de error constante para determinar la masa y el volumen con los cuales se comete el menor error



Figura 76. Frutos verdes, pintones y secos.

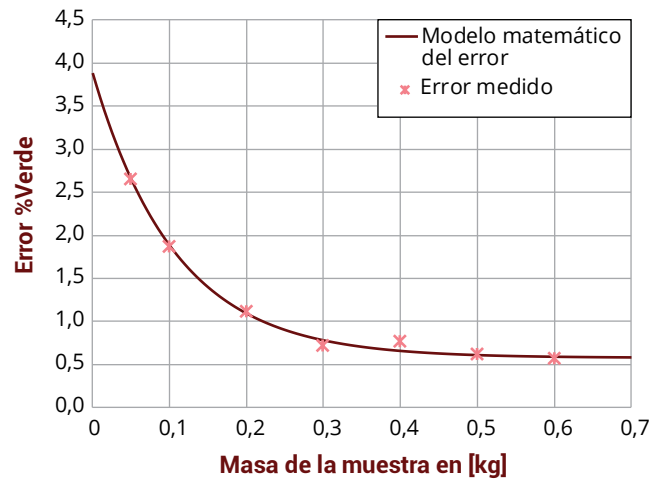


Figura 77. Error en la determinación de contenido de frutos verdes por conteo en una muestra

durante la medición del contenido de frutos verdes, a través del conteo de este tipo de frutos en un volumen conocido. Se encontró que con una masa de café igual o superior a 350 g se logra error constante cuando, como puede observarse en la Figura 77, la cual corresponde a un volumen de 600 mL. Con base en este hallazgo se desarrolló el sistema Mediverdes® que consiste en un recipiente plástico cilíndrico de 600 mL de volumen (Figura 78), más alto que ancho, con el cual puede realizarse el control de la recolección en el campo y evitar que lleguen masas de café con contenidos de frutos verdes mayores al 2,5%.

Se liberó una aplicación móvil que guía a los caficultores o a los operarios de los beneficiaderos para realizar el monitoreo de la calidad en la Poscosecha del café durante todas las etapas (Figura 79). Esta aplicación está asociada al cumplimiento de las siete prácticas clave para la producción de café de buena calidad (7P®) y con el uso de tecnologías y técnicas desarrolladas en Cenicafé, como son: Mediverdes®, Cromacafé®, Fermaestro®, y las técnicas para hacer seguimiento de la humedad del café durante el secado, ya sea solar (Gravimet) o mecánico (Gravimet SM).

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

En una investigación en la que se contrastaron la aplicación de algunas prácticas que utilizan los caficultores, con respecto a la aplicación de las siete prácticas clave para producción de café de buena calidad (7P®), se encontró en las pruebas realizadas hasta el momento, que con la aplicación de este proceso por parte del grupo Élite de Calidad de Isnos, se obtuvieron tazas limpias con humedades entre el 10% y 12% b.h., contrario al 42% de las muestras que estuvieron por fuera del rango de humedad y 16% con defecto en taza, cuando se realizan variaciones al proceso de beneficio. Estas variaciones, a su vez, dificultan el seguimiento de las etapas.

En esta investigación se determinaron los colores por los que pasan los frutos de café durante su proceso de desarrollo y su correspondencia con el estado de maduración. Con esos colores se construyó una carta de ocho colores que corresponden a las



Figura 78. Mediverdes®.

maduraciones verde, verde-pintón (frutos de apariencia inmadura que no despulpa con la presión de los dedos), pintón, maduro 1, maduro 2, sobremaduro 1, sobremaduro 2 y seco, la cual se muestra en la Figura 80. La Federación Nacional de cafeteros obtuvo la marca registrada Cromacafé® (Figura 80) y lanzó esta herramienta, con el fin de que los caficultores puedan realizar el monitoreo de la calidad del café en el recibo y conocer el estado de la materia prima que va a ser procesada en el beneficiadero.

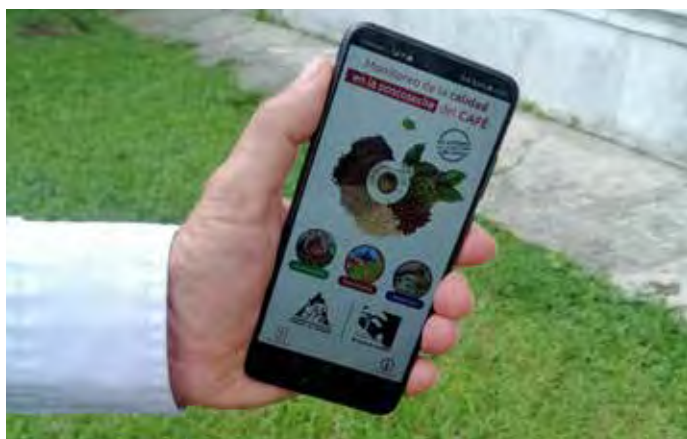


Figura 79. Aplicación para el monitoreo de calidad del café.



Figura 80. Cromacafé®

Secado

Evaluación del efecto de la temperatura del aire de secado en la calidad del café durante el almacenamiento. POS103006

En esta investigación se evaluó el efecto de diferentes temperaturas y condiciones de secado sobre la calidad del grano y de la decoloración a través del tiempo de almacenamiento. Se hizo un análisis del diferencial de color acumulado que indicó que los granos de café presentan cambio significativo del color, más claros y amarillos, por efecto del tiempo de almacenamiento, independiente de la condición de secado previa. En el análisis de las coordenadas de color $L^*a^*b^*$, la luminosidad (L^*) mostró efecto significativo del tiempo de almacenamiento, y para a^* y b^* esta diferencia incluye también el

efecto de la condición de secado. Se presentó una mayor degradación de color cuando se utilizó el empaque de fibra natural, respecto al uso de plástico. El porcentaje de defectos aumentó por efecto del almacenamiento, especialmente con café secado a 50°C . Para esta misma condición, la calidad fisiológica del grano, medida a través de la germinación, contenido de grasa y la conductividad eléctrica, demostró mayor deterioro del grano, que se relaciona con el número de defectos y la baja calidad obtenida en este tratamiento.

Evaluación de diferentes tipos de cubiertas plásticas durante el secado solar de café y en la modificación de los atributos en taza. POS110001

Para el secado solar usando cubiertas plásticas con diferentes propiedades ópticas no se obtuvieron diferencias significativas para la variable calidad en taza, que estuvo cercana a 81 puntos en la escala SCA. Las diferencias se observaron en el tiempo de secado, siendo menor para el testigo y mayor para las cubiertas azul y naranja.

Diseño y evaluación del desempeño de un secador solar para granos de café. POS103010

Se trabajó en el desarrollo de un secador solar con la incorporación de un ventilador y un calentador de aire para ponerlo en funcionamiento durante las horas de menor radiación solar y en las noches, con el fin de mejorar la eficiencia del secado. Se estudiaron tres diferentes formas de hacer la incorporación, encontrando que el sistema con cámara *plenum* antes de la capa de secado presenta las mejores ventajas desde el punto de vista constructivo y práctico (Figura 81). Se hizo un estudio de optimización del volumen de la cámara *plenum* para este tipo de secador y se encontró que, con 25 cm altura se logra un coeficiente de variación menor del 10% en la presión estática del aire antes de pasar por la capa de café, lo cual se considera aceptable para lograr una buena uniformidad de tratamiento de los granos durante esta etapa.

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

Se inició la primera etapa de la investigación de un proceso de secado mecánico de capa estática, sin intercambiador de calor, utilizando como fuente de energía calórica la combustión de Gas Licuado de Petróleo (GLP). Los resultados de las tres primeras

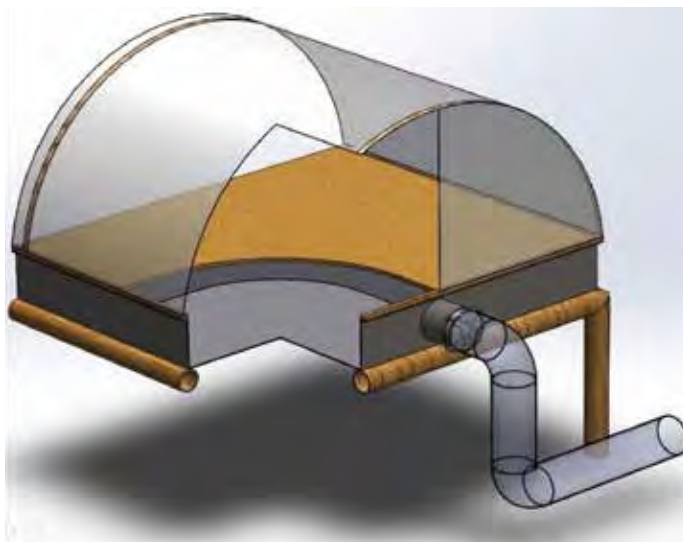


Figura 81. Secador solar con cámara *plenum* para uniformizar la presión antes de pasar por la capa de café.

repeticiones arrojaron que no había presencia de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) en las almendras provenientes de este proceso. Es de resaltar, que entre estas muestras estaban las obtenidas en el proceso de secado con combustión incompleta del GLP, las cuales presentaron en su aspecto oscuro, tanto en el pergamino como en la almendra. En los cromatogramas obtenidos hasta el momento, se ha encontrado la presencia de compuestos similares a los presentes en almendras de café provenientes de secado al sol, y no se ha evidenciado la presencia de compuestos tóxicos para la salud humana. Sin embargo, se requiere de un análisis más detallado de la información.

Tratamiento de aguas residuales

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

Se está evaluando la efectividad de los filtros verdes (Figura 82), bajo condiciones de invernadero, utilizando pasto *Chrysopogon zizanioides* (vetiver) como material vegetal para el manejo de las aguas residuales del café, con el objetivo de no generar vertimientos. Para ello se están evaluando unidades experimentales de 1,0 m², alimentadas con tres tipos de agua residual (mieles del Ecomill®, lixiviados de la mezcla pulpa - mucílago y aguas residuales del tanque tina) a 20 mm, 40 mm y 60 mm. Después de realizar tres alimentaciones con aguas residuales del café, durante 12 semanas consecutivas, dejando descansar el suelo entre 3 y 6 meses, entre las alimentaciones, se ha encontrado que las parcelas regadas con aguas residuales del café, permiten retener y evapotranspirar las



Figura 82. Filtros verdes.

aguas residuales, en promedio, a una tasa de 23,55 L (m² d)⁻¹. Los drenados generados en las diferentes parcelas experimentales mostraron un porcentaje promedio de remoción de la carga orgánica, expresada como DQO, del 77,91% para las aguas mieles del tanque tina, del 62,56% para los lixiviados de la mezcla pulpa-agua residual y del 67,28% para las mieles del Ecomill®.

La aplicación de aguas mieles provenientes del beneficio ecológico del café a parcelas sembradas con pasto vetiver y vegetación natural, muestra las bondades del sistema suelo-microorganismos-planta para realizar la depuración de las aguas residuales del beneficio del café. No se ha observado deterioro de las propiedades del suelo que pueda cuestionar la viabilidad a largo plazo de los filtros verdes. En dos filtros verdes instalados en Cenicafé- La Granja, cada uno de 100 m², para realizar el manejo a las aguas residuales tratadas anaerobiamente, que se generan en el beneficiadero experimental, se ha determinado para los años 2020 y 2021, para el suelo de los filtros verdes regados con las aguas tratadas, respecto al suelo sin regar, un incremento en más del 5%, en los parámetros pH, N, MO, K, P y un decremento en más del 5%, en los parámetros Al, Zn y Cu.

