
Informe anual **2019**



Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia



Cenicafe



COMITÉ NACIONAL

Ministro de Hacienda y Crédito Público

Alberto Carrasquilla Barrera

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Andrés Valencia Pinzón

Ministro de Comercio, Industria y Turismo

José Manuel Restrepo Abondano

Director del Departamento Nacional de Planeación

Gloria Amparo Alonso Másmela

Representante del Gobierno en Asuntos Cafeteros

Nicolás Pérez Marulanda

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)

Olivo Rodríguez Díaz (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

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

© FNC - Cenicafé - 2019
FoNC

Comité Editorial Cenicafé

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé

Luis Fernando Salazar G.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.

Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

José Ricardo Acuña Z.

Ph.D. Biólogo. Mejoramiento Genético, Cenicafé

Diana María Molina Vinasco

Ph.D. Bacterióloga. Mejoramiento Genético, Cenicafé

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

Sandra Milena Marín L.

Diseño y diagramación

Óscar Jaime Loaiza E.

Figuras

Luz Adriana Álvarez M.

Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías

Página 36, Luis Miguel Constantino C.

Archivo Cenicafé

Impreso por

Javegraf



Resumen ejecutivo

5

Disciplinas de investigación

15

Agroclimatología	17
Biometría	23
Calidad	24
Economía	34
Entomología	36
Experimentación	49
Fisiología Vegetal	50
Fitopatología	63
Fitotecnia	74
Mejoramiento Genético	76
Poscosecha	91
Suelos	98

Disciplinas de apoyo a la investigación

109

Divulgación y Transferencia	111
Tecnología de Información y Comunicaciones	112

Recursos humanos y financieros

113

CONTENIDO



RESUMEN EJECUTIVO



Centro Nacional de Investigaciones de Café



Los resultados de las investigaciones de Cenicafé corresponden a la prestación del Servicio de Investigación Científica y Tecnológica del Fondo Nacional del Café, que se ejecuta a través de la Federación Nacional de Cafeteros. Las investigaciones están alineadas con el Plan Estratégico de la Federación, de acuerdo con las directrices de la Gerencia General y de la Gerencia Técnica, y respondiendo igualmente a las solicitudes de la Comisión de Producción del Congreso Nacional Cafetero, de los Comités Departamentales, así como a la vigilancia tecnológica que hacen los investigadores del Centro. Durante el año 2019 se adelantó el Plan Operativo con investigaciones enmarcadas en los tres componentes de la rentabilidad económica del cultivo: aumento en la productividad, eficiencia en el uso de insumos y mano de obra, y mejora en la calidad. Así mismo, las actividades de capacitación al Servicio de Extensión se orientaron en la estrategia “Mas Agronomía, Mas Productividad” de la Gerencia Técnica, adicionando el componente de “Más Calidad”. De esta manera se adelantaron 163 proyectos y actividades de investigación, de los cuales se destacan los resultados que se presentan en este informe.

Impactos directos en la generación de mayor valor a los caficultores

Caficultura Resiliente, Resistente y Rentable con entrega de semilla mejorada

Las Estaciones Experimentales de Cenicafé produjeron y distribuyeron 78.845 kg de semilla para este período, un 1% más con respecto al período anterior y con un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio del 105%. Por variedad, del total de semilla que se entregó en el período, se resalta el 47% de variedad Castillo® General, seguido de la variedad Cenicafé 1 con el 15%, la variedad Castillo® El Tambo con el 10%, el 7% de Castillo® El Rosario y el 6% de Castillo® Zona Centro. Se resalta que, al cierre del período del informe, se han distribuido 11.638 kg de semilla de Cenicafé 1 y 9.659 kg de semilla de las variedades Castillo® Zonales. La procedencia de la semilla distribuida en este período correspondió a un 54% de la Estación Experimental Naranjal, 13% de la Estación La Catalina, 9% de la Estación El Tambo y 7% de las Estaciones La Trinidad y El Rosario. Los resultados de las pruebas en el laboratorio indican que para todos los lotes se obtuvo un porcentaje promedio de germinación del 92,3%, y las pruebas en arena arrojaron en promedio de germinación del 88%.

Para mejorar la germinación y vigor de las semillas se estudiaron los tiempos de almacenamiento en tres ambientes. Se encontró un efecto significativo en la emergencia de la raíz a partir del segundo mes cuando se almacena a humedad relativa (HR) de 55,0% a 25°C, y a partir del tercer mes a 80,0% HR a 7,5°C. Después de siete meses de almacenamiento no se ha observado este efecto a 65% HR y 15°C. En la evaluación del efecto del empaque de la semilla sobre la germinación, se encontró que las bolsas bilaminadas y trilaminadas obtuvieron los mayores porcentajes de germinación a los 8 meses de almacenamiento. Finalmente, se validó un método para la conservación de semillas de *Coffea arabica* en nitrógeno líquido (-195°C). Una deshidratación controlada y un contenido de humedad menor al 20,0% permitieron la congelación sin afectar la germinación en más del 50,0%. Las semillas congeladas formaron chapolas normales y al momento de siembra en el campo, la biomasa seca no mostró diferencias con el testigo.

Con el fin de proteger el patrimonio colectivo de los caficultores colombianos, la Federación Nacional de Cafeteros inscribió en el Registro Nacional de Cultivares 18 progenies de variedades desarrolladas por Cenicafé, y se hicieron las pruebas agronómicas para soportar los derechos de obtentor ante la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales), bajo la dirección del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, para diez progenies de la variedad Castillo® y Castillo® Zonales. Se establecieron las pruebas agronómicas de Homogeneidad, Estabilidad y Distinguibilidad (DHE) para las progenies que componen la variedad Cenicafé 1 y se gestionó la solicitud de derechos de obtentor para esta variedad.

En la selección de genotipos avanzados con notables atributos organolépticos y excelente desempeño en las variables agronómicas evaluadas, a partir de 208 progenies del programa de mejoramiento genético de Cenicafé, establecidas en el año 2013 en siete municipios cafeteros, con el objetivo de evaluar su comportamiento bajo diferentes condiciones ambientales representativas de la caficultura colombiana, se seleccionaron este año 76 líneas altamente resistentes a la roya, con productividad igual o superior a la variedad Castillo® General, más del 70,0% de grano supremo, siendo 40,0% de las progenies resistentes al CBD, y por lo tanto, resultando como candidatas potenciales para que en el mediano plazo hagan parte de las variedades comerciales de café.

Adaptación de la caficultura a la variabilidad climática

La red meteorológica convencional inició su operación con 47 estaciones principales, 6 heliopluiográficas, 8 pluviográficas y 146 pluviométricas. En el transcurso del año cafetero se desinstalaron 23 estaciones principales y en 14 de ellas se dejaron puestos de observación pluviométrica. La red automática inició su operación con 122 estaciones y se desmontaron 9. A partir de la información registrada en las estaciones convencionales se publicó el Anuario Meteorológico Cafetero de 2018 y con la información obtenida de las estaciones automáticas se desplegó el boletín diario en la página <https://agroclima.cenicafe.org>

Los primeros nueve meses del año cafetero, octubre de 2018 a junio de 2019, estuvieron influenciados por un evento El Niño débil, relacionado con incrementos de la temperatura superficial del mar por encima de +0,5°C. Los modelos de predicción tuvieron mejor desempeño entre octubre y diciembre de 2018 y entre junio y septiembre de 2019, con su más

pobre predicción entre febrero y mayo de 2019. Las condiciones climáticas imperantes estuvieron asociadas a la disminución de la precipitación y aumento de la temperatura. La información derivada de las predicciones climáticas, la climatológica y el análisis interdisciplinario en torno a las zonas cafeteras y estado fenológico de los cultivos, permitió elaborar 12 boletines agrometeorológicos cafeteros, publicados en la página <https://agroclima.cenicafe.org>.

Como resultado de las investigaciones en el marco del proyecto de Ciencia, Tecnología e Innovación CT&I, financiado con recursos del Sistema General de Regalías (SGR) en el departamento del Huila, se desarrollaron dos aplicativos: uno de Zonas Agroecológicas para el departamento del Huila y otro de alerta por déficit hídrico, ambos disponibles en el portal agroclima.cenicafe.org. Adicionalmente, se publicaron dos capítulos de libro, uno titulado “Herramientas agroclimáticas” y otro “Zonas Agroecológicas”, en el libro “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila”.

Sistemas de producción adaptados a la variabilidad climática

Se adelantaron investigaciones en dos sistemas de producción de café: a libre exposición solar y en sistemas agroforestales. A libre exposición se evaluaron arreglos espaciales para café variedad Castillo® en diferentes ambientes; la producción acumulada de cuatro cosechas de café cereza con densidades de siembra cercanas a 10.000 tallos/ha, mostró diferencias significativas entre los arreglos espaciales. La menor producción registrada fue con la distancia de siembra de 1,0 x 2,0 m (dos tallos por sitio). Se continúa con la investigación del ajuste de los sistemas de producción de café en el departamento del Huila, en términos de ciclos de renovación, número de plantas por hectárea y arreglo espacial. En la zona norte del departamento se presentan las menores tasas de emisión de ramas por mes, entre 1,3 y 1,5 en comparación con las localidades de las zonas centro y sur con 1,7 y 1,9 ramas por mes, respectivamente. La producción de café cereza registró el mayor volumen con las densidades de 8.000 y 10.000 plantas/ha.