Determinación rápida de la calidad del café

Análisis de imágenes para la determinación rápida de la calidad física del café. POS 101028

En el uso de técnicas de visión artificial para realizar rápidamente el análisis de la calidad del café verde, se trabajó en el algoritmo, que, hasta ahora, contiene segmentación, máscara móvil (*shifting mask*) para encontrar los granos, determinación de centroide de cada uno de los granos, lo mismo que la obtención de la longitud y del ancho (Figura 83).

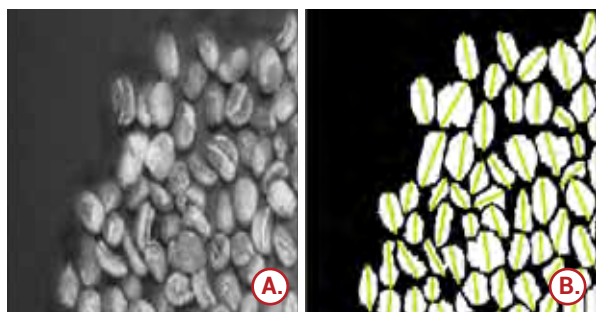


Figura 83. A. Imagen en escala de grises B. con granos segmentados y con el eje más largo determinado.

Se han encontrado dificultades con la iluminación para obtener el color verdadero de los granos de café verde. Para solventar esa dificultad, se diseñó un sistema de domo para difuminar la luz con regulación de intensidad, con el que se espera superar el problema de la adquisición de color verdadero. Se considera que, dado que los algoritmos requieren una alta cantidad de cómputos, es probable que no se pueda llegar a una aplicación que pueda ser usada en teléfonos inteligentes.



Suelos

Caracterización regional de la fertilidad del suelo. SUE102001

El análisis de suelos ayuda a diagnosticar la fertilidad del suelo y predecir la necesidad de enmiendas y fertilizantes. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia consciente de la importancia que tiene esta herramienta, ha promovido masivamente su uso desde hace más de tres décadas. Este proyecto tiene como objetivo caracterizar la fertilidad de los suelos de la región cafetera de Colombia. Para cumplir con este propósito, entre los años 2016 y 2020 se recolectó la información de los resultados de análisis de suelos, realizados desde el año 1989, en los diferentes departamentos cafeteros de

Colombia. Una vez eliminados los valores inconsistentes, se obtuvo una base de datos compuesta por 353.221 registros. Con esta información se efectuó el análisis descriptivo a escala departamental y municipal, para cada propiedad; así mismo, se determinó la frecuencia de las propiedades objeto de estudio según la interpretación de los resultados del análisis de suelos para el cultivo de café en Colombia. Con estos resultados y los rangos críticos establecidos para cada propiedad química, se identificaron las regiones con probables problemas de acidez y deficiencias nutricionales. Adicionalmente, mediante el análisis de componentes principales se hallaron dos conjuntos de propiedades para agrupar los departamentos; uno conformado por aquellas propiedades relacionadas con la acidez del suelo y otro grupo asociado a la materia orgánica y fósforo. En el primero grupo, los mayores valores del pH, calcio, magnesio y potasio en los departamentos de Caldas, Cesar, Huila, La Guajira, Nariño, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca, se relacionan con menores contenidos de aluminio; entretanto, en Bolívar, Boyacá, Caquetá, Casanare, Meta, Putumayo y Santander, los mayores contenidos de aluminio se relacionaron con valores más bajos de pH, calcio, magnesio y potasio. En el segundo componente, contenidos más altos de materia orgánica en Antioquia, Cauca, Chocó y Cundinamarca se relacionaron con niveles bajos de fósforo, mientras que, en Magdalena, Norte de Santander y Tolima los bajos contenidos de materia orgánica se relacionaron con altos niveles de fósforo.

Capacidad de almacenamiento de agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera colombiana. SUE102002

Con el objetivo de determinar la capacidad de almacenamiento de agua (CAA) de las unidades cartográficas de suelo más comunes en área para la región cafetera colombiana se realizó la siguiente investigación entre agosto de 2016 y marzo de 2021. Para una misma unidad de suelo, la CAA no presentó cambios significativos entre los 5,0 y 20,0 cm de la profundidad del perfil, sin embargo, se detectaron diferencias entre unidades. El promedio de la CAA para las unidades de suelos del departamento de Huila fue de 10%, con valores entre el 16% y el 1%. Para Antioquia la CAA fue del 7%, con valores entre el 16% y el 2% y para Tolima del 6%, con valores entre el 14% y el 1%. Los resultados de la clasificación de las propiedades de retención de humedad mostraron que el 22% de las unidades cartográficas presentaron alta CAA, el 17% media y el 61% baja. Los suelos de la zona cafetera del departamento de Antioquia presentaron la condición más crítica. Los modelos de edafotransferencia indicaron que más del 70% de la humedad gravimétrica del suelo puede explicarse en función de la materia orgánica (Tabla 30). La compilación y categorización de las propiedades de retención de humedad de todo el proyecto, adicionando los departamentos de Quindío y Risaralda, se clasificaron según la Tabla 31 y se presenta en la Figura 84.

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

Se avanzó en la evaluación de alternativas de equipos y métodos de aplicación de herbicidas en el manejo integrado de arvenses (MIA). La investigación se realiza en las Estaciones Experimentales Naranjal (Chinchiná, Caldas) y La Trinidad (Líbano, Tolima), en cultivos de café variedad Castillo® y Cenicafé 1, entre uno y dos años de edad, con densidad de 7.142 plantas/ha. Se vienen evaluando seis tratamientos (T1 a T6) para la aplicación de herbicida en forma de parcheo, sobre las arvenses de interferencia alta, así: T1= equipo de pulverización centrífuga, T2=equipo de aspersión de bombeo eléctrico con boquilla Teejet 8001 y presión de 20 psi, T3=equipo de aspersión de bombeo manual con boquilla Teejet 8001 y regulador de presión de 21 psi, T4=selector de arvenses con ruedas, T5=selector de arvenses recomendado por Cenicafé, y T6=equipo de aspersión de bombeo manual con boquilla Teejet 8001 sin regulador de presión (testigo relativo). En los tratamientos T1,

Tabla 30. Modelos de regresión lineal para las propiedades de retención de humedad en el suelo a capacidad de campo (0,033 MPa) y punto de marchitez permanente (1,5 MPa) en las unidades cartográficas de suelo del estudio.

Modelo (n = 48)	R ²
En términos de retenciones de humedad-RT (% gravimétrico)	
CCRH = 7,89*** + 3,93***MO	82,8
PMPRH = 8,69*** + 2,82***MO	75,3
Porosidad total = 34,52*** + 0,34***L + 1,53***MO	76,5

CC_{RH} = retención de humedad a capacidad de campo; PMPRH = retención de humedad a punto de marchitez permanente; MO = materia orgánica; Pt = porosidad total; L: contenido de limos; * = valor p<0,05≥0,01; ** = valor p<0,01≥0,001; *** = valor p<0,001

Tabla 31. Categorías para la clasificación de retención de humedad a capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (PMP) y capacidad de almacenamiento de agua (CAA). Límites establecidos según Or et al. (2011).

Clase	CC (% volumen)	PMP (% volumen)	CAA (%)
Clase	CC (% volumen)	PMP (% volumen)	CAA (%)
Baja	< 20	< 8	< 12
Media	≥ 20 < 33	≥ 8 < 18	≥ 12 < 15
Alta	≥ 33	≥ 18	≥ 15

T2, T3 y T6 se usó pantalla protectora y glifosato 480 g L⁻¹ en dosis de 3 L ha⁻¹, y en los tratamientos T4 y T5 se aplicó el mismo herbicida al 10%. Se presentan los resultados de seis aplicaciones, en parcelas de 2.000 m² por tratamiento, aproximadamente. En cuanto a la mano de obra empleada (jornales/ha), no se han presentado diferencias estadísticas entre los tratamientos (Figura 85); el volumen de aplicación (L ha⁻¹) ha sido estadísticamente menor en T4 y T5 (Figura 86), el T1 ha generado mayor fitotoxicidad (22% en grado leve) en las plantas de café con respecto al T6. Con los tratamientos T1, T2 y T3 se han obtenido similares valores de cobertura de arvenses (20% al 40%), 21 y 35 días después de la aplicación, con relación al T6, mientras que los tratamientos T4 y T5 han superado al resto de tratamientos, con valores de cobertura superiores al 50%, favorables en la conservación del suelo (Figura 87).

Extracción de nutrientes por el café. SUE104008

Las plantas absorben a través de sus raíces los nutrientes requeridos para su crecimiento y producción. El conocimiento acerca de este

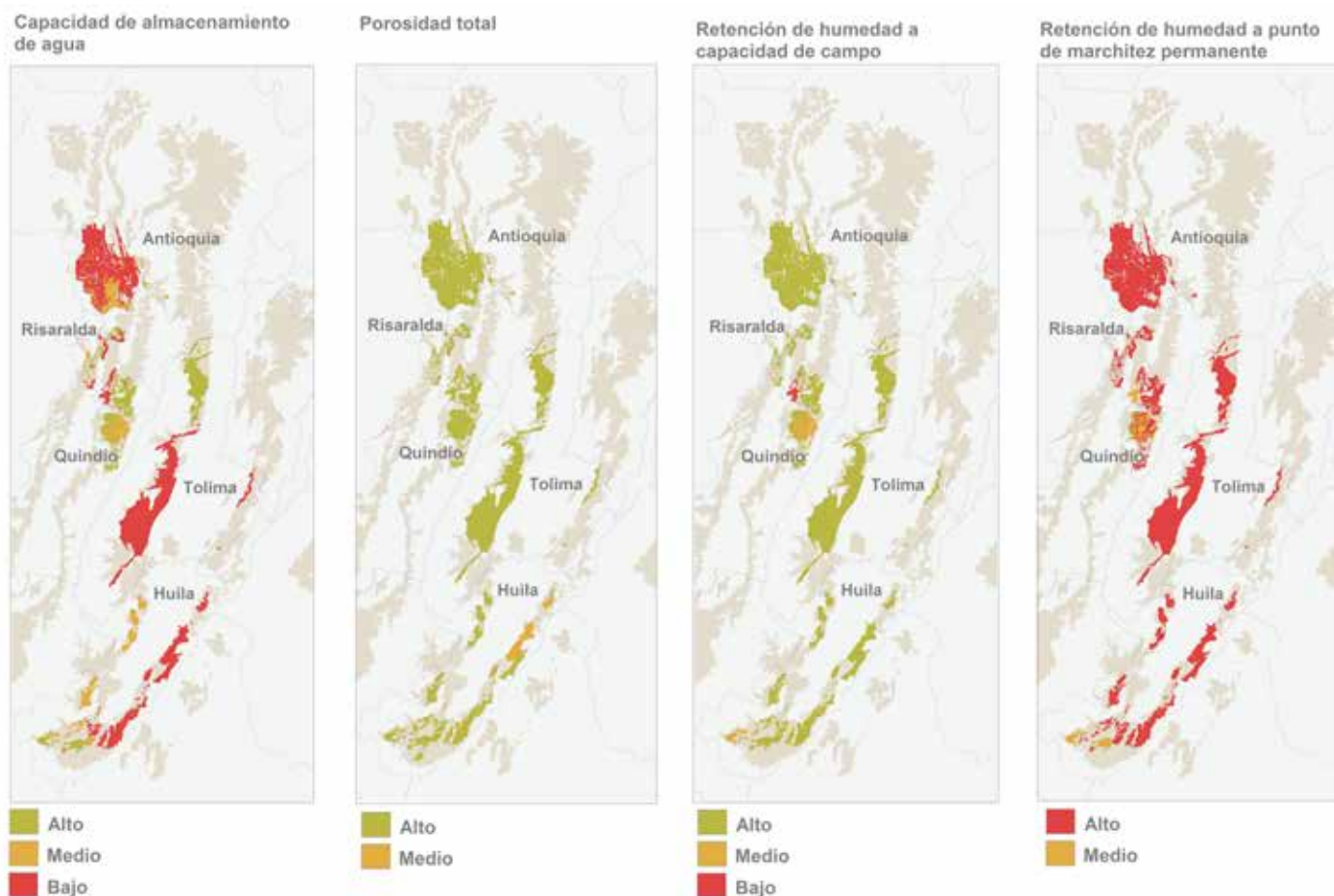


Figura 84. Espacialización de las propiedades relacionadas con la retención de agua en el suelo para la región cafetera de los departamentos de Antioquia, Huila, Risaralda, Tolima y Quindío.

fenómeno ayuda a definir planes de fertilización más ajustados en aspectos relacionados con dosis y épocas de aplicación. Este proyecto tiene como objetivo determinar la extracción de nutrientes por el café, en la región cafetera de Colombia. Durante este último período de vigencia del proyecto se consolidó la información y se analizaron los siguientes componentes. Para un evento de alta producción de la primera cosecha de café variedad Castillo®, se determinó el crecimiento y la acumulación de nutrientes en ramas productivas, desde la floración hasta la cosecha. La longitud de las ramas se incrementó en 22 cm y el número de nudos en seis, lo cual revela que la planta forma nuevos órganos vegetativos, aún en escenarios de alta producción. En consecuencia, la biomasa seca total de cada rama (incluidas las hojas y los frutos) se incrementó en 155%, pasando de 21,0 a 54,0 g. En consecuencia, se aumentaron de manera significativa los contenidos de todos los nutrientes en las ramas, a excepción del calcio, zinc y boro. El incremento porcentual en la cantidad de nutrientes, desde la floración hasta la cosecha, fue la siguiente: N 73%, P 76%, K 142%, Ca 40%, Mg, 51%, Fe 162%, Mn 88%, Zn

47%, Cu 168% y B 36%. En otro componente del proyecto, se estimó la fijación de carbono en los órganos vegetativos de café, durante cinco años, en dos localidades. La cantidad total de carbono acumulado fue menor para el caso de Huila (15,5 t ha⁻¹) con respecto al Quindío (23,6 t ha⁻¹) (Figura 88), siendo mayor la fijación en el tallo y las hojas, que en los demás órganos de la planta (Figura 89).

Respuesta del café a riego y fertirriego. SUE104025

Con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de café a riego y fertirriego se inició esta investigación en junio de 2018. Para los meses de octubre y noviembre de 2020, y enero, febrero, abril, mayo, julio y agosto de 2021, la aplicación de fertirriego fue de 2,7 kg de urea, 2,1 kg de KCl y 1,5 kg de MgSO₄, en las tres parcelas correspondientes a dicho tratamiento. Cada uno de los fertilizantes tuvo disolución inicial y luego se mezclaron y aforaron a 100 L con agua, y se pasaron a las plantas con aproximadamente 1.000 L de agua por medio de sistema Venturi. En el seguimiento

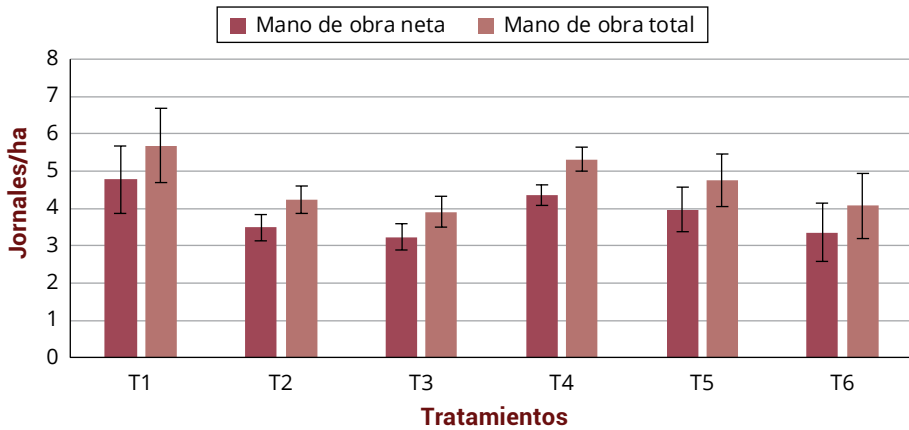


Figura 85. Mano de obra neta y total promedio de la aplicación de herbicida en el MIA con diferentes tratamientos. Las barras indican el error estándar.

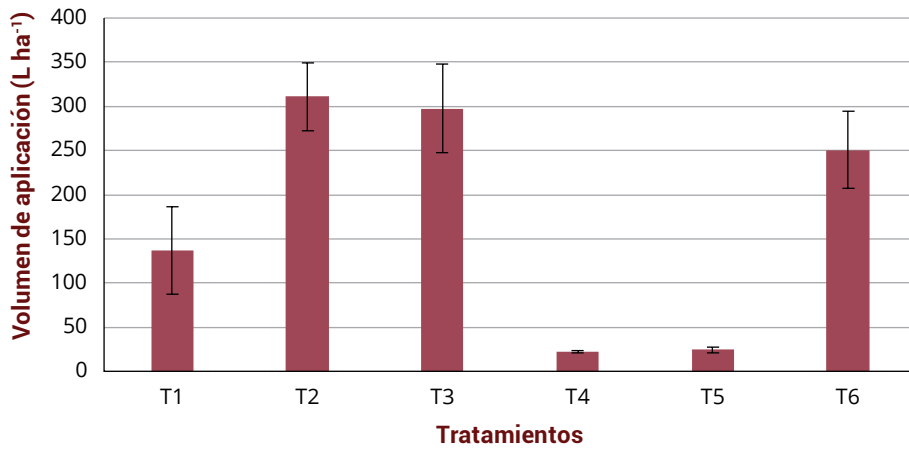


Figura 86. Volumen de aplicación promedio utilizado (L ha⁻¹). Las barras indican el error estándar.

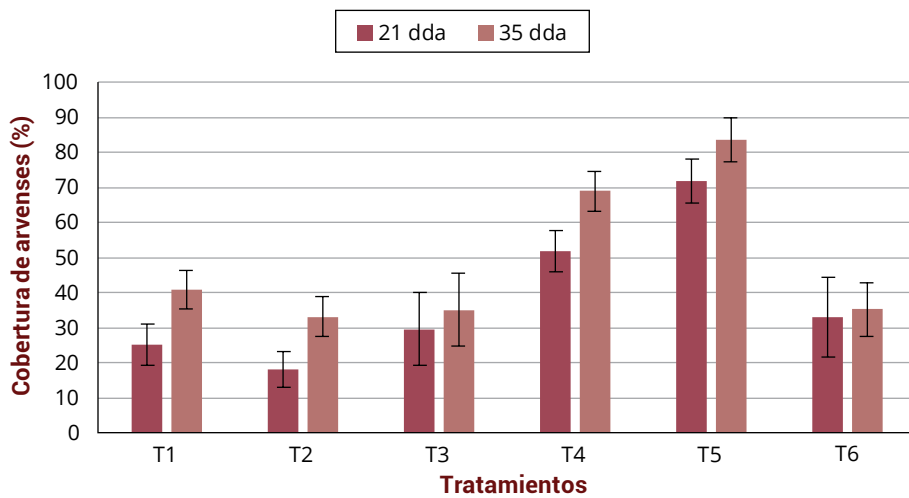


Figura 87. Cobertura promedio de arvenses (%), a los 21 y 35 días después de la aplicación de tratamientos (dda). Las barras indican el error estándar.

diario de la humedad del suelo, a tres profundidades (25, 40 y 60 cm), se evidenció que el potencial mátrico del suelo se mantuvo por debajo de 40 kPa, durante la mayor parte del tiempo, potencial definido para el inicio de la aplicación de riego, a excepción del período comprendido entre la última década de enero y mitad de la segunda década de febrero (Figura 90). Durante la última década de enero se aplicaron 3.600 L de agua en riego por goteo, a las tres parcelas que conforman dicho tratamiento, y se lograron diferencias hasta en 17 kPa en las tres profundidades evaluadas (25, 40 y 60 cm), respecto a las parcelas testigo (Figura 91). En la Tabla 32 se presenta la producción de café cereza por tratamiento, de agosto de 2018 a septiembre de 2021.

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

El suministro de fósforo durante las primeras etapas del cultivo de café contribuye de manera importante al crecimiento y el desarrollo de las plantas. Con esta investigación se busca evaluar el efecto de diferentes alternativas en la fertilización con fósforo durante la etapa de establecimiento de café. Los 14 tratamientos que se evalúan consisten en la combinación de tres dosis de fósforo-P₂O₅ (9, 18 y 27 g/planta) y cuatro formas de aplicación (i-superficial a los 2 y 10 meses después de la siembra (mds), ii-localizada en el momento de la siembra alrededor del colino a 5 cm de profundidad, iii-50% localizada y 50% superficial, a los 2 y 10 mds, y iv-incorporada al suelo del hoyo en la siembra). Adicionalmente, se cuenta con dos testigos. Las plantaciones

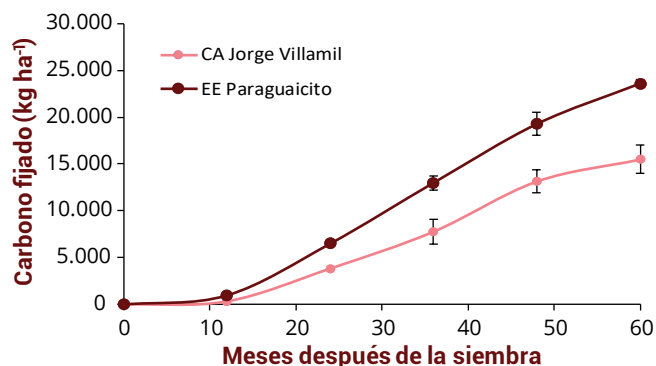


Figura 88. Cantidad total acumulada de carbono, durante cinco años, en los órganos vegetativos de la parte aérea del café (tallos, hojas y ramas), en dos localidades del Huila y Quindío.

se establecieron en el último trimestre del año 2019, en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé (Naranjal en Caldas, La Trinidad en Tolima, Paraguaicito en Quindío y El Tambo en Cauca) y, 12 meses después, se evaluaron las variables: altura de la planta, número de cruces, longitud de la rama más larga, número de nudos en la rama más larga y el diámetro del tallo. Sólo se registró efecto de los tratamientos en dos localidades; en Naranjal, dosis altas de fósforo, aplicadas superficialmente o de manera localizada, incrementaron la altura de las plantas con respecto a los tratamientos sin fósforo, y en La Trinidad, el promedio del diámetro del tallo de uno de los testigos fue menor que algunos de los tratamientos, principalmente en los que se incorporó el fósforo al suelo.