En la Estación Experimental El Tambo (Cauca), se evaluó la producción de café en sistemas agroforestales. El componente arbóreo estaba conformado por especies maderables establecidas a 70 y 123 árboles/ha y se empleó café variedad Castillo® a densidades de 3.673, 5.500, y 6.944 plantas/ha. Los resultados permiten concluir que

para la zona cafetera del sur de Colombia, en condiciones similares a la Estación Experimental El Tambo, pueden establecerse sistemas agroforestales con 7.000 plantas de café por hectárea y con intercalamiento de especies maderables a densidades entre los 70 y 123 árboles/ha. En la Granja Blonay en el departamento de Norte de Santander, se evaluó el efecto en la producción de café de las densidades de siembra y las dosis de fertilización en sistemas agroforestales; se empleó café variedad Castillo® y para sombrero se utilizó el componente arbóreo ya establecido. Los tratamientos estuvieron conformados por la combinación de cinco niveles de fertilización (0%, 25%, 50%, 75%, 100% según resultados de los análisis de suelos) y cuatro densidades de siembra del café: 3.600, 5.400, 7.200 y 9.000 plantas/ha; las producciones mayores se registraron con densidades de siembra superiores a 7.200 plantas/ha, nutridas con el 100% de la dosis de fertilizante.

Manejo integrado de plagas y enfermedades

Para el control de la broca del café se identificó un nuevo producto insecticida que ocasiona mortalidades superiores al 90% en pruebas de efecto preventivo y del 77% en ensayos de efecto curativo. Igualmente se desarrolló un producto natural validado en el campo, el cual logra mantener la broca por debajo del nivel de daño económico, cuando es usado en una estrategia de manejo integrado. Se evaluó un dron promisorio para la aplicación de insecticidas en el control de la broca. Igualmente, fueron evaluadas plantas híbridas que muestran entre un 30,0% y 50,0% menos población de broca con respecto a las madres. Se estableció una baja frecuencia de resistencia de la broca al insecticida clorpirifos. La combinación de depredadores de broca con el entomopatógeno *Beauveria bassiana* no mejora la mortalidad de broca dentro de los frutos de café.

Con respecto a las cochinillas de las raíces del café se observó que en el zoqueo de cafetales infestados se ocasiona la causa muerte de raíces, y como consecuencia se reducen las cochinillas, las cuales migrarían hacia las raíces de las arvenses. Esta plaga no sería limitante en el crecimiento del café durante los primeros nueve meses. La validación en el campo del manejo integrado de esta plaga demostró ser eficaz para la especie *Neochavesia caldasia*; sin embargo, las especies que enquistan son persistentes. Se requiere explorar otras prácticas de manejo y entender las interacciones de estas cochinillas con otros organismos.

De otro lado, se avanzó en investigaciones sobre manejo de enfermedades, mediante control químico e inducción de resistencia. Se completaron más de tres años de experimento con el fungicida con los ingredientes activos cyproconazole + trifloxystrobin para control de roya, con buenos resultados en plantas de café variedad Caturra en producción en la Estación Experimental La Catalina (Risaralda). Los trabajos sobre inductores de resistencia en plantas susceptibles de almácigo var. Caturra, indican que pueden tener efectos sobre los patógenos y las plantas, su acción es principalmente local en las hojas aplicadas, poco sistémicos sin reducir la incidencia, con acción preventiva y de respuesta corta en el tiempo para reducir la severidad, y se afectaron por el ambiente, limitando su aplicación dentro de esquemas de manejo. Ante el avance de la roya se realizan evaluaciones cuantitativas de incidencia y severidad de la enfermedad en progenies componentes de variedades resistentes Castillo® y Cenicafé 1, en diferentes estaciones experimentales, con el fin de caracterizar estas razas de roya y estudiar cambios en el comportamiento en el campo.

Evaluación de enmiendas de uso común

La evaluación de las enmiendas usadas en las diversas regiones cafeteras del país permitió identificar los productos de mejor calidad para la corrección de la acidez del suelo y el aporte de nutrientes; al respecto, algunas dolomitas sobresalieron por sus propiedades. En relación con las enmiendas para la corrección de la acidez, se demostró que 60 gramos de dolomita, incorporada al suelo antes de la siembra del colino, son suficientes cuando el tamaño del hoyo es relativamente pequeño; en contraste, el uso de la roca fosfórica no generó beneficio alguno. En cuanto a la dosis de dolomita requerida después de la siembra para suelos moderadamente ácidos, las dosis óptimas estuvieron entre 800 y 1.600 kg ha⁻¹. Se demostró que, en la etapa de almácigo, una mezcla de suelo y pulpa de café descompuesta en relación 9 a 1 puede ser más conveniente que una relación 3 a 1. En cuanto a las micorrizas, no se encontró efecto benéfico de su uso, cuando se emplearon productos comúnmente comercializados en las diferentes regiones del país.

Más calidad: mejoras en la eficiencia de la cosecha y en los procesos de beneficio

En la poscosecha del café, se trabajaron principalmente tres temas básicos: cosecha, beneficio de café y tratamiento de aguas residuales. En cosecha de café se dio continuidad a los trabajos

para fomentar la adopción de la cosecha manual de café con lonas y se avanzó con la evaluación de la cosecha de café con la derribadora DSC18 en las diferentes Estaciones Experimentales de Cenicafé. En general, se ha demostrado:

1. La selectividad de la máquina al obtener un contenido de frutos verdes promedio de 5,87%, muy cercano a la recolección manual.
2. Tiene un rendimiento promedio de 2,4 veces la capacidad de los recolectores con el método tradicional
3. Los frutos dejados en los árboles son menos que los que se requieren para tener control de la broca.
4. Las pérdidas de frutos al suelo son aceptables.

Los estudios económicos preliminares con la derribadora selectiva de café DSC-18 ratifican el incremento en el rendimiento de la recolección por jornada hasta 323 kg de café cereza por operario. En relación con la retención de pases para el empleo de la derribadora, se presenta una mayor cantidad de café recolectado por día y reducción del costo unitario de recolección. Por su parte, el análisis del sistema de cable aéreo para transporte de café cereza en fincas cafeteras ha determinado de manera preliminar que el egreso (costo directo, indirecto y gastos) por kilogramo de café cereza movilizado ha fluctuado entre 22 y 72 pesos, dependiendo de los dispositivos empleados.

De otra parte, se dio especial importancia al desarrollo de sistemas para separar frutos verdes de la masa de café cosechada y a desarrollar procesos

para agregar valor al café verde. En el beneficio de café se trabajó en un proceso para producir cafés con características especiales a través del uso del método Fermaestro® y el efecto de la reutilización de enzimas para realizar la degradación del mucílago del café. En el tratamiento de aguas residuales del proceso de café se hizo especial énfasis en el uso de filtros verdes para cumplir con la legislación ambiental y el uso de productos químicos para tratar las aguas residuales.

En la búsqueda del aseguramiento de la calidad del café del Huila, las fincas participantes en la investigación disminuyeron el porcentaje de defectos sensoriales, con valores de 30,13% a 19,05%. De igual manera, en la caracterización del café del Oriente de Caldas, el 79,0% de las muestras no presentaron defectos sensoriales. Los municipios de Marulanda y Pensilvania obtuvieron los puntajes más altos en calidad sensorial. Por su parte, las variedades mejoradas Castillo® El Tambo, Castillo® Pueblo Bello y Tabi, fueron sometidas a cinco curvas diferentes de tostión con temperaturas iniciales de 170, 185, 200, 215 y 230°C. La variedad Castillo® Pueblo Bello no mostró diferencia en los atributos sensoriales ni en la composición de ácidos clorogénicos y lípidos. En la caracterización del defecto muy común de reposo, se identificaron sus variables fisicoquímicas y enzimáticas, con una disminución de los valores de ácido linoleico y la presencia de diferencias estadísticas en las variables de lípidos, polifenoloxidasas y ácido esteárico. Finalmente, en la caracterización de la actividad de agua para café pergamino seco y verde, se comprobó que el café que cumple el porcentaje de humedad del 10,0% al 12,0%, obtiene valores de actividad inferiores a 0,62.

Avances en investigación que contribuyen a mejorar la productividad, la sostenibilidad y la rentabilidad

Desarrollo de nuevas variedades de café

Con el propósito de desarrollar variedades de café adaptadas a la geografía cafetera colombiana, que sean resistentes a la roya, altamente productivas y con buena calidad física del grano y en taza, las investigaciones giraron en torno a dos ejes centrales: la Colección Colombiana de Café (CCC) y el Desarrollo de Variedades. La CCC tiene la diversidad disponible en términos de producción, calidad de la bebida y resistencia a factores bióticos y abióticos del género *Coffea*, que constituye la materia prima para el desarrollo de variedades mejoradas de café para Colombia. En la actualidad, se caracteriza la colección por sus atributos agronómicos, organolépticos, androesterilidad y tolerancia a déficit hídrico. A través de la genotipificación mediante GBS del germoplasma etíope de *C. arabica* (724 accesiones), se determinó que la CCC está estructurada por 21 poblaciones ancestrales diversas genéticamente. Así mismo, se determinó que en las 50 introducciones de la Colección Central de la CCC (MiniCore) está representada gran parte de la diversidad genética disponible para la especie.

Paralelamente, se continúa una exhaustiva caracterización agronómica y de tolerancia a factores abióticos del germoplasma conservado en la CCC. Es así como bajo condiciones controladas, a la fecha, se han identificado siete introducciones etíopes y tres líneas avanzadas del programa de mejoramiento (originadas a partir de híbridos

interespecíficos) tolerantes al déficit hídrico. Igualmente, se identificaron diez plantas androestériles en ocho introducciones de procedencia etíope de la CCC. La androesterilidad es la incapacidad que posee un individuo para producir gametos masculinos funcionales. Para el fitomejoramiento estas plantas son de interés debido a que viabilizan en gran medida la propagación de híbridos F1 a través de semilla, reduciendo su costo de obtención y masificando su uso. Adicionalmente, estas introducciones poseen atributos agronómicos interesantes para el programa de mejoramiento genético, lo cual las convierte en potenciales progenitores de futuras variedades y abre las posibilidades para el desarrollo y utilización de híbridos F1 de café. A través de estudios del genoma de *C. arabica* se identificaron 1.382 genes de resistencia a enfermedades y de respuesta a estrés. Adicionalmente, producto del análisis de los genomas de 13 accesiones de la CCC que contienen los genes de resistencia contra la roya SH1, SH2 y SH4, se registraron secuencias únicas en los genotipos portadoras de cada gen de resistencia, lo que llevará en un corto plazo a la determinación de marcadores moleculares asociados con estos genes de resistencia, una herramienta a ser incorporada en el programa de selección asistida.