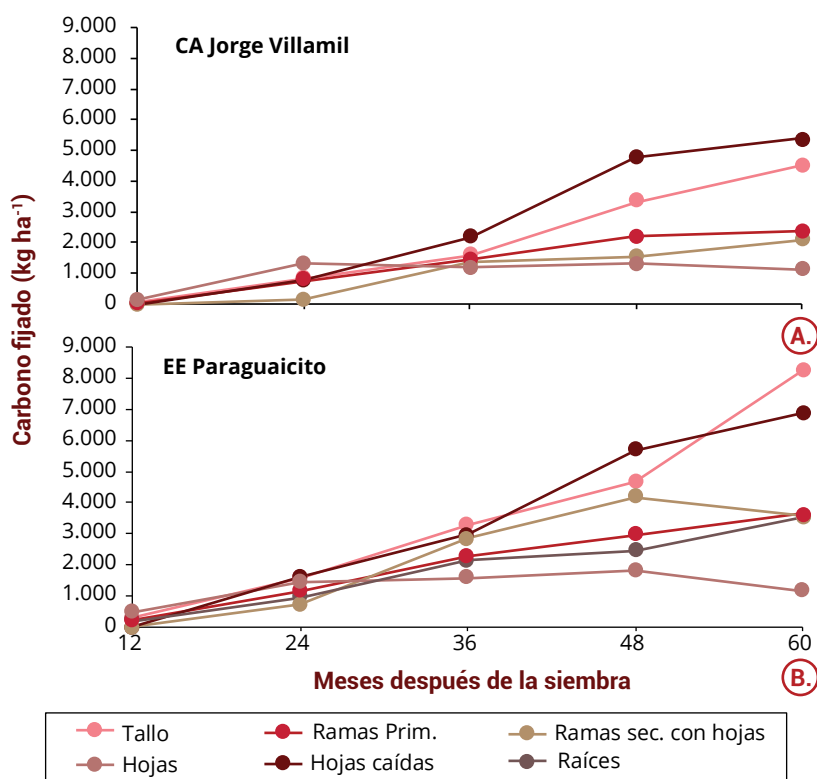


Figura 89. Cantidad acumulada de carbono, durante cinco años, en los órganos vegetativos de café (tallos, hojas y ramas) en: **A.** La Concentración Agrícola Jorge Villamil (Gigante, Huila) y **B.** la Estación Experimental Paraguaicito (Bella Vista, Quindío).

Evaluación de micorrizas y de hongos solubilizadores de fosfato como alternativa de complemento a la fertilización fosfórica en almácigos de café. SUE104036

En los suelos de las unidades cartográficas Chinchiná, Doscientos, Llano Palmas y un Oxisol de la zona cafetera colombiana, se evaluó el efecto de la fertilización fosfórica, complementada con un inóculo micorrizal (HMA) y un hongo solubilizador de fosfatos (HSP), en el crecimiento de café en almácigo. Los tratamientos consistieron en la aplicación de HMA (10 g/planta), HSP (10 mL suspensión/planta) y la mezcla HSP+HMA a cuatro diferentes dosis de P (0; 0,5; 1 y 2 g/planta de P₂O₅). Previamente, se verificó en el laboratorio la calidad de los inóculos, encontrándose para el HMA una colonización en raíces de café equivalente al 43%, mientras que, para el HSP se obtuvo una concentración

Tabla 32. Producción de café cereza de las parcelas experimentales.

Tratamiento	Número de plantas en las tres parcelas experimentales	Producción de café cereza, total (tres parcelas experimentales por tratamiento) kg*	Desviación estándar producción
Sin riego, fertilización sólida	318	3.476,39	29,62
Con riego, fertilización sólida	326	3.146,31	19,93
Riego y fertirriego	329	3.616,44	44,12

* Producción agosto de 2018 a septiembre de 2021.

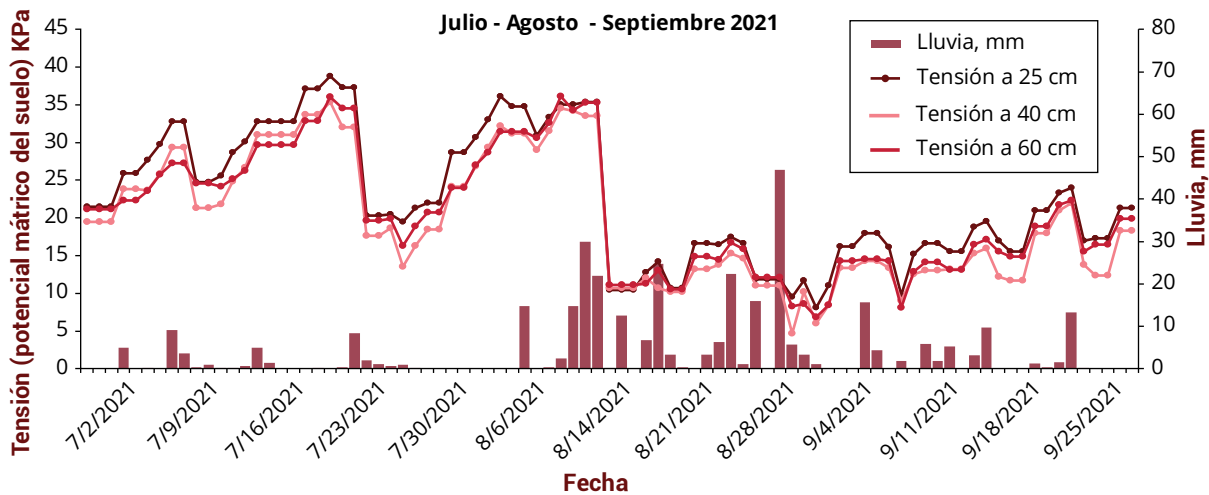


Figura 90. Registros diarios de humedad del suelo (tensión KPa) a tres profundidades (25, 40 y 60 cm) y lluvia, de octubre de 2019 a septiembre de 2020. Lote experimental Paraguacito.

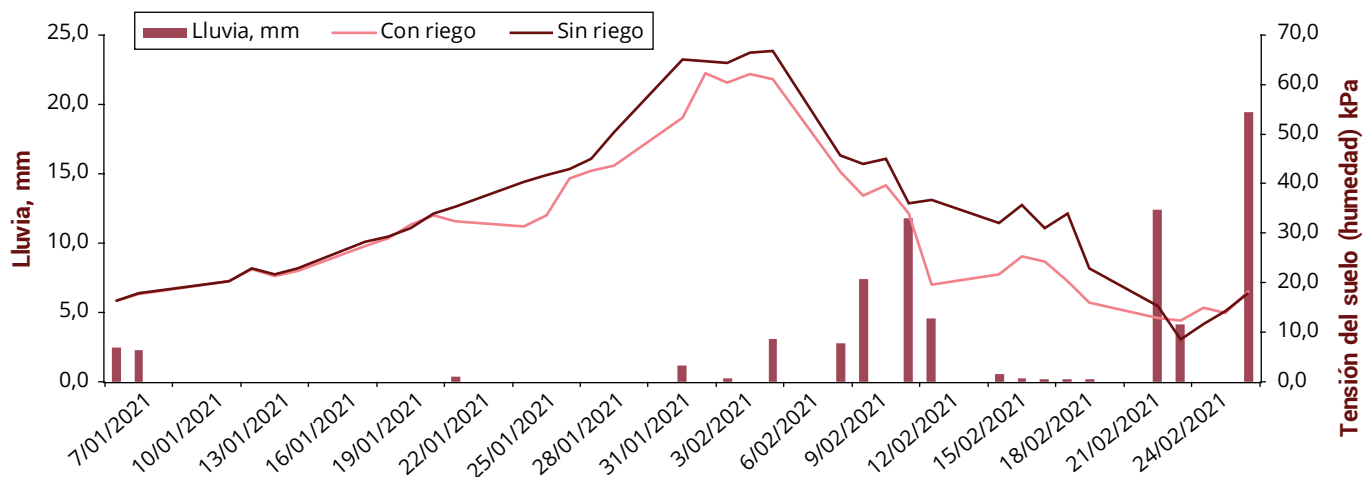


Figura 91. Efecto de la aplicación de riego en la humedad del suelo.

de 1×10^{10} esporas/g y germinación mayor del 95%. La fertilización fosfórica ocasionó resultados diferenciales en el P del suelo, según la unidad de suelo y las dosis suministradas. En general, con la dosis de P equivalentes a 0,5 g/planta se incrementaron los niveles del elemento entre 73 y 130 mg kg^{-1} , mientras que, con 2 g/planta el P superó los 300 mg kg^{-1} . El crecimiento del café, expresado como materia seca total (MST), presentó respuesta positiva al suministro de P conforme a las dosis evaluadas (Figura 92). Para las unidades 200 y Meta hubo efecto negativo con aplicaciones de 2 g/planta. En la unidad 200, el HMA incrementó en 40% la MST en el control, respuesta que correspondió a un nivel de P en el suelo equivalente a 32 mg kg^{-1} . Así mismo, la aplicación conjunta de HMA-HSP en la máxima dosis de P suministrada, atenuó el efecto negativo derivado

del exceso de P, incrementando la MST en 73% con respecto a los demás tratamientos. Considerando la alta calidad de los inóculos, los resultados pueden explicarse por los valores extremos de P en el suelo (4-7 mg kg^{-1} en el control y 73-128 mg kg^{-1} con la mínima dosis de P aplicada) y/o las bajas dosis en la formulación de los microorganismos estudiados.

Efecto del potencial mátrico del suelo en el crecimiento de las plantas de café en etapa de establecimiento. SUE104037

Entre septiembre de 2019 y enero de 2021, se evaluó el efecto del potencial mátrico del suelo, con énfasis en sequía, en las plantas de café variedad Cenicafé 1, en etapa de establecimiento. Para ello, se sembraron colinos de café en materos y se acondicionaron por cuatro meses en las casas de malla en Cenicafé

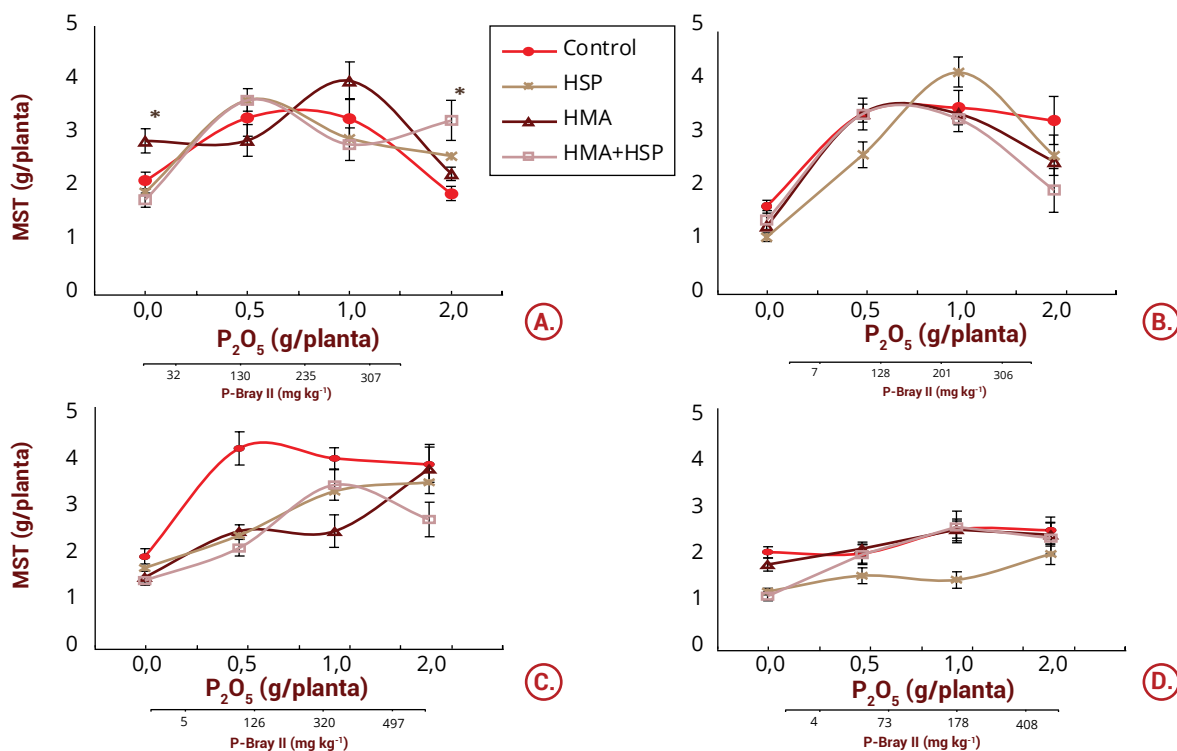


Figura 92. Masa seca total (MST) de las plantas de café en respuesta al suministro de HMA y HSP, a diferentes niveles de P en suelos de la unidad 200 **A.**, Ultisol del Meta **B.**, Unidad Llano Palmas **C.** y Unidad Chinchiná **D.** Barras indican error estándar y asterisco, diferencia significativa con respecto al control (prueba Dunnett 5%). Escala en color rojo, corresponde al nivel de P-Bray II observado en el suelo al final del período experimental.