Conscientes del reto que implica tener una caficultura rentable, resistente y resiliente, se adelantó un agresivo plan de cruzamientos en los que se utilizaron como progenitores femeninos líneas élite del programa de mejoramiento con características agronómicas sobresalientes, porte tipo Caturra y excelente calidad en taza, con materiales de la CCC, con el fin de:

1. Incorporar factores de resistencia contra la roya provenientes de diferentes orígenes que incluyen fuentes derivadas de *C. liberica* (SH3), *C. arabica* (SH1, SH2, SH4), Híbridos de Timor no utilizados en las variedades de café en Colombia (HdT832-2, HdT1343 -I567 y HdT1343-I573) y *C. canephora*.
2. Incorporar fuentes de resistencia al CBD diferentes al gen T proveniente del HdT, incorporado en las variedades desarrolladas en Cenicafé. Para ello se utilizaron siete progenitores de la CCC reconocidos por poseer resistencia a esta enfermedad.
3. Desarrollar poblaciones con menor oviposición de la broca, que contribuyan a reducir las pérdidas económicas dentro de un manejo integrado de esta plaga.

En cuanto a la composición química del grano, se caracterizaron los lípidos, ácidos, cafeína, azúcares, aminoácidos, antioxidantes y ácidos clorogénicos en las variedades de café Castillo®, Tabi y Cenicafé 1. Los lípidos varían entre 8,3% - 12,5%, la cafeína entre 1,0% - 1,3% y la trigonelina se encuentra en 0,9%. El ácido orgánico mayoritario es el cítrico (7,4 - 10,9 g de ácido cítrico/ kg de café verde). En los carbohidratos se destaca la sacarosa, con concentración de 7,4% y los ácidos clorogénicos totales con 4,6% ± 0,11%. Se identificaron diez aminoácidos. La alanina está en mayor concentración en la variedad Castillo® Naranjal. Se está finalizando la determinación de compuestos químicos de café verde por la técnica de espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS), donde la cafeína, la trigonelina y los ácidos clorogénicos totales no presentan diferencias significativas con las metodologías de química analítica.

Biología y epidemiología de plagas y enfermedades

Se realizaron investigaciones sobre la broca del café, las cochinillas de las raíces y la chamusquina en Colombia, así mismo se atendieron consultas sobre otros artrópodos que se alimentan del café. Para conocer mejor la broca se está evaluando su comportamiento biológico sobre diferentes materiales de café a diferentes temperaturas y los resultados muestran que este insecto se desarrolla a menor velocidad y en menores cantidades sobre *Coffea liberica* a temperaturas mayores de 22°C.

Se identificaron las rutas de dispersión de la chinche de la chamusquina (*Monalonion velezangeli*) en el departamento del Huila y se estableció que alrededor de 8.000 hectáreas están siendo afectadas actualmente en este departamento. Se corrobora una alerta temprana en cuatro municipios. Se obtuvo la biología de un depredador natural de esta plaga el cual debe ser conservado en una estrategia de control biológico. Se identificaron dos poblaciones dentro de individuos clasificados como *M. velezangeli*: una de Antioquia y otra que comparte muestras recolectadas en el Valle del Cauca, Oriente de Antioquia, Nariño y Huila. Se identificaron especies de chisas que atacan raíces y hojas de café en cuatro localidades de Colombia y se trabaja en la identificación de una especie de Coleoptero de la familia Curculionidae alimentándose de café en Nariño, en límites de Putumayo. Se identificaron 181 especies de visitantes de flores de café, de las cuales 41 correspondieron a abejas nativas de Colombia.

En cuanto a enfermedades del cafeto, se continuaron trabajos en

el departamento del Huila sobre epidemiología y manejo de la roya y la muerte descendente; se estudia la dinámica de la cantidad esporas de roya en el aire y su relación con el clima y la epidemia, y se completaron trabajos sobre aislamiento y caracterización de micorrizas arbusculares en café. Avanzaron las investigaciones sobre epidemiología de la gotera u ojo de gallo del cafeto en dos zonas endémicas de Boyacá y Cauca, y la caracterización de aislamientos del hongo de diferentes zonas del país. Se iniciaron investigaciones sobre genética y biología molecular para identificar marcadores asociados a diversidad de roya, y el desarrollo de un método altamente específico y sensible para el diagnóstico de la enfermedad de las cerezas del café (CBD), y así prevenir su ingreso a Colombia.

Fisiología del café

En el estudio de los procesos de fotosíntesis se evaluaron partículas reflectivas de caolinita para mitigar el calor y la foto-inhibición en plantas de café en almácigo. Las plantas a plena exposición solar y asperjadas con emulsión de caolinita a 60 g L⁻¹ tuvieron en promedio 30,0% más de materia seca en raíz, tallo, hojas y en el total, que aquellas cultivadas en polisombra. La emulsión de caolinita en almácigos reemplazaría la polisombra y su aplicación en el campo protegería el café del exceso de radiación. Igualmente, se determinaron las diferencias en la distribución teórica de la luz en el dosel de dos progenies de la variedad Castillo®, con ángulos foliares contrastantes. Los resultados indican mayor homogeneidad en la distribución de la luz en el dosel de las plantas con inclinación vertical de sus hojas. Estos datos son útiles para mejorar la disponibilidad de luz a mayores

densidades de siembra en el cultivo de café. También se caracterizó la distribución de la floración y la sincronía floral en ocho progenies de la variedad Castillo®, ubicadas en cuatro Estaciones Experimentales. Los resultados mostraron que las diferencias entre progenies son bajas, tanto a nivel de floraciones principales como en su acumulado, y que la sincronía fue alta. La comparación trimestral en el campo entre plantas provenientes de colinos sembrados en tubetes plásticos o en la bolsa tradicional, indicó que tanto la biomasa seca de hojas, ramas, raíz, tallo y frutos como la altura y longitud de las ramas, el número de cruces y de nudos, y los diámetros del tallo y de la copa, fueron mejores en las plantas provenientes de bolsa.

Manejo de suelos y nutrición

El estudio relacionado con el uso y adopción de los análisis de suelos, realizado en 20 departamentos (748 distritos), indicó que el 22,0% de los caficultores son usuarios y adoptantes de esta herramienta. En el marco del proyecto de CT&I financiado con recursos del SGR en Huila, se generaron recomendaciones para el manejo de la nutrición de los sistemas de producción de café. En un trabajo similar y mediante el análisis de 30.762 registros históricos, se caracterizó la fertilidad del suelo en los departamentos de Antioquia (Seccional Salgar), Bolívar, Cesar, La Guajira y Risaralda. En Huila y Quindío se determinó la cantidad de nutrientes acumulados en hojas, ramas, tallos y raíces de café variedad Castillo®, cinco años después de la siembra. Los valores oscilaron entre (kg/ha): nitrógeno 573 y 760, fósforo 47 y 65, potasio 616 y 692, calcio 393 y 523, magnesio 58 y 79, hierro 3,0 y 6,7, manganeso 3,7 y 34,4, zinc 0,411 y 0,413, cobre 0,47 y 0,58, y boro 1,04 y 1,31.

Modelación de fenómenos en café

A partir de los resultados obtenidos con la simulación de 98 casos correspondientes al comportamiento de infestación, de acuerdo con la producción y condiciones de clima de diferentes Estaciones Experimentales, se consolidó la estructura ya validada, del modelo para describir el comportamiento de la infestación por broca, contando con una herramienta para definir estrategias de manejo de la broca del café.

Así mismo y con el propósito de explorar la reducción en la producción potencial del café por efecto del contenido de materia orgánica, a partir de la simulación para diferentes escenarios (sitios, edades y densidades) y contenidos de materia orgánica, se observó que contenidos de materia orgánica del 10% no afectan la producción, mientras para niveles menores y superiores del 10%, la disminución, puede estar entre el 0,9% y 62%.

Referente a la identificación de procedencias del café a partir de la huella espectral de infrarojo cercano (NIRS), se evaluaron los métodos de clasificación k-vecinos más cercanos (KNN) y bosques aleatorios. Con el primer método, no se superó el 50% de clasificación correcta, siendo un método débil para identificar la procedencia del café. El método de bosques aleatorios, por el contrario, presentó una identificación del 72% de las procedencias, utilizando como método de suavización, diferenciación de primer orden, con el criterio de Gini, diez árboles y un número mínimo de dos muestras.

Tecnología de Información y Comunicaciones

Durante este año se implementaron seis aplicativos para la plataforma agroclimática: zonas agroecológicas, fertilidad de suelo, micorrizas, control de broca y roya, alerta por déficit hídrico y aseguramiento de la calidad de la información climática. Por su parte en el Sistema de Información y Gestión Administrativa de Investigaciones (SIGA) se desarrollaron módulos que fortalecen nuestros procesos facilitadores y misionales. Así mismo fue implementado el aplicativo BROYA para registrar la información de diagnóstico que se produce en el Operativo Nacional de Medición de Broca y Roya, con la elaboración de sus correspondientes mapas. Se inició el proceso de metrología de las variables de temperatura, humedad relativa y radiación solar de las estaciones meteorológicas automáticas y fue consolidado el sistema de transmisión satelital que se utiliza en las zonas de más difícil comunicación. En Sistemas de Información Geográfica se ha brindado soporte a diferentes investigaciones del Centro a través de la generación de reportes obtenidos a partir de la base de datos SICA (Sistema de Información Cafetera).

De manera multidisciplinaria, Cenicafé desarrolló una APP para dispositivos móviles, que contiene los Indicadores de Rendimiento de Mano de Obra y que sirve como guía para la contratación de labores y cosecha en el cultivo del café.

Divulgación y Transferencia del conocimiento

Durante la vigencia se publicaron los Avances Técnicos No. 487 al 496, la Revista Cenicafé Volumen 69 No.2 de 2018 y Volumen 70 No. 1 de 2019, el Boletín Técnico No. 42, los libros "Árboles nativos importantes para la conservación de la biodiversidad" y "Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila" y el Informe Anual de Cenicafé del año 2018. Igualmente se publicaron los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 38 al 49, con la información climática y las recomendaciones técnicas para el cultivo del café, de acuerdo con cada zona cafetera del país.

Dentro de los eventos y actividades se desarrollaron 10 cursos intensivos de capacitación de los Extensionistas, en los cuales participaron 540 extensionistas, que recibieron 280 exposiciones orientadas por 30 investigadores y en las cuales se abordaron 28 temas.

Para finales de 2018 Cenicafé celebró los 80 años de creación del Centro con la participación de más de 250 personas y se realizó el Día de campo "Lanzamiento derribadora selectiva de café" con la asistencia de más de 350 personas. En 2019 se realizó el 5° Encuentro de Coordinadores de Extensión, con capacitaciones y profundizaciones en la agronomía de la caficultura y programas de la Gerencia Técnica, para 220 profesionales. Adicionalmente, se realizaron siete actividades de capacitación al Servicio de Extensión en las instalaciones de Cenicafé y la Estación Experimental Naranjal, con 313 asistentes. También se realizaron dos días de campo en la Estación Naranjal para la capacitación de los Servicios de Extensión

de Caldas y Risaralda. Así mismo, se realiza la segunda Feria de Maquinaria Agrícola con la participación de 19 empresas expositoras y la asistencia de más de 400 personas, y el Día de Campo donde se realizó la entrega del nuevo híbrido de maíz biofortificado para la zona cafetera de Colombia, con la participación de 345 caficultores.

Entre octubre de 2018 y septiembre de 2019 se atendieron 150 actividades y visitas en Cenicafé a las cuales asistieron 7.020 personas, resaltando la visita de siete grupos del programa "Niños Pilos", con la asistencia de 420 niños y 70 acompañantes. En el apoyo al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé, las estaciones experimentales recibieron 9.917 visitantes, un 10% más que en el período anterior. El 55,0% de ellos correspondieron a caficultores, el 18% a extensionistas de la Federación, 8,0% a personas con formación técnica y 7,0% a estudiantes universitarios.

Como estrategia para la divulgación de las publicaciones y tecnologías de Cenicafé y eventos de transferencia desarrollados en el Centro, en la cuenta de Twitter de Cenicafé (@Cenicafe) se han publicado 165 Tweets y se cuenta con cerca de 2.825 seguidores. Se activó la cuenta de Cenicafé en Instagram (@Cenicafe), a través de la cual se han publicado 22 mensajes de la historia del Centro y diferentes eventos, llegando un total de 1.000 seguidores.

Durante la vigencia se distribuyeron más de 106.000 ejemplares de las publicaciones de Cenicafé, y cerca de 10.000 ejemplares al año, por medio de entrega directa en Divulgación y Transferencia a los visitantes

de Cenicafé. Adicionalmente, se enviaron más de 120.000 correos electrónicos a los 26.000 suscriptores del portal www.cenicafe.org con las novedades en publicaciones y actividades.

Sistema de Gestión Integral de la Federación Nacional de Cafeteros

Como resultado de la auditoría externa realizada por el Icontec a la Federación, se obtuvo la renovación de las certificaciones del SGI (Sistema de Gestión Integral) que incluyen el Sistema de Gestión de la Calidad en el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica (Norma ISO 9001:2015), Sistema de Gestión Ambiental (Norma ISO 14001:2015), y Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001).

Celebración de los 60 años del Servicio de Extensión

En el espíritu de integración de la Gerencia Técnica de la Federación, basado en el esquema de transferencia Investigación-Extensión-Caficultor, articulado por la estrategia “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad”, se conmemoraron en la sede de Planalto los 60 años del Servicio de Extensión con una agenda académica internacional y la participación de representantes gremiales y miembros del equipo del Servicio de Extensión de todo el país.

Álvaro Gaitán B.
Director Cenicafé
Noviembre de 2019



DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN





Agroclimatología



ACL101007. Monitoreo meteorológico y servicio agroclimático.

La red convencional inició su operación con 47 estaciones principales, seis helioplumiográficas, ocho pluviográficas y 146 pluviométricas. En el transcurso del año cafetero se desinstalaron 23 estaciones principales, y en 14 de ellas se dejaron puestos de observación pluviométrica. La red automática inició su operación con 122 estaciones y se desmontaron nueve.

Se realizó el seguimiento y control de calidad a los datos de las estaciones convencionales y automáticas; las estaciones automáticas presentaron mayor inconsistencia en la calidad de la información; se realizaron jornadas de trabajo para el seguimiento e identificación de problemas comunes en la operación de las estaciones. Se aplicaron diferentes test de control de calidad y se definieron límites para el filtrado de datos cinco minutos y horarios para las variables de temperatura y precipitación.

Los primeros nueve meses del año cafetero, octubre a junio, estuvieron influenciados por un evento El Niño débil, relacionado con incrementos de la temperatura superficial

del mar por encima de $+0,5^{\circ}\text{C}$. Los modelos de predicción tuvieron su mejor desempeño entre octubre y diciembre de 2018 y entre junio y septiembre de 2019, con su más pobre predicción entre febrero y mayo de 2019. Las condiciones climáticas imperantes estuvieron asociadas a disminución de la precipitación y aumento de la temperatura. La evolución del análisis de disponibilidad hídrica del suelo, a partir del balance hídrico, en Estaciones Experimentales de Cenicafé se presenta en la Tabla 1. En general, hubo condiciones de déficit hídrico entre diciembre de 2018 y febrero de 2019 y entre julio y primera década de septiembre de 2019. Con relación a la temperatura durante 2019, en la mayoría de estaciones se registraron valores por encima del histórico; en el primer semestre se observó anomalía de la temperatura mínima promedio principalmente, mientras entre julio y agosto, se acentuaron las anomalías de las temperaturas media y máxima promedio.

ACL101005. Desarrollo, implementación y mantenimiento de la Plataforma Agroclimática Cafetera: agroclima.cenicafe.org.

Se realizó el seguimiento a la operación del aplicativo de control de calidad de datos meteorológicos a nivel diario (Tabla 2). Se desarrollaron algoritmos para el control de calidad de datos en escala de cinco minutos y horaria, los cuales están en fase de prueba previo a la implementación en la plataforma agroclimática; así mismo, se realizaron adiciones en los módulos del aplicativo, con el fin de mejorar su operación. La implementación del aplicativo de control de calidad ha permitido dar una respuesta rápida a los problemas presentados en la operación de las estaciones, conocer nuevos problemas frecuentes en la operación de la serie y determinar metodologías para su solución.

A partir de los resultados de la validación del Atlas Cafetero se desarrolló la segunda versión de los mapas con la climatología del departamento de Caldas y se desarrolló un módulo de prueba para la presentación y consulta de esta información (Figura 1).

Se desarrolló un aplicativo de alerta por déficit hídrico a partir de los resultados de la investigación ACL101004, el cual se encuentra disponible en el portal <https://agroclima.cenicafe.org>, donde se muestra la condición hídrica para períodos de diez días en los últimos meses; este tiene en cuenta la lluvia y evapotranspiración acumulada para un cultivo de café en producción (Figura 2). Para consultar la condición

I Tabla 1. Calificación del índice de disponibilidad hídrica del suelo, a partir del balance hídrico.

Año	Mes	Zona	Norte		Centro Norte			Centro Sur			Sur
		Depto	Cesar	Santander	Antioquia	Tolima	Caldas	Risaralda	Quindío	Huila	Cauca
		Estación / Década	Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	La Trinidad	Naranjal	La Catalina	Paraguacito	Jorge Villamil	Manuel Mejía
2018	Septiembre	S1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal	Déficit
2018	Septiembre	S2	Normal	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2018	Septiembre	S3	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit	Déficit
2018	Octubre	O1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2018	Octubre	O2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2018	Octubre	O3	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2018	Noviembre	N1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2018	Noviembre	N2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2018	Noviembre	N3	Normal	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2018	Diciembre	D1	Déficit*	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2018	Diciembre	D2	Déficit	Normal	Normal	Déficit	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal
2018	Diciembre	D3	Déficit	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit	Déficit	Normal
2019	Enero	E1	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal
2019	Enero	E2	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal	Normal
2019	Enero	E3	Normal	Déficit	Normal	Déficit	Déficit	Normal	Déficit	Normal	Normal
2019	Febrero	F1	Déficit	Déficit	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal
2019	Febrero	F2	Déficit	Déficit	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal	Normal	Normal
2019	Febrero	F3	Déficit	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Marzo	M1	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Marzo	M2	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Marzo	M3	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Abril	A1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Abril	A2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Abril	A3	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Mayo	MY1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit
2019	Mayo	MY2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Mayo	MY3	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Junio	J1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Junio	J2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2019	Junio	J3	Normal	Déficit	Normal	Déficit	Normal	Normal	Déficit	Normal	Déficit
2019	Julio	JL1	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit

Continúa...