Planalto. Posterior al acondicionamiento, por cinco meses se evaluó el efecto de cinco rangos de potencial mátrico del suelo, generados mediante sequía progresiva, desde -20 ± 10 kPa a -1.600 ± 100 kPa. Los resultados indican que el potencial mátrico del suelo tiene efecto sobre las plantas de café variedad Cenicafé 1 en etapa de establecimiento. Las plantas que crecieron con potencial mátrico cercano a capacidad de campo (-20 ± 10 kPa) presentaron más del 50% de biomasa seca que las que crecieron en potenciales menores a -500 ± 50 kPa, incluso también presentaron diferencia con las que crecieron entre -100 ± 50 y -300 ± 50 kPa (Figuras 93 y 94). Para las variables de crecimiento, el efecto de los tratamientos se evidenció en las evaluaciones de los 77, 113 y 140 días de aplicación de tratamientos y, en todos los casos, los resultados mostraron diferencia entre los tratamientos de -20 ± 10 y -1.600 ± 100 kPa. En la mayoría de las evaluaciones se encontró similitud en la respuesta de las plantas a los tratamientos entre -20 ± 10 y -100 ± 50 kPa y similitud en la respuesta entre -500 ± 50 y -1.600 ± 100 kPa (Figura 95). No hubo efecto del potencial mátrico del suelo en la clorofila total, evaluada con SPAD. Por otro lado, mediante modelos matemáticos de tipo logarítmico se explicó el efecto del potencial mátrico

del suelo en la materia seca total de la planta, el cual indica que conforme disminuye el agua en el suelo también disminuye la materia seca de la planta.

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

Con el objetivo de evaluar el efecto de los sistemas de riego por goteo y aspersión en la producción y calidad de café bajo sombra, en el mes de agosto del año 2019 se inició un estudio en la hacienda El Roble, ubicada en municipio de Los Santos, departamento de Santander. En la vigencia se continuó con la medición diaria del potencial mátrico del suelo con tensiómetros localizados a 25 y 40 cm de profundidad, y medición de la precipitación diaria tomada de la Plataforma Agroclimática Cafetera de Cenicafé. A la fecha no se ha realizado la aplicación de los tratamientos debido a que la humedad del suelo no se ha mantenido por más de una semana por encima de 40 kPa, en períodos diferentes a los establecidos como necesarios para la generación del estrés e inducción de floración. A finales del año 2020 las plantas iniciaron su ciclo productivo, por lo cual, al momento no se tienen datos relevantes de la observación.

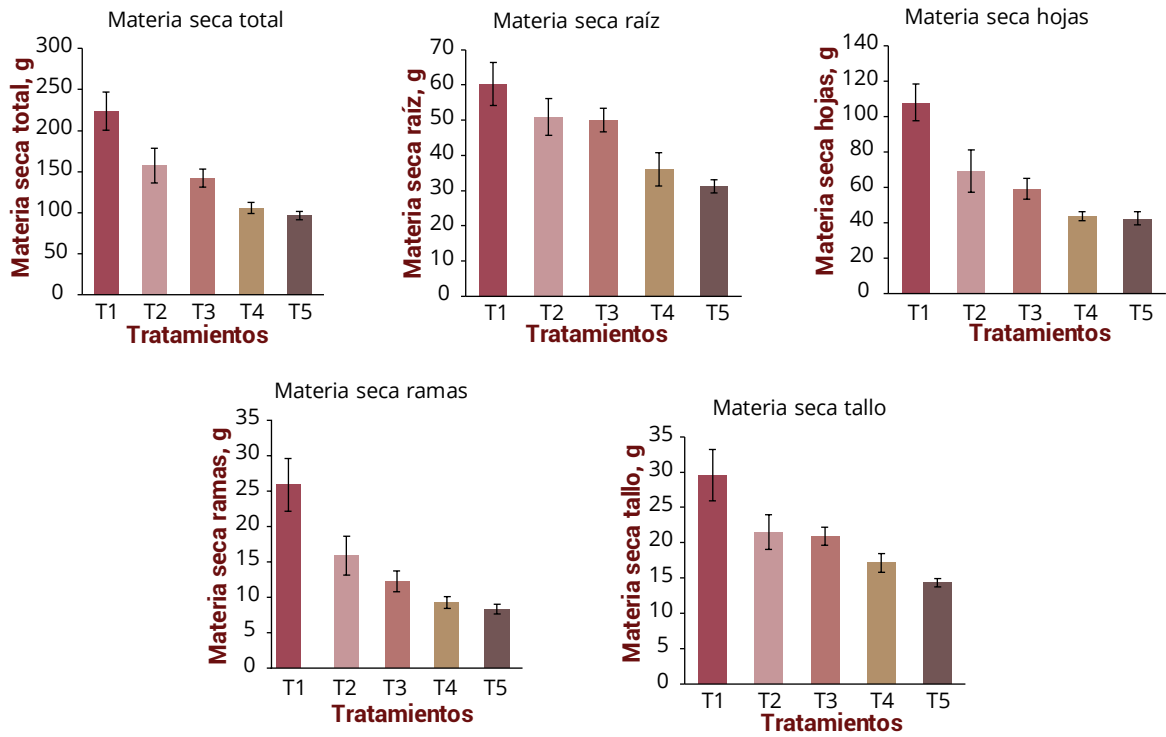


Figura 93. Valores promedio de la materia seca en gramos de: **A.** total de la planta; **B.** raíces; **C.** hojas; **D.** ramas; **E.** tallos. La barra corresponde al error estándar (n=6). Para los tratamientos T1 (-20±10 kPa); T2 (-100±50 kPa); T3 (-300±50 kPa); T4 (-500±50 kPa); T5 -1.600±100 kPa). (n=6, la barra corresponde al error estándar).

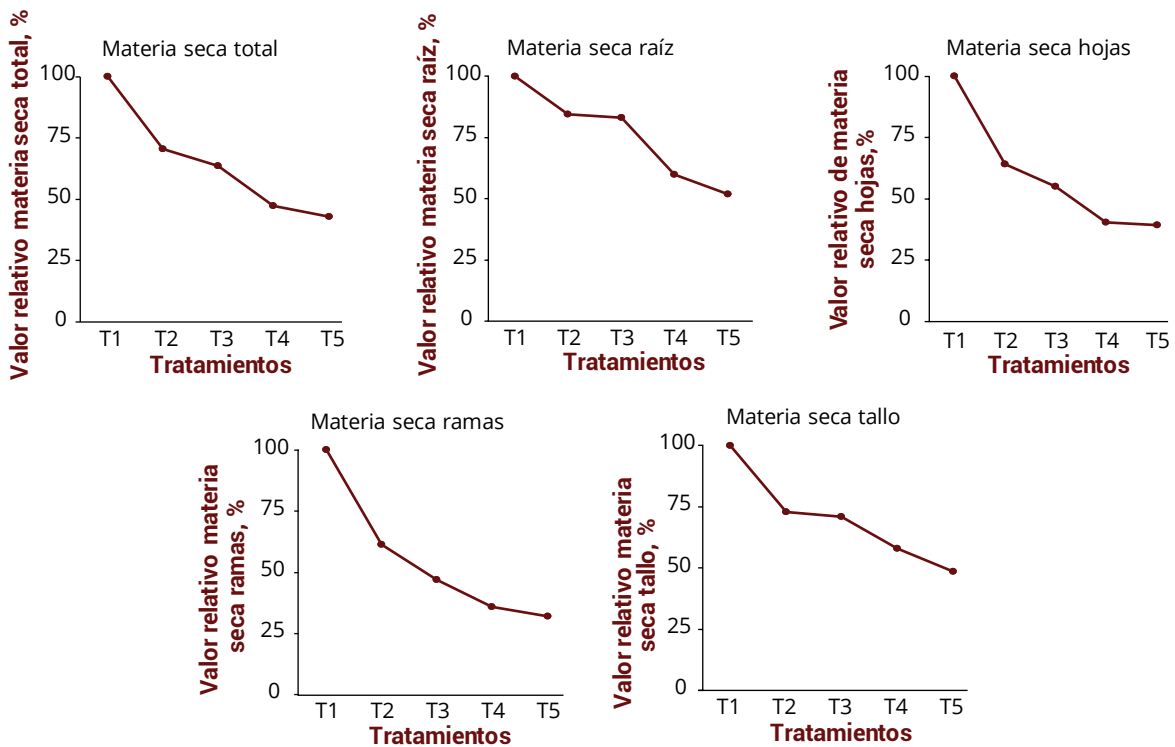


Figura 94. Valores relativos de la materia seca en porcentaje (%) de: **A.** total de la planta; **B.** raíces; **C.** hojas; **D.** ramas; **E.** tallos. Para los tratamientos T1 (-20±10 kPa - riego constante); T2 (-100±50 kPa); T3 (-300±50 kPa); T4 (-500±50 kPa); T5 -1.600±100 kPa - sequía severa).

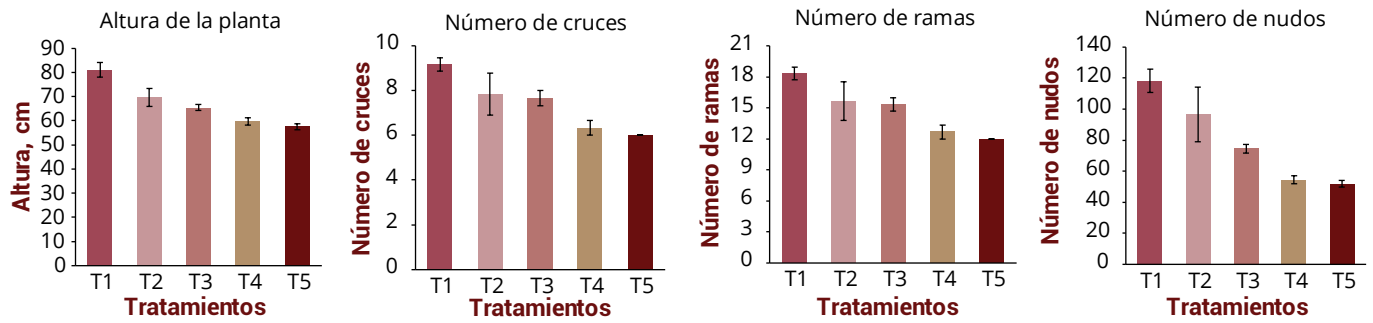


Figura 95. Resultados de las evaluaciones de crecimiento de la planta realizados 272 días después de la siembra, lo que corresponde a 140 días de aplicación progresiva de los tratamientos de sequía. T1 (-20 ± 10 kPa - riego constante); T2 (-100 ± 50 kPa); T3 (-300 ± 50 kPa); T4 (-500 ± 50 kPa); T5 (-1.600 ± 100 kPa - sequía severa) ($n=6$, la barra corresponde al error estándar).



Disciplinas de apoyo
a la investigación





Divulgación y Transferencia

Durante la vigencia se realizaron las siguientes publicaciones:

- Los Avances Técnicos del No. 508 al 532.
- La Revista Cenicafé Volumen 71 No.2 de 2020 con seis artículos científicos y Volumen 72 No. 1 de 2021 con diez artículos.
- Los Boletines Técnicos:
 - No. 44. Índice general de vulnerabilidad a la amenaza climática en tres zonas cafeteras de Colombia
 - No. 45. Taxonomía de suelos. Consideraciones para la zona cafetera de Colombia
 - No 46. Tipificación del beneficio del café en Colombia.
- Los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 62 al 73
- El Informe Anual de Cenicafé del año 2020
- El Anuario Meteorológico Cafetero 2020
- Los libros científicos:
 - El control natural de insectos en el ecosistema cafetero colombiano
 - Manejo agronómico de los sistemas de producción de café; Aplicación e interpretación del diseño de experimentos en cultivos perennes
 - Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila. Vol. 2.
- Se produjeron 38 volantes técnicos sobre Nutrición de cafetales, acidez y manejo integrado de suelos, Plagas del café y Establecimiento de cafetales y cultivos intercalados enmarcados en la estrategia de la Gerencia Técnica “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad”.

Durante el segundo semestre de 2021 Cenicafé participó en la feria presencial Expojeje del Comité del Quindío y dos ferias virtuales: la Feria Mundial de Café y la Primera feria internacional Innovación Agropecuaria “El campo Innova”. Así como la capacitación presencial en las instalaciones de Cenicafé, de 15 caficultores del Quindío, en temas sobre clima, floración, nutrición y poscosecha del café.

Durante la vigencia la página de Cenicafé (www.cenicafe.org) mostró 84.937 usuarios, con 208.773 sesiones, 4,49 páginas por sesión y 938.183 visitas de una página. El 70% de las personas que consultaron la página son de Colombia, el 5,63% de Estados Unidos, el 5,40% de México y el 2,88% de Perú. Con respecto a la página Agroclima. Cenicafé.org esta mostró 15.201 usuarios, con 256.511 sesiones, 3,39 páginas por sesión y 191.575 visitas de una página. El 83% de las personas que consultaron la página son de Colombia, el 3,21% de Estados Unidos, el 1,83% de Vietnam, el 1,35% de Venezuela y el 1,32% de India.

Como estrategia virtual para la divulgación de las publicaciones, tecnologías y eventos, se

utilizaron las cuentas de Twitter de Cenicafé (@Cenicafe), publicando 250 tweets propios, con 5.143 seguidores y 27.340 impresiones de las publicaciones (promedio por mes), Instagram (Cenicafe) con 3.790 seguidores y en Facebook (Cenicafe FNC), creada en el 2021, que tiene 4.934 seguidores y más de 743.000 personas alcanzadas en los ocho meses de existencia, con un promedio de 93.000 personas alcanzadas por mes.

Se realizaron 26 seminarios científicos virtuales con más de 17.500 visualizaciones y se publicaron 15 Videos de Un Minuto de Avance Cenicafé, a través del canal de YouTube (2.470 suscriptores), es de resaltar que estos videos han tenido 6.789 visualizaciones.

En el 2021 se enviaron 275.000 correos electrónicos motivando el ingreso a las diferentes secciones del portal, esto se hizo mediante el Tome Nota a los suscriptores del portal y al Servicio de Extensión. En cuanto a la distribución física de publicaciones se entregaron 100.437 ejemplares a Comités de Cafeteros, caficultores y demás colaboradores de la FNC.



Tecnología de Información y Comunicaciones

Centro de documentación

El Centro de Documentación avanza en el proceso de sistematización con sus tres productos digitales: Catálogo en Línea (KOHA), Repositorio digital (Dspace), y el Open Journal System (OJS), con el fin de visibilizar los productos de investigación de Cenicafé y recuperación de información en conjunto, con la debida conservación y divulgación del patrimonio bibliográfico físico y digital. Dentro los logros más destacados está la digitalización y publicación en línea de la colección de Anuarios Meteorológicos Cafeteros (1959 a 2019), diseño del producto OJS de acuerdo a la imagen de Cenicafé, implementación

de CrossMark para los artículos de la Revista Cenicafé desde el año 2021, implementación de eLocator desde el número 72(1)2021 de la Revista Cenicafé, implementación de API de Dimensions en el OJS, un nuevo servicio de chat en línea dentro de los portales de Cenicafé denominado "¡Chatea con Cenicafé!", el cual recibe consultas y orienta sobre el uso de portales y sus servicios.

Desarrollo de Sistemas de Información Web

Además de mantener y administrar los sistemas de información Web www.cenicafe.org y agroclima.cenicafe.org, este año se migró el Sistema de Información y Gestión Administrativa de Investigaciones (SIGA) a una nueva plataforma de desarrollo, destacándose los componentes modulares de iniciativas, proyectos, ¿Cómo me siento hoy? y manejo de sustancias químicas (Figura 96).

De igual forma, se inició el desarrollo del Sistema de Información de Calidad incorporándose al SIGA y se culminó el Atlas Climatológico Cafetero Interactivo. De otra parte, se continúa dando soporte y asistencia a los usuarios de los portales y las aplicaciones, a los extensionistas en los diferentes operativos y a los más de 3.700 usuarios de FNC y Almacafé que registran diariamente su estado de salud (Figura 97).



Figura 96. Migración del SIGA.

Figura 97. ¿Cómo me siento hoy?

Red de estaciones meteorológicas automáticas

Se continúa con la administración, supervisión y mantenimiento de la red. Adicionalmente, se ha realizado el monitoreo del consumo de energía de las estaciones con el propósito de mejorar la calidad de los datos (Figura 98).

Junto con Bienes y Servicios Mantenimiento se ha iniciado la evaluación de un nuevo tipo de estación que podría ser parte del proceso de actualización tecnológica de las estaciones (Figura 99).

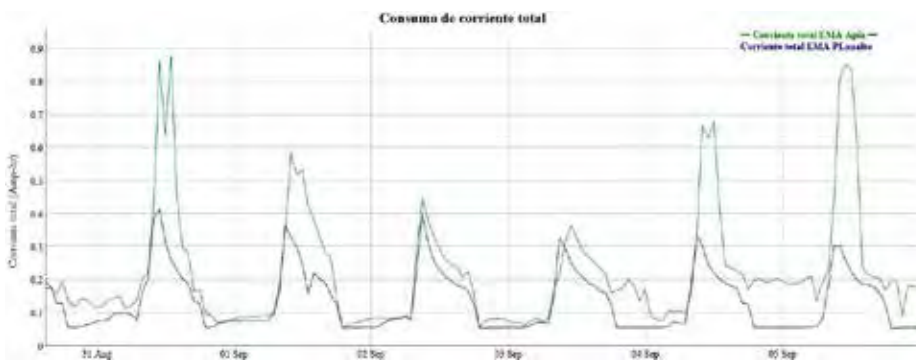


Figura 98. Comparación del consumo de corriente de dos estaciones.

Otros proyectos que se ejecutaron fueron la automatización de la medición de una balanza de laboratorio, preprocesamiento de la información de la estación Eddy Covariance y soporte a los predios hidrológicos (Figura 100).

Infraestructura tecnológica

Se continúa prestando el soporte técnico a los usuarios de Cenicafé que operan cerca de 355 computadores (oficina, laboratorio, soporte estaciones meteorológicas, otros usos), la mayoría actualizados a las últimas versiones de sus sistemas operativos. Básicamente en las plataformas Windows y MAC, aunque hay algunos Linux utilizados básicamente para procesamiento de información bioinformática. Se lleva a cabo la actualización del software de aplicación, tanto por políticas de dominio como por procedimientos manuales. A través del Helpdesk, durante el período se han atendido cerca de 1.500 solicitudes de servicio.

Se opera la plataforma Zoom/ Youtube mediante la cual se realizan las transmisiones de las videoconferencias de los Seminarios Científicos, reuniones de la Gerencia Técnica con el Servicio de Extensión y de las reuniones plenarios del Director con el personal del Centro, para un total de cerca de 100 eventos de este tipo.

Otra de las actividades realizadas fue el respaldo de las bases de datos de correo de Lotus Notes y subida a la plataforma de carpetas compartidas en Google Workspace. Se le ayudó a todo el personal del Centro a organizar, consolidar, compactar los backup realizados en dicha plataforma, configurar



Figura 99. Estación de prueba del transmisor Vaisala WXT536.

- Reemplazo de la Unidad de Tape Backup, cuadruplicando la capacidad de almacenamiento por cinta.
- Actualización del software de virtualización de servidores y de elaboración de copias de respaldo haciendo uso de los contratos de mantenimiento.

Sistema SIG



Figura 100. Medición automática de masa en balanza Mettler Toledo.

el cliente de Lotus Notes con el fin de que en un momento cercano sea posible apagar definitivamente la instancia existente en Cenicafé.

En cuanto a actualización tecnológica, se ha llevado a cabo en los siguientes componentes:

- Reemplazo del almacenamiento, siendo más económica la adquisición del nuevo que el pago del mantenimiento del anterior.
- Reemplazo de los servidores sobre los cuales corre la plataforma virtualizada.
- Reemplazo del switch central de la red por finalización de la garantía de disponibilidad de repuestos del anterior por parte del fabricante.

En el período comprendido entre octubre de 2020 y septiembre de 2021 el grupo SIG se desempeñó en el desarrollo de ocho actividades para el apoyo a la investigación (Tabla 33). Estas actividades muestran los trabajos realizados tanto de forma directa como colaborativa en algunas de las investigaciones de la institución. Se presentan además las labores que como grupo SIG se desarrollan constantemente como apoyo a las investigaciones que no presentan una vinculación directa a la misma (Tabla 34).

Dentro de las actividades desarrolladas por el grupo SIG se encuentran aquellas donde se apoyaron proyectos que tienen perfil en SIGA, se encuentran aportes al desarrollo de Publicaciones, así como actividades de soporte SIG y TIC que se realizan constantemente en la institución (Tabla 34).

Además, el grupo SIG, como parte del grupo de desarrollo, tuvo participación activa en proyectos como el Atlas Climatológico Cafetero Interactivo (Figura 101, Figura 102 y Figura 103), Geoportal para la vulnerabilidad de la caficultura a la broca del café (Figura 104), y el desarrollo de los geoportales para el despliegue de información climática en los proyectos de Regalías Cesar (Figura 105) y Quindío (Figura 106).

Por último, también apoyando al equipo de desarrollo, se aprendió React para una pronta migración de los aplicativos del geoportal dentro de la plataforma agroclimática.

Tabla 33. Investigaciones en las que el grupo SIG ha participado.

Investigación	Descripción	Lidera
ACL103001	Determinación del comportamiento sumidero o emisor de carbono de un sistema de producción de café a libre exposición	Juan Carlos García López
ACL103005	Identificación de zonas con características agroclimáticas similares en el departamento del Cesar	Juan Carlos García López
ACL103006	Identificación de zonas cafeteras con características agroclimáticas similares en el departamento del Quindío	Juan Carlos García López
CAL101006	Diagnóstico de las características físicas, químicas y sensoriales del café procedente del departamento del Cesar	Luz Fanny Echeverri Giraldo
CAL101008	Determinación de la calidad física, sensorial y de composición química en el café almendra verde producido en el departamento del Quindío	Luz Fanny Echeverri Giraldo
CAL104012	Definición de una función discriminante del software WINISI que permita identificar la procedencia del café verde molido	Claudia Rocío Gómez Parra
CAL101005	Caracterización de la calidad física, sensorial y química del café producido en los ecotopos cafeteros colombianos	Jenny Paola Pabón Usaquén

Tabla 34. Tabla resumen de actividades de soporte en sistemas de información geográfica para el período octubre - 2020/ octubre - 2021.