...continuación.

Año	Mes	Zona	Norte		Centro Norte			Centro Sur			Sur
		Depto	Cesar	Santander	Antioquia	Tolima	Caldas	Risaralda	Quindío	Huila	Cauca
		Estación / Década	Pueblo Bello	San Antonio	El Rosario	La Trinidad	Naranjal	La Catalina	Paraguacito	Jorge Villamil	Manuel Mejía
2019	Julio	JL2	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal	Déficit
2019	Julio	JL3	Déficit	Normal	Normal	Déficit	Normal	Normal	Déficit	Normal	Déficit
2019	Agosto	AG1	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal	Déficit	Normal	Déficit	Déficit
2019	Agosto	AG2	Normal	Normal	Déficit	Déficit	Normal	Déficit	Déficit	Déficit	Déficit
2019	Agosto	AG3	Normal	Normal	Déficit	Déficit	Normal	Déficit	Déficit	Déficit	Déficit
2019	Septiembre	S1	Normal	Normal	Déficit	Normal	Déficit	Déficit	Normal	Déficit	Déficit
2019	Septiembre	S2	Normal	Déficit	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal
2019	Septiembre	S3	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Déficit	Normal

Déficit*. Cuando se acumulen más de tres décadas continuas en condición deficitaria, se puede afectar al cultivo; dependerá del estado fenológico, de la unidad del suelo y del sistema de producción. La climatología indica para el Norte, que el período seco se presenta entre diciembre y marzo, mientras en el Sur, entre junio y septiembre. En el Centro se presentan dos períodos menos húmedos, el primero entre diciembre y febrero y, el segundo, entre julio y septiembre.

hídrica de los últimos meses, en una década específica, el usuario debe seleccionar el año, el mes y la década correspondiente, y podrá visualizar en el mapa cómo fue la condición hídrica en todas las estaciones automáticas, ubicando la Estación automática en el mapa o realizando la búsqueda por estación o municipio. La aplicación se encuentra habilitada para el departamento del Huila.

Así mismo, se encuentra disponible en el portal de <https://agroclima.cenicafe.org>, el aplicativo de Zonas Agroecológicas, donde se presenta la información climática y orográfica asociada al sistema productivo del cultivo de café para el departamento del Huila. Después de acceder al aplicativo y seleccionar un punto o una finca, se tendrá acceso a las siguientes opciones: información zona agroecológica, gráficos climáticos, etapas de floración y cosecha, indicadores climáticos y recomendaciones (Figura 3).

ACL101004. Herramientas para la toma de decisiones en la caficultura del Huila.

En el marco del proyecto “Aplicación de Ciencia, Tecnología e Innovación en el cultivo de café (CT&I) ajustado a las condiciones particulares de la caficultura del Huila” financiado con recursos del Sistema General de Regalías (SGR), se decidió fortalecer la red con diez estaciones principales y

ocho microestaciones, enmarcadas en la investigación “Herramientas para la toma de decisiones en la caficultura del Huila”. Su instalación y puesta en operación se realizó en dos fases: la primera, desarrollada en agosto de 2016, en la cual se instalaron ocho estaciones y ocho microestaciones, y la segunda, en febrero de 2018, con la instalación de dos estaciones, dando cumplimiento al objetivo establecido. La red meteorológica cafetera, fortalecida con el proyecto de CT&I, tiene presencia en 20 de 35 municipios cafeteros del Huila.

En cada una de las estaciones principales se miden las variables de temperatura del aire, humedad relativa, lluvia, radiación global, radiación fotosintéticamente activa, humedad del suelo y velocidad del viento y, en las microestaciones, complementario a las variables que se registran en las estaciones principales, se miden humedad de la hoja y dirección del viento.

Se realizaron mantenimientos de tipo preventivo y correctivo, en las estaciones y microestaciones que comprenden la red meteorológica concebida en el marco del proyecto, ajustados a los protocolos de la Organización Meteorológica Mundial. Se pusieron en funcionamiento, tres módulos de transmisión satelital, en estaciones donde se

I Tabla 2. Inconvenientes y soluciones propuestas para el aplicativo de control de calidad.

Variable	Inconveniente	Solución propuesta
Temperatura / humedad relativa	El número de datos requeridos para consolidar la hora y el día corresponde al 50%, lo cual puede generar datos atípicos de temperatura/humedad relativa máxima y mínima diaria.	Consolidar la hora y el día usando mínimo el 70% de los datos. Para los datos diarios, no pueden presentarse horas consecutivas sin datos.
	Se presentan diferencias altas en datos consecutivos de cinco minutos, relacionadas con fallas en la operación de los sensores de temperatura o humedad relativa.	Consolidar temperatura máxima y mínima, según rangos de tiempo.
Lluvia	Valores iguales consecutivos diferentes de cero, en datos horarios.	Aplicación de prueba de continuidad temporal y definición de límites para datos consecutivos a nivel horario.
	Valores intermitentes iguales en datos horarios y diarios, producto del taponamiento en pluviómetros.	
Visualización	El número de datos horarios presentado en el aplicativo solo permite visualizar el comportamiento de las variables durante un día, lo cual dificulta el seguimiento de los datos.	Ampliar el rango de días visualizados en datos horarios a un período de 30 días.
	Se requiere información del número de datos utilizados para la consolidación de datos diarios, como insumo para el juicio experto.	Incluir en la visualización el número de datos horarios utilizados para la consolidación de datos diarios.
Trazabilidad	No se guarda la información de datos revisados y sensores reportados con fallas.	Generar el registro de datos revisados, descartados y las fechas de suspensión y reactivación de sensores.
Validación	En el caso de la humedad relativa y la temperatura, el aplicativo para validación de datos no permite decidir de manera independiente sobre los datos de máxima, mínima y promedio.	Generar una operación por variable para aplicar la validación de forma independiente.
	Luego de desactivar un sensor, cuando BSM realiza los ajustes requeridos en la estación, no se tiene una respuesta rápida para la reactivación del sensor.	Generar un módulo en estaciones. cenicafe.org para la activación de sensores por parte de BSM previa validación de ACL.

presentaban fallas de comunicación y pérdida de datos ocasionadas por este fenómeno. En 11 de las 18 estaciones se efectuó cambio de módem Sierra Wireless Airlink Ref. LS 300 por Sierra Wireless Airlink Ref. RV50, este último de mejor desempeño. Se realizaron ajustes a los programas que sustentan el código de los datalogger.

A través de las herramientas de administración de la plataforma agroclimática cafetera se realizó monitoreo desde Cenicafe a las estaciones meteorológicas automáticas del proyecto. De manera pública los usuarios pueden ver la información que despliega la red en <https://agroclima.cenicafe.org>.

ACL103003. Identificación de las Zonas Agroecológicas para la caficultura del Huila. (CT&I SGR). La zonificación agroecológica se concibe como “el espacio geográfico que presenta regularidad en su variabilidad edáfica, climática y orográfica, con una respuesta similar

en su potencial agrícola”; en el desarrollo de la investigación, la identificación de las zonas agroecológicas (ZAE) se sustentó en el uso de la información espacial disponible, como la meteorológica y climática, los estudios físicos y químicos de suelo y la estructura productiva de los lotes cafeteros.

Se generaron indicadores agroclimáticos, edáficos y orográficos, asociados a tres etapas fenológicas del cultivo: floración, formación del fruto y

Atlas Cafetero

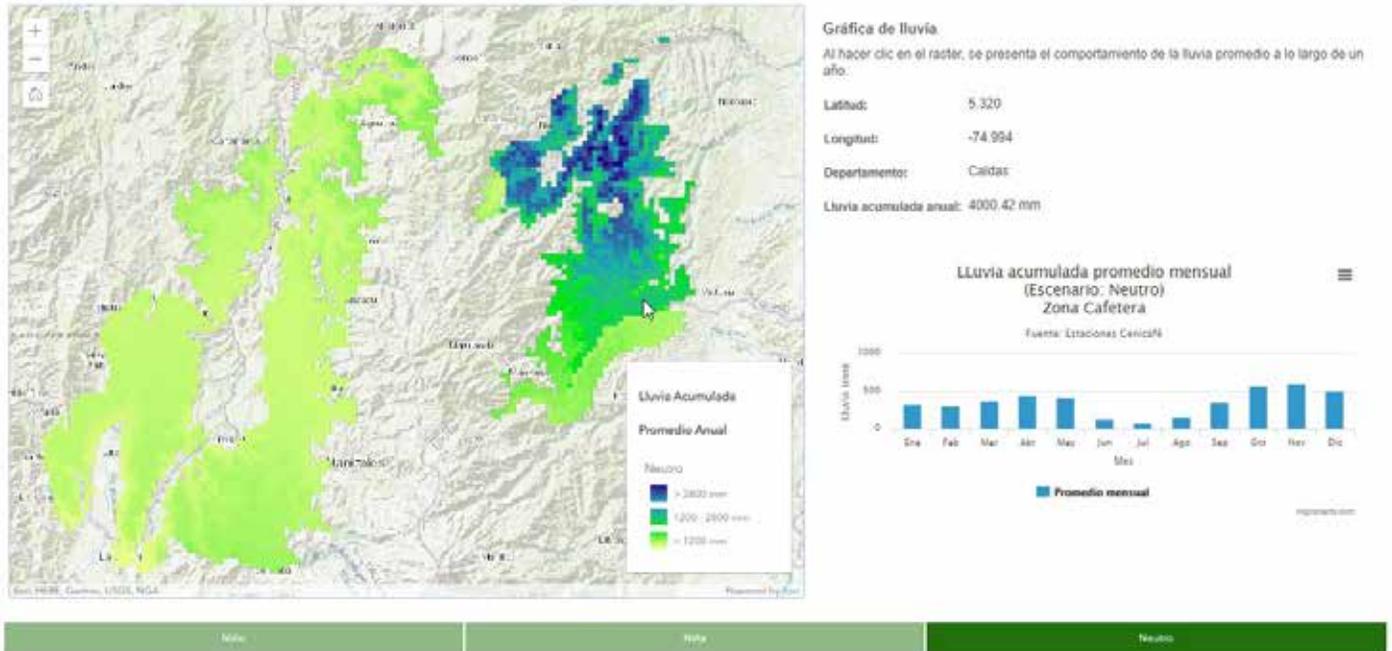


Figura 1. Módulo de prueba para la visualización del Atlas Cafetero.