Disciplina	Tipo de actividad
TIC	Instalación de ArcGIS para los usuarios habilitados en la institución
Fisiología, Mejoramiento Genético, Calidad, Gerencia Técnica, Agroclimatología	Soporte con las tablas, mapas y datos producidos a partir del SIC@ para investigadores
Agroclimatología	Interpolación de variables climáticas para la región cafetera Colombiana
Entomología	Generación de tablas resúmenes de la caficultura colombiana para algunas investigaciones
Gerencia Técnica	Apoyo en la generación de mapas para la presentación de niveles de incidencia, infestación y de deficiencia de enfermedades, plagas y elementos químicos respectivamente



Figura 101. Atlas Climatológico Cafetero Interactivo.

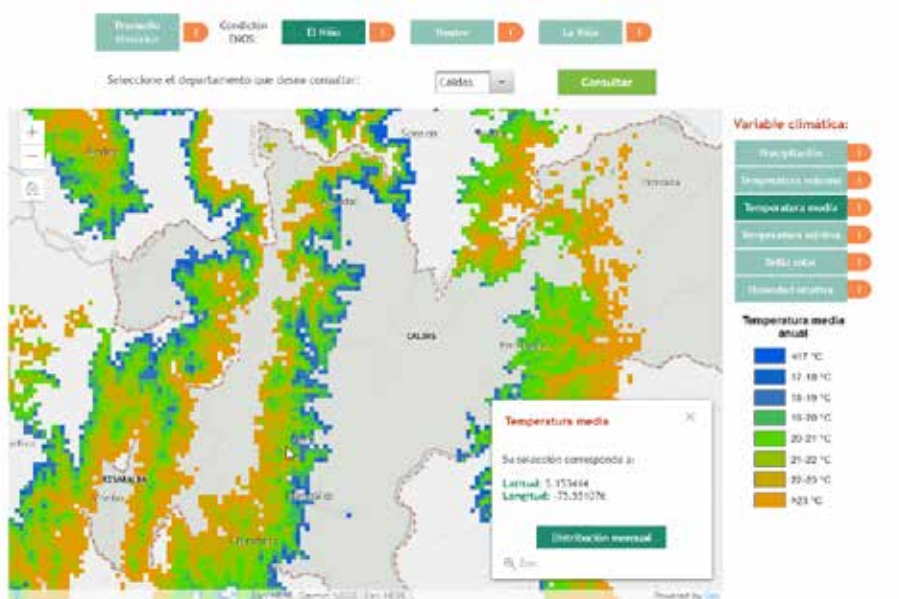


Figura 102. Consulta por departamento en el Atlas Climatológico Cafetero Interactivo.

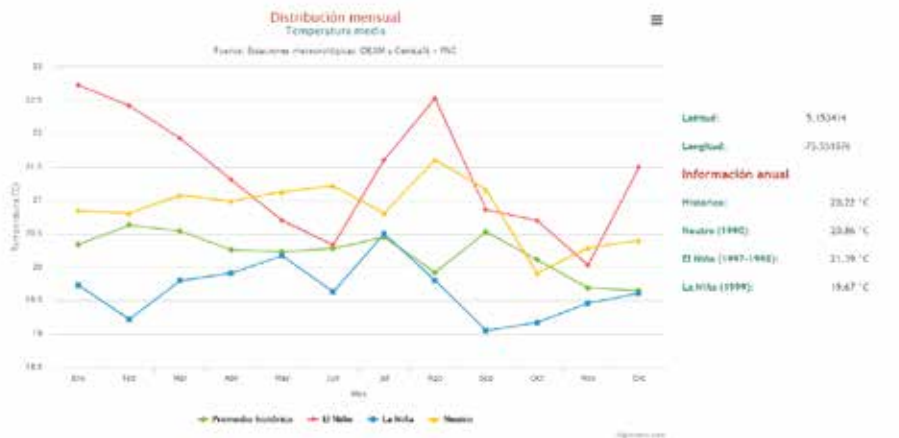


Figura 103. Distribución mensual producto de consulta en el Atlas Interactivo.



Figura 104. Geoportal de la vulnerabilidad de la caficultura a la broca del café.



Figura 105. Geoportal para regalias Cesar.

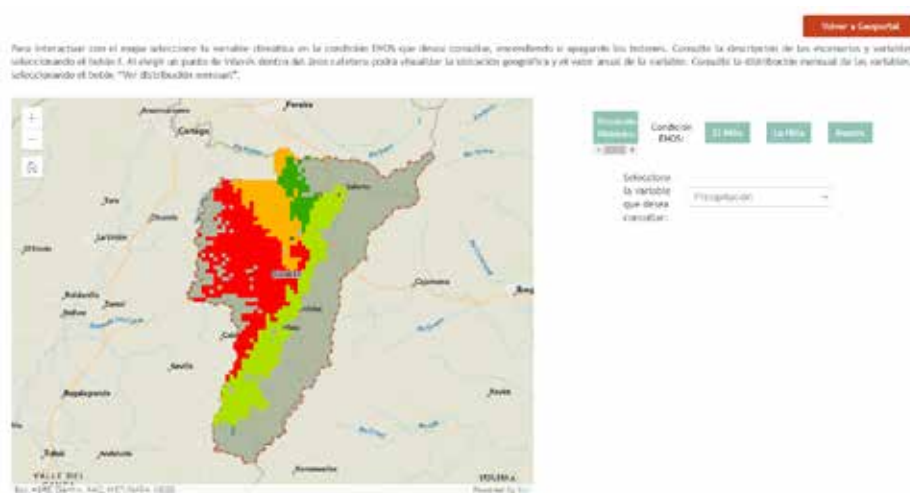


Figura 106. Geoportal para regalias Quindío.



Recursos humanos
y financieros





Unidad Administrativa y Financiera

El presupuesto de Cenicafé en el año 2021 asciende a \$31.405 millones, que corresponden a \$23.171 millones de recursos transferidos por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC), \$5.234 millones de ingresos por aprovechamientos que incluyen \$4.249 millones por venta de semilla a los Comité de Cafeteros, actividad autosostenible, y \$3.000 millones por convenios de cofinanciación (Figura 107).

En lo referente a los recursos cofinanciados por entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales, en el año 2021 están vigentes ocho convenios por \$3.000 millones, de los cuales \$475 millones se encuentran en proceso de formulación y gestión. Los convenios se controlan a través de contabilidad independiente (Tabla 35).

A septiembre 30 de 2021, Cenicafé cuenta con 5.624 activos tangibles (Tabla 36), adquiridos con recursos propios, de convenios y del Fondo Nacional del Café.

El inventario físico de bienes del año 2021 (sin considerar 437 diferidos) se realizó con la coordinación de la Unidad Administrativa y Financiera y el apoyo de las Disciplinas de Investigación y TIC; los días 8 y 9 de septiembre, se realizaron jornadas de toma de inventario físico con todos los empleados del Centro. A septiembre 30 se logró inventariar el 95% del total de los activos.

Para el desarrollo de la investigaciones y funcionamiento del Centro, Cenicafé cuenta con 193 colaboradores, 62% hombres y 38% mujeres, de los cuales, el 88% corresponde a nómina fija de Cenicafé, y el 12% a contratos por duración de labor y aprendices (Figura 108). Cenicafé tiene 20 profesionales con Doctorado, 36 con Maestría y 21 con especialización (Figura 109).

Cenicafé continúa adelantando acciones para garantizar el cumplimiento del Protocolo de Bioseguridad de la FNC;

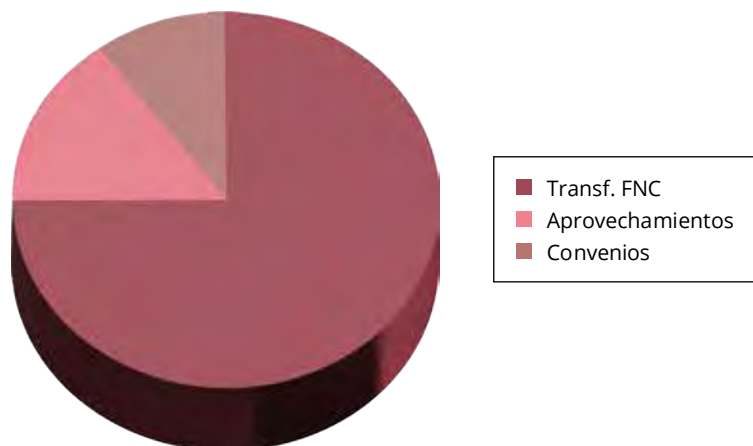


Figura 107. Composición del presupuesto total de Cenicafé 2021.

Tabla 35. Convenios Nacionales e Internacionales.

Entidades Nacionales	Convenios	Millones \$	% Total
SGR Huila	1	1.019,1	34,0%
Nexentia S.A.S	1	81,1	2,7%
Fidu. Previsora	1	242,5	8,1%
Convenios nacionales	3	1.343,0	45,0%
Entidades Internacionales	Convenios	Millones \$	% Total
USDA	2	559,6	18,7%
BAYER AG	1	386,2	12,9%
MITSUI & CO. LTD.	1	122,7	4,1%
ICGEB	1	114,3	3,8%
En formulación		474,5	15,8%
Convenios internacionales	5	1.657,0	55,0%
Total	8	3.000,0	100%

Tabla 36. Activos de Cenicafé del año 2021.

Concepto	Centros de Beneficio					Total
	Ofic. Central FON1	Ofic. Central FON2	Cenicafé FON1	Cenicafé Convenios	MADR	
Total Activos Fijos	80	201	4.061	326	956	5.624

a medida que ha avanzado el proceso de vacunación de los trabajadores, la realización de actividades presenciales también ha aumentado. A la fecha el 97% de los trabajadores está vacunado por lo menos con una dosis del esquema de vacunación.

El área de Mantenimiento apoya al proceso desarrollar investigación científica y tecnológica, gestionando los requerimientos de las diferentes disciplinas, y asegurando el correcto funcionamiento de los sistemas, equipos, áreas e infraestructura de Cenicafé.

Durante el último año, el área de mantenimiento realizó 273 visitas de mantenimiento (Tabla 37) a todas las estaciones de la red climática de Cenicafé y se desmontaron 14 estaciones de esta red (12 automáticas y 2 convencionales).

Con relación a la gestión de Compras y contratación, entre octubre de 2020 y septiembre de 2021 se tramitaron 2.483 órdenes de compra, por valor de \$17.669 millones, correspondientes a negociaciones con 485 proveedores. Para la creación de dichas órdenes se realizó la gestión en la plataforma digital NEON de 2.284 procesos precontractuales,

lo cual permite disponer de la información que soporta las negociaciones en caso de futuras revisiones.

En el período correspondiente al presente informe, en comparación con la ejecución del año 2020, se evidencia una disminución del 7,0% en el volumen de compras registradas; sin embargo, el valor de las compras es incluso superior al total registrado para el período 2019-2020. Lo anterior se explica por el aumento en los precios de algunos productos por efecto de la tasa de cambio y costos logísticos.