ALERTA POR DÉFICIT

En esta aplicación encontrará la condición hídrica para periodos de diez días en los últimos meses, la cual tiene en cuenta la lluvia y evapotranspiración acumulada para un cultivo de café en producción. Podrá consultar la información utilizando la Interfaz Automática en el mapa o realizando la búsqueda por Filtro de Búsqueda.

Para consultar la condición hídrica de los últimos 10 meses, en una década específica, seleccione el año, el mes y la década correspondiente. Podrá visualizar en el mapa cómo fue la condición hídrica en todas las estaciones automáticas.

Año: 2019 Mes: 10 Década: 1

Alerta por déficit hídrico (2019-10-Década 1)

Para buscar la estación climática ubicada en el mapa o digite:



Figura 2. Módulo de Alerta por Déficit Hídrico de la plataforma <https://agroclima.cenicafe.org>.

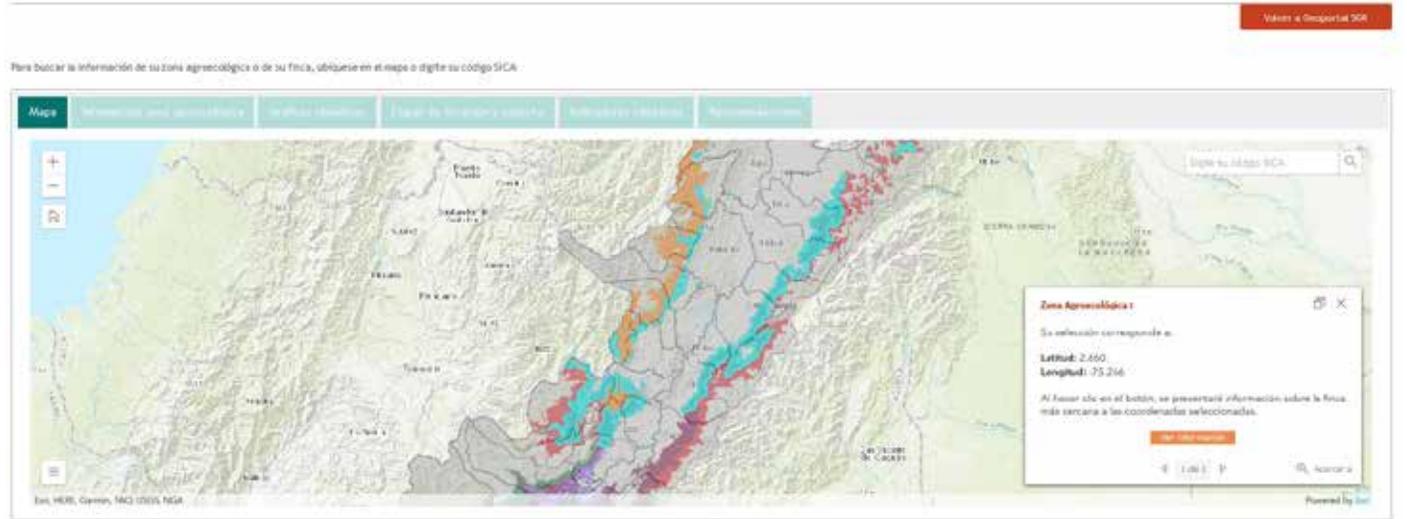


Figura 3. Módulo de Zonas Agroecológicas para el departamento del Huila disponible en la plataforma <https://agroclima.cenicafe.org>.

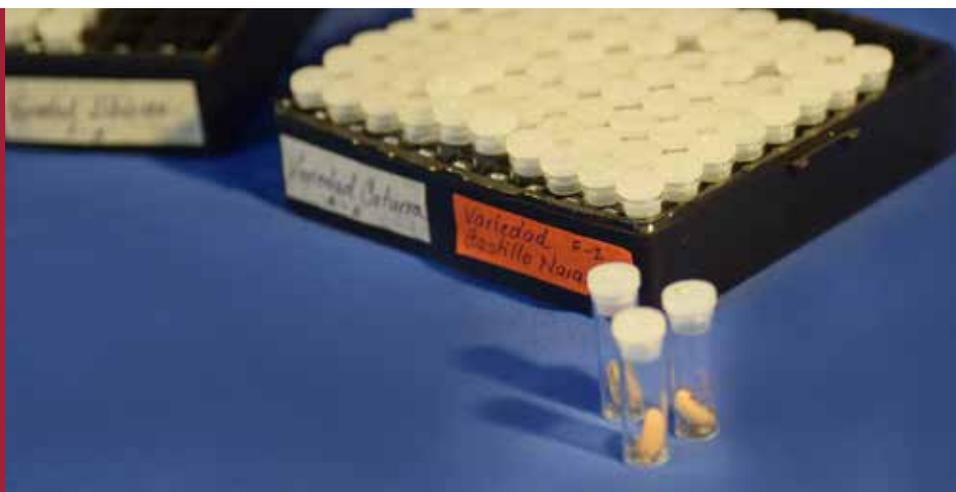
acumulación de materia seca y cosecha. Se consolidó la información de las variables agroclimáticas, para tres escenarios de variabilidad climática: años de condiciones climáticas extremas, El Niño y La Niña, y un promedio histórico multianual. Con el uso del software “R-Studio”, se generaron rutinas de análisis interdependiente, que dieron origen a seis agrupamientos ajustados en su distribución espacial, cada uno con similitud en sus condiciones climáticas y biofísicas, por escenario.

Las ZAE 1, 2 y 3 están ubicadas geográficamente en el área Centro Norte del departamento del Huila y su cosecha principal se presenta en el primer semestre del año. La ZAE 1 se encuentra presente en ambas cordilleras y se ubica en la zona baja del área cafetera. La ZAE 2 se encuentra geográficamente sobre la Cordillera Central y

presenta condiciones aptas de precipitación (cantidad y distribución) y brillo solar. La ZAE 3 se encuentra ubicada en las dos cordilleras, se caracteriza por ser la zona con mayor altitud en sus cafetales y presentar la menor cantidad de días de déficit hídrico durante la floración.

Las ZAE 4, 5 y 6 pertenecen a la zona Centro Sur del departamento del Huila, hacen parte del Macizo Colombiano, se desagregan sobre ambas cordilleras en límites con los municipios de Gigante sobre la cordillera Oriental y El Pital sobre la Cordillera Central. La ZAE 4 se ubica altitudinalmente en la parte baja y con menos área en café en el departamento. La ZAE 5 se ubica altitudinalmente en la parte media de la montaña. La ZAE 6 presenta la mayor área en café, con buenas condiciones de precipitación y baja acumulación de horas de brillo solar.

Biometría



BIO101003. Modelación del cultivo del café, Nivel III. Con el propósito de explorar las reducciones de la producción por efecto del contenido de materia orgánica, se simularon para diferentes valores de ellas, 16 escenarios (sitios, edades y densidades), la producción potencial (Nivel I), la producción afectada por déficit hídrico (Nivel II) y la producción afectada por déficit y materia orgánica (Nivel III). En cada escenario se determinó la reducción porcentual de la producción potencial por efecto del Nivel II y Nivel III y con la diferencia de la reducción por Nivel II y Nivel III, se obtuvo la reducción de la producción potencial por efecto del contenido de materia orgánica. De acuerdo con la evaluación del modelo, en

la aplicación se observa que para un contenido de materia orgánica del 10%, la producción no se afecta; para niveles menores y superiores del 10%, en promedio, la disminución puede estar entre el 0,9% y 62%.

BIO103002. Evaluación de métodos estadísticos para la identificación de procedencias del café a partir de la huella espectral. Con la información espectral de 12.421 muestras de café de diferentes departamentos de la zona cafetera colombiana, obtenidas de diferentes investigaciones de Cenicafé, se evaluaron los métodos de clasificación k-vecinos más cercanos (KNN) y bosques aleatorios. Con el primer método no se superó el 50% de clasificación correcta, siendo un método débil para clasificación de origen café. Por el contrario, el método de bosques aleatorios presentó una clasificación del 72% de los orígenes, utilizando como método de suavización la diferenciación de primer orden, con el criterio de Gini, diez árboles y un número mínimo de dos muestras. Se evaluará si la clasificación con el algoritmo de bosques aleatorios mejora, utilizando datos suavizados con transformada de Fourier. Además se aplicará el método máquinas vector soporte y Naive Bayes y de acuerdo a los resultados, se estudiará si con un ensamble de los mejores modelos, con el enfoque “model stacking”, el cual consiste en un modelo mayor que combina las predicciones individuales de dichos modelos, se supera la clasificación obtenida actualmente con los algoritmos del equipo NIR.



Calidad

CAL101001. Aseguramiento de la calidad del café del Huila como único y diferenciado. En el marco del componente de calidad del proyecto: Aseguramiento de la calidad del café del Huila como único y diferenciado del convenio entre la Gobernación de Huila y la Federación Nacional de Cafeteros – Cenicafé para la ejecución del proyecto “Aplicación de Ciencia, Tecnología e Innovación en el cultivo de café ajustado a las condiciones particulares de la caficultura del Huila”, durante este año se consolidó la base de datos con la información de la calidad física, sensorial y química de 562 muestras, obtenidas durante tres años, en los 35 municipios del departamento del Huila. Se realizó un análisis estadístico descriptivo que permitió evaluar el comportamiento y las tendencias de las características físicas, químicas y sensoriales; se realizaron intervalos con un 95% de confianza para establecer la significancia en las diferencias de las características evaluadas y el análisis por minería de texto, para identificar los atributos de calidad más frecuentes.

Las variables de la calidad física del café que se midieron incluyeron la humedad del café pergamino seco, el porcentaje de merma, la proporción de granos brocados, pasilla, almendra sana y el factor de rendimiento en trilla. Los promedios indican que las variables físicas permiten el cumplimiento de los requisitos de calidad del café, aumentando la posibilidad de los caficultores de vender su producto a un mayor precio (Tabla 3).

Tabla 3. Calidad física del café de 35 fincas del departamento del Huila, cosechas de los años 2015, 2016, 2017 y 2018 – 562 muestras.

Variables de calidad física	Valores observados			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar
Humedad (%)	9,2	13,7	11,3	1,32
Merma (%)	16,2	21,5	18,3	2,29
Pasilla (%)	0,0	8,6	1,1	1,23
Broca (%)	0,0	10,6	1,5	3,14
Almendra sana (%)	69,0	83,3	79,6	3,56
Factor de rendimiento	84,5	103,0	88,9	16,47

En la Tabla 4 se presenta el porcentaje de muestras con defectos sensoriales y el porcentaje de muestras sin defectos sensoriales en cada uno de los años del muestreo.

Los defectos sensoriales del café pueden ser originados en las diferentes etapas del proceso productivo del café, debido básicamente a la falta de control y a la baja implementación de las buenas prácticas agrícolas y de manufactura. Desde el año 2016, el departamento de Huila presenta una tendencia a disminuir el porcentaje de defectos identificados respecto al año evaluado, con valores de 30,13% a 19,05%. Con relación a los defectos de mayor frecuencia se identificaron el fenol, el reposo y el acre. Al realizar el análisis, de acuerdo a la proporcionalidad por año, se observa la disminución de los defectos fermento, reposo y acre (Tabla 5).

Dentro de los criterios sensoriales para clasificar la calidad sensorial está la ausencia de defectos sensoriales y la presencia de diferentes descriptores de la calidad sensorial. En la Tabla 6 se presenta la proporción de los descriptores obtenidos, donde las notas dulces son el principal descriptor

Tabla 4. Calidad sensorial por año, de 35 fincas del departamento del Huila – 562 muestras.

Calidad sensorial	2015	2016	2017	2018
Muestras sin defecto (%)	98,29%	69,87%	74,77%	80,95%
Muestras con defecto (%)	1,71%	30,13%	25,23%	19,05%

Tabla 5. Proporción de defectos sensoriales del café de 35 fincas del departamento del Huila – 562 muestras.

Defecto	2015	2016	2017	2018
Acre	-	2,62%	9,91%	3,81%
Fenol	1,71%	1,75%	1,80%	1,90%
Fermento	-	5,24%	6,31%	3,81%
Inmaduro	-	5,24%	5,41%	2,86%
Reposo	-	13,54%	-	5,71%
Terroso	-	1,75%	1,80%	0,95%
Sin defecto	98,29%	69,87%	74,77%	80,95%

del café evaluado, seguido de notas cítricas, frutales, caramelo, floral, herbal, miel y avellanas.

La composición química del café almendra determina la calidad final del producto, por lo que es importante conocer el contenido de los principales precursores químicos que afectan la bebida. La técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) es una

Tabla 6. Principales descriptores sensoriales por año, de 35 fincas del departamento del Huila – 562 muestras.

Descriptor	Año		
	2016	2017	2018
	(%)		
Dulce	61,3	71,1	52,9
Cítrica	7,5	13,3	21,2
Frutal	7,5	2,4	3,5
Caramelo	6,3	6,0	11,8
Floral	6,3	2,4	2,4
Herbal	5,0	2,4	7,1
Miel	4,4	2,4	1,2
Avellanas	1,9	0,0	0,0

metodología indirecta de bajo costo, rápida y amigable con el ambiente, que se ha utilizado ampliamente para estimar la composición química del café.

Para las 562 muestras analizadas en la Tabla 7 se presentan los valores obtenidos para ácidos clorogénicos, cafeína, lípidos, sacarosa y trigonelina.

CAL101004. Caracterización del café procedente del Oriente de Caldas por su composición química, física y sensorial.

Durante los años 2015, 2016 y 2017 se obtuvieron 310 muestras de café de 65 fincas cafeteras. El propósito del trabajo fue evaluar la calidad física, sensorial y química del café, determinando el contenido de cafeína, trigonelina, lípidos y sacarosa por medio de la tecnología NIRS. Las muestras de café provenían de fincas con un promedio de área en café de 2,02 ha; el 39% de las fincas se encontraban en altitudes superiores a los 1.800 m; el 77% de las fincas tenía sembradas variedades resistentes a la roya del cafeto, Castillo (70,8%) y Colombia (6,2%). El promedio de almendra sana fue de 75,91% y el 79,0% de las muestras no presentó defectos sensoriales. El valor máximo de puntaje total SCA fue de 87,0 obtenido en el municipio de Marquetalia; sin embargo, los municipios de Marulanda y Pensilvania obtuvieron en promedio los puntajes más altos en calidad sensorial. No hubo diferencias en los contenidos de humedad del café ni para el puntaje total SCA, entre los seis municipios del Oriente de Caldas ni entre rangos de altitud. Se presentaron diferencias significativas (Tukey 5%) en los contenidos químicos del café verde entre municipios. El café del municipio de La Victoria presentó el menor contenido medio de cafeína (1,11%), y el café del municipio de Marquetalia presentó el mayor contenido de sacarosa (6,90%) y el menor de ácidos clorogénicos (5,65%).

En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos para las variables de humedad, merma, granos brocados, pasillas, negros, vinagres y almendra sana. Los promedios indican que las variables físicas permiten el cumplimiento de los requisitos de calidad del café aumentando la posibilidad de los caficultores de vender su producto a un mayor precio.

El 79,01% de las muestras de café de los municipios del Oriente no tuvieron defectos en la prueba sensorial. Los municipios de Marulanda, Samaná y Marquetalia presentaron la mayor proporción de muestras sin defectos con el 100%, 84,1% y 83,3%, respectivamente. En el año 2016 se presentó la mayor proporción de muestras sin defecto. Lo anterior, representa el alto compromiso de los caficultores en el control de los diferentes procesos del beneficio para la obtención de café sin defectos

Tabla 7. Valores promedio, máximo y mínimo obtenidos para los compuestos químicos del café de 35 fincas del departamento del Huila – 562 muestras.

Variables de la composición química	Valores observados			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Mediana
Ácidos clorogénicos (%)	5,4	6,5	5,9	5,9
Cafeína (%)	1,1	1,4	1,3	1,3
Lípidos (%)	13,6	16,4	15,2	15,3
Sacarosa (%)	6,0	7,1	6,5	6,5
Trigonelina (%)	0,8	1,4	1,1	1,1

sensoriales. En las muestras sin defectos sensoriales no hubo diferencia por municipio ni por altitud en las variables de sabor residual, acidez y balance. Las muestras del municipio de Pensilvania presentaron los mayores valores de puntaje total, comparados con los municipios de Samaná, Marquetalia y Victoria, según prueba de Tukey al 5% (Tabla 9).

CAL103003. Identificación de variables fisicoquímicas y enzimáticas asociadas con el defecto reposo en el café. En una primera etapa de investigación se evaluó la calidad física, la calidad sensorial (escala SCA), las variables fisicoquímicas y microbiológicas en muestras de

café pergamino seco con el defecto reposado (CD) y muestras sin este defecto (SD). Posteriormente (etapa II) se corroboraron las variables que fueron identificadas en la etapa I estuvieran asociadas al CD y, finalmente (etapa III) las variables identificadas se evaluaron a través del tiempo durante el almacenamiento. El CD presentó menores calificaciones en sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance respecto a SD. La prueba sensorial fue en promedio de 81,3 para SD, clasificado como un café muy bueno y 53,2 en CD clasificado por debajo de especial. Para el café CD hubo menores valores en el porcentaje de almendra sana y de humedad, pero mayor factor de rendimiento en trilla.

El contenido de lípidos totales (LT) y ácido esteárico (AE) en el

Tabla 8. Calidad física del café de los municipios del Oriente de Caldas.

Variable	Mín. (%)	Máx (%)	Med. (%)	Desv. Est.	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Humedad (%)	8,40	14,00	10,73	0,96	10,59	10,87
Merma (%)	15,48	23,76	18,49	1,33	18,35	18,64
Brocado (%)	0,00	11,56	1,58	1,89	1,30	1,86
Pasilla (%)	0,24	18,85	4,96	3,42	4,46	5,46
Negros y Vinagres (%)	0,00	6,61	0,48	0,84	0,39	0,58
Almendra sana (%)	56,04	82,80	76,92	4,19	75,28	76,52
Factor de rendimiento en trilla	84,62	124,91	92,53	5,66	91,69	93,36

Tabla 9. Comparaciones de las medias de la calidad sensorial del café del Oriente de Caldas, según el municipio.