Igualmente, en el primer trimestre de 2021 se realizó la evaluación de 196 proveedores que en 2020 suministraron bienes o servicios de alto impacto para los procesos, obteniendo una calificación promedio de 4,6, en una escala de 1,0 a 5,0. El 90,8% de los proveedores evaluados está dentro del rango de proveedores o contratistas confiables y altamente confiables, lo cual genera confianza en las relaciones con los mismos.

Se gestionó la actualización de los documentos legales de los proveedores activos y se realizó la consulta de 589 registros (empresas y representantes legales) en las Listas Públicas de Control, con el apoyo del área de Gestión del Riesgo en Oficina Central.

En materia de gestión de contratos, durante el período se tramitaron 58 procesos contractuales, 53 comodatos de estaciones meteorológicas, así como la liquidación de 18 convenios.

Con relación a las pólizas de seguro, se realizó la actualización de las mismas, de acuerdo a la inclusión y exclusión de activos, y se gestionaron

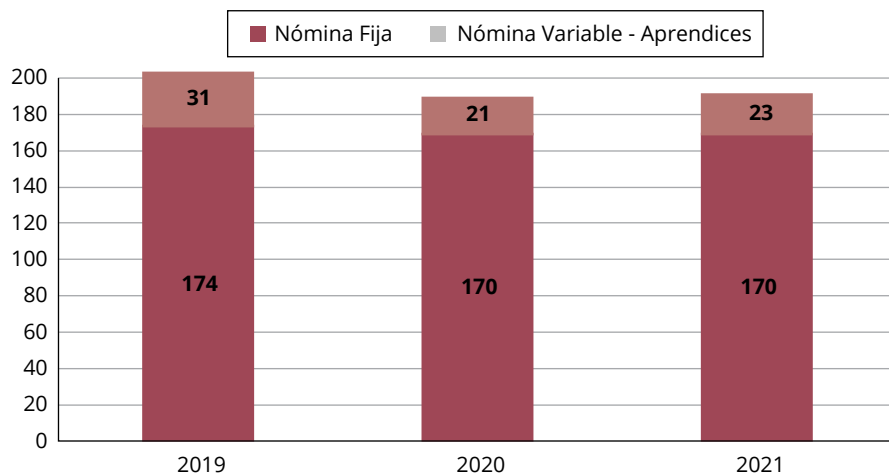


Figura 108. Composición del personal- Cenicafé por tipo de vinculación.

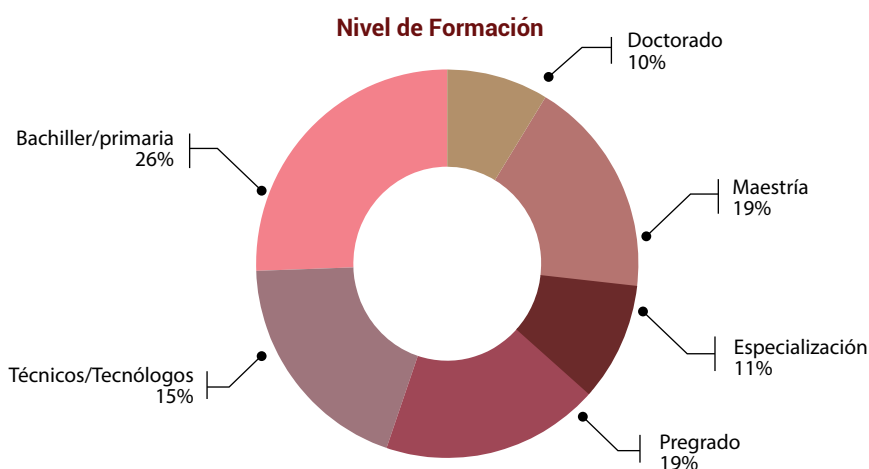


Figura 109. Nivel de Formación.

Tabla 37. Cantidades y Costos de Mantenimientos.

Objeto del Mantenimiento	Mantenimientos internos	Mantenimientos externos	Costo en millones de pesos
Infraestructura	265	184,0	738,0
Equipos	747	653,0	611,0
Vehículos	17	285,0	267,0
Total	1.012	837,0	1.616,0

cinco reclamaciones a la aseguradora por hurto y daño de equipos de cómputo, y se recibieron las correspondientes indemnizaciones. Se realizó la reclamación por el incendio sucedido en la Estación Experimental La Catalina, proceso que aún no ha culminado.

Tal y como se realizó desde el inicio de la pandemia, se continuó con el traslado de equipos a los hogares de los colaboradores, para desarrollar actividades de trabajo en casa, entregando en el período del presente informe 37 equipos de cómputo, ocho equipos de laboratorio y un monitor, entre otros, lo cual fue reportado a la aseguradora.

Durante el período octubre de 2020 a septiembre de 2021 se administraron 2.680 documentos y paquetes, y se radicaron 4.194 facturas.

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.
Ninibeth Gibelli Sarmiento H., Ing. Agrícola, M.Sc.
Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola, M.Sc.
Juan Camilo Mora G., Ing. Ambiental*
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.
Orlando Salazar G.
Luz Amparo Mendieta A. Aprendiz

Biometría

Rubén Darío Medina R., Estadístico, M.Sc.
Hernando García O., Ing. Agroforestal
Luis Carlos Imbachi Q., Estadístico

Calidad

Valentina Osorio P., Ing. Alimentos, Esp.
Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola, M.Sc.
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga, M.Sc.
Luz Fanny Echeverry G., Química
Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química
Lina María González C., Química Industrial M.Sc*.

Claudia Tabares A., Ing. Química*
Lady Juliet Vargas G., Ing. Alimentos*
Miguel Junior Martínez H., Tecnólogo en Proceso Biotecnológicos*
Paola Andrea Calderón T., Tecnóloga en Producción Agropecuaria Ecológica
Érica Patricia Corredor T. Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación*
Wilson Vargas L.

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
Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café
Luis Eduardo Escobar S., Agrónomo

Carlos Alberto Quintero A.
 Claudia Bibiana Tabares B.
 Faber de Los Ríos P.
 Diana Marcela Giraldo V.
 José Robín García C.
 Gloria Patricia Naranjo E.
 Luz Andrea Carmona V., Pasante
 Paula Andrea Figueroa V., Pasante
 Rosa Nathalie Grueso G., Pasante

Fisiología Vegetal

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

Fitopatología

Carlos Ariel Ángel C., Ing. Agrónomo, Ph.D.
 Rosa Lilia Ferrucho., Ing. Agrónoma, Ph.D.
 Nancy del Carmen Arciniegas B., Ing. Agrónoma, M.Sc.
 Gustavo Adolfo Marín R., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Carlos Alberto Zuluaga E., Técnico en Mantenimiento de Computadores y Redes de datos.
 Carlos Alfonso Doncel B., Tecnólogo Recursos Naturales
 Carlos Arturo González V.
 Jorge Dicksson Ocampo M.
 Ruth Andrea Fandiño C. Pasante
 Yoni Alejandro González V., 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.

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
 Leidy Jasmín González V., Tecnología en Química Aplicada a la Industria
 Hernán Díaz C.
 Omar Villarreal
 Viviana Andrea Grajales R., Pasante
 Natalia Arango O., Pasante
 Lizeth Fernanda Banguero M., 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.
 Juan Carlos López N., Microbiólogo, M.Sc.
 Álvaro Guerrero A., Ing. Electrónico/Electricista, M.Sc.
 Laura Vanessa Quintero Y., Ing. Química, M.Sc.
 Carlos Alfonso Tibaduiza V., Ing. Agrícola, M.Sc.
 Sandra Paola Moreno R., Ing. Biológica, M.Sc.*
 Ingrid Paola Hower G., Ing. Alimentos, Esp*
 Jhoan Felipe García D., Ing. Alimentos*
 Anyela Vanessa Velásquez E., Microbiólogo*
 Juan Manuel Rendón R., Tecnólogo en Química*
 Laura C. Holguín S. Microbióloga, M.Sc*
 Dean Jhon Sequeda N, Tecnólogo en Control Ambiental*
 Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
 Jorge Alexander Londoño C., Técnico en Soldadura
 Mario Espinosa G.
 Javier Velásquez H.
 Samuel Castañeda
 Juan Carlos Ortiz F.
 Angie Lorena Valencia A., Pasante
 Sharol Daniela Ramírez C., 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 Arango., 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.
Ana María Villa A., Aprendiz

Estación Experimental El Tambo

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

Estación Experimental El Rosario

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

Estación Experimental La Catalina

Héctor Flabio Álvarez A., Ing. Agrónomo

Estación Experimental La Trinidad

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Estación Experimental 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
Manuela Valencia R., Pasante
Silvanna María de los Ángeles Bustos R., Pasante
Paulo Andrés Amariles Q., Aprendiz

Tecnología de la Información y Comunicaciones

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

Daniel Orozco J., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, 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.
Audberto Quiroga M., Biólogo, Esp.
Juan Camilo Espinosa O., Ing. Topográfico, Esp.
Juan Pablo Carvajal B., Ing. Electrónico
Miguel Ángel Salamanca Q., Ingeniero de sistemas
Mariana Valencia L., Aprendiz

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas, Contador Público, Esp.
Rufina Perdomo G.
Leydi Tatiana Rincón R. Tecnóloga en Gestión de Negocios
Nancy Elena Pérez M., Contador

Gestión Contable

Martha Elena Vélez H., Contadora, Esp.
Daniela López O., Contadora, Esp.
Jorge Eduardo Dávila M., Contador Público, Esp.
César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.
Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público
Viviana Grajales V., Tecnólogo en Gestión administrativa
Ariel Camilo Correa 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
Diego Alejandro Muñoz G., Economista
Lina María Giraldo., Administrador Financiero
Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de Negocios
Jesús Alberto Vergara T., Técnico en Sistemas
Gabriel Antonio Melo P.
Jenifer Torres R., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios - Mantenimiento

Paulo Alejandro Arias C., Ing. Electricista, Esp.
Cristian Andrés Chica G., Ing. Mecatrónica
María Alejandra López R., Ing. Mecatrónica
Robinson Guzmán G., Técnico Electricista
Jorge Hernán Marulanda E., Tecnólogo en Electrónica
Albert Johanne Agudelo L., Tecnólogo en Electrónica
Gabriel Hernando Ortiz C., Tecnólogo en Gestión Bancaria y Financiera
José Gildardo Aguirre O., Tecnólogo en Mantenimiento eléctrico Industrial
Mauricio Londoño V., Tecnólogo en Mantenimiento Eléctrico Industrial

Uriel López P.
Fredy Hernán Osorio C.
Jhon Fredy Rojo G.
Jorge Eduardo Sepúlveda V.
Jorge Antonio Arias A.
Carlos Andrés Hernández G.
Fabián Sánchez L.
Mario López L.
Esteban Toro D., Aprendiz

Gestión de Tesorería

Jesús Danilo González O., Contador, Esp.

Gestión del Talento Humano

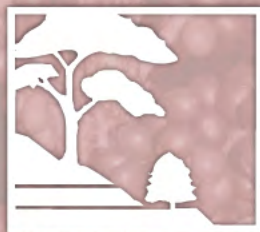
Érica Mayerly Galvis R., Trabajadora Social, M.Sc.
Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional, M.Sc.
Germán Uriel Granada, Administrador de Empresas, Esp.
Luz Yaneth Guarín C., Tecnóloga en Administración de Negocios
Estefanía Serna V., Pasante

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L., Ing. Industrial, M.Sc., PMP®
Valentina Sepúlveda C., Ingeniera Industrial, Esp., PMP®
Juan Manuel Meza S., Administrador de empresas, M.Sc.
Lina Marcela Patiño G., Administradora de Empresas

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

MÁS AGRONOMÍA
más productividad
MÁS CALIDAD



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org