Municipio	Fragancia aroma	Grupo*	Sabor	Grupo*	Puntaje del catador	Grupo*	Puntaje total	Grupo
Manzanares	7,40	AB	7,40	AB	7,40	A	81,60	AB
Marquetalia	7,34	AB	7,32	B	7,26	B	81,13	B
Marulanda	7,50	B	7,44	AB	7,38	AB	81,94	A
Pensilvania	7,48	B	7,47	A	7,43	A	82,07	A
Samaná	7,34	AB	7,31	B	7,27	B	81,20	B
Victoria	7,19	A	7,22	B	7,19	B	80,69	B

*Letras diferentes entre los municipios corresponden a diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey al 5%.

CD fue de 11,8% y 7,9%, respectivamente, siendo mayor al SD. El ácido linoleico (AL) predominó en el SD (37,43%). No hubo diferencias en el contenido de los ácidos araquídico, oleico y palmítico para las muestras CD y SD, en ninguna de las etapas del estudio. Con relación a las variables microbiológicas, el hongo *Penicillium* spp. fue el de menor frecuencia (73%) en las muestras CD, seguido por *Aspergillus* spp. (53%) y *Fusarium* spp. (47%). Las bacterias mesófilas y levaduras no presentaron diferencias en el café CD y SD. En la etapa II, se encontró que el defecto reposo fue más frecuente en el café con contenido de almendra sana menor a 71%. Variables como el AE y la enzima polifenoloxidasas (PFO) fueron determinantes para distinguir claramente entre las muestras con y sin defecto (Figura 4a), lo cual fue verificado en la última fase del estudio, en donde las condiciones de almacenamiento provocaron disminución significativa de los niveles de AE a partir de los 60 días (Figura 4b). Este resultado fue corroborado a través del análisis sensorial realizado paralelamente en dicho café, el cual demostró afectación por el defecto reposo a partir del mismo periodo tiempo.

CAL104003. Caracterización de lípidos, ácidos y cafeína en las variedades Castillo®, Tabi y Cenicafé 1 sembradas en Colombia.

La caracterización química se realizó en la almendra con y sin defectos físicos, dado que no se conocía si su presencia podría afectar o no la composición química que ha sido determinada tanto por métodos primarios como por técnicas secundarias (NIRS), teniendo en cuenta que en los análisis sensoriales (Método SCA o Almacafé), las evaluaciones son realizadas con granos tipo excelso, es decir, sin defectos físicos y sobre malla #14. En la caracterización química para las variedades Tabi,

Cenicafé 1, Castillo® Naranjal, Castillo® El Tambo y Castillo® Pueblo Bello y, durante el primer año de cosecha (2017), se evidenció que no existen diferencias en la composición química de la almendra caracterizada con o sin defectos físicos, con un porcentaje máximo del 16% de granos defectuosos presentes en las muestras evaluadas y para las variables estudiadas en esta investigación (Tabla 10).

En cuanto a los contenidos químicos, los lípidos totales variaron entre 8,3% - 12,5%, la cafeína varió entre 1,0% - 1,3% y la trigonelina en promedio se mantuvo en 0,9%. El ácido orgánico mayoritario fue el ácido cítrico (7,4 - 10,9 g de ácido cítrico/kg de café verde). La parte lipídica del café presentó una composición de ácidos grasos mayoritarios en promedio de 39,6% de palmítico, 35,7% de linoleico, 11,7% de oleico, 8,6% de esteárico y de 4,6% de araquídico. En cuanto a la evaluación sensorial, según método de calificación Almacafé, para el atributo impresión global, la calidad en taza se clasificó entre calidad estándar a buena para la mayoría de las variedades.

CAL104009. Caracterización de azúcares, aminoácidos, antioxidantes y ácidos clorogénicos en las variedades Castillo®, Tabi y Cenicafé 1 sembradas en Colombia.

El objetivo de esta investigación es identificar las diferencias en la composición química del café de Colombia en las variedades Tabi, Cenicafé 1, Castillo® Naranjal, Castillo® El Tambo, Castillo® Pueblo Bello. Se presentan los resultados de las cosechas del año 2017 y 2018, tomando en cada cosecha tres pases, para un total de 72 muestras analizadas tanto en perfil sensorial y composición química, donde para sus atributos sensoriales la mayoría de las muestras presentaron calificación por encima de 80 puntos en la escala SCA, y destacándose la muestra de la

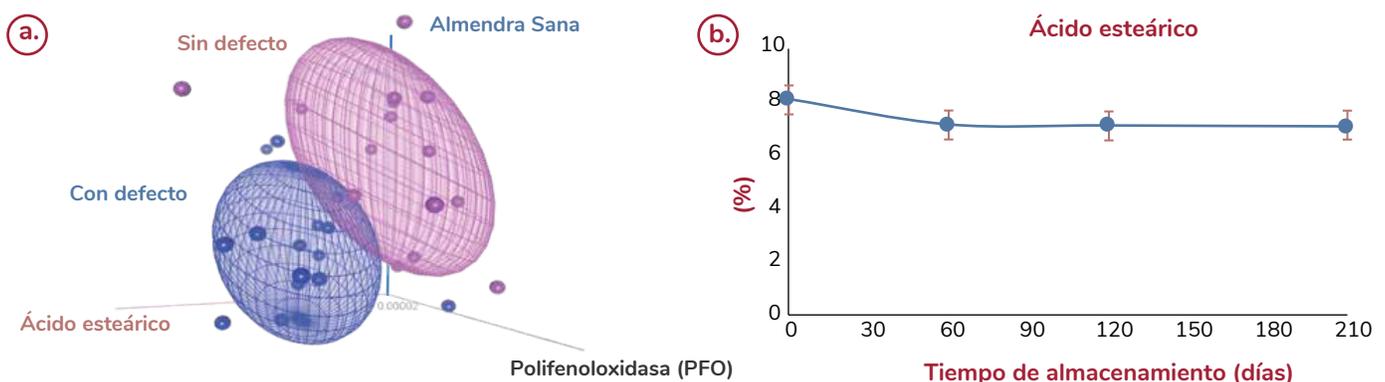


Figura 4. a. Variables que explican el defecto reposo en el café y b. disminución en el contenido de ácido esteárico durante el almacenamiento.

I Tabla 10. Composición química de las variedades Castillo®, Tabi y Cenicafé 1 sembradas en Colombia.

Compuesto químico	Unidad	Castillo® El Tambo				Castillo® Naranjal				Castillo® Pueblo Bello			
		Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.	Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.	Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.
Lípidos	%	9,63	13,10	11,57	0,91	9,13	15,08	11,36	1,55	9,25	14,00	11,61	1,24
Cafeína		1,17	1,57	1,33	0,16	1,06	1,53	1,32	0,15	1,38	1,78	1,59	0,12
Trigonelina		0,73	1,14	0,88	0,10	0,86	1,08	0,97	0,06	0,88	0,99	0,93	0,03
Vitamina E	g kg ⁻¹	0,47	0,99	0,73	0,15	0,50	0,86	0,65	0,11	0,49	1,26	0,87	0,23
Ácido acético		1,49	6,56	3,42	1,54	1,68	11,23	4,82	2,70	1,31	6,79	3,09	1,54
Ácido cítrico		8,81	13,22	10,46	1,08	6,22	13,53	9,42	2,15	8,95	12,58	10,95	1,12
Ácido málico		2,47	7,02	4,02	1,33	2,09	5,84	3,32	1,20	2,15	4,48	2,96	0,78
Ácido oxálico		0,03	0,25	0,14	0,07	0,04	0,17	0,09	0,05	0,06	0,16	0,11	0,03
Ácido succínico		0,42	1,26	0,70	0,21	0,47	1,08	0,76	0,19	0,27	1,17	0,68	0,26
Ácido quínico		3,19	5,57	4,74	0,66	2,50	6,15	4,24	1,08	2,92	5,65	4,72	0,71

Compuesto químico	Unidad	Cenicafé 1				Tabi			
		Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.	Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.
Lípidos	%	7,99	12,48	10,45	1,10	9,74	15,72	12,53	1,37
Cafeína		1,06	1,61	1,33	0,20	1,17	1,57	1,33	0,13
Trigonelina		0,86	1,16	0,97	0,09	0,95	1,11	1,01	0,05
Vitamina E	g kg ⁻¹	0,39	0,80	0,60	0,13	0,45	0,80	0,64	0,11
Ácido acético		1,76	12,35	5,48	3,24	1,45	8,89	3,93	1,95
Ácido cítrico		6,94	11,47	9,47	1,17	8,07	11,93	10,18	1,17
Ácido málico		1,63	5,67	3,29	1,17	1,56	5,52	3,33	1,15
Ácido oxálico		0,03	0,19	0,11	0,06	0,05	0,29	0,14	0,07
Ácido succínico		0,34	1,45	0,77	0,29	0,48	1,39	0,84	0,26
Ácido quínico		2,56	6,30	4,12	1,02	2,56	5,39	4,36	0,76

Variedad Castillo® El Tambo con el mayor puntaje (85 puntos SCA), en cuanto a sus propiedades físicas no hubo diferencia significativa entre las muestras.

En la composición química se destaca la sacarosa como el principal carbohidrato identificado, con una concentración promedio de $7,8 \pm 0,29\%$, sin diferencias significativas entre las muestras analizadas. Iguales resultados se encontraron en los compuestos fenólicos y flavonoides, que en promedio tienen una concentración de $63 \pm 3,2$ mg equivalente de ácido gálico por gramo

de muestra y $85 \pm 4,6$ mg equivalente de catequina por gramo de muestra, respectivamente (Tabla 11). En la composición de ácidos clorogénicos totales en promedio las muestras presentaron una concentración de $4,6 \pm 0,11\%$ donde la muestra de Castillo® general presenta diferencia significativa con respecto a las otras ($4,2 \pm 0,26\%$). Se identificaron diez aminoácidos, de los cuales la alanina se encontró en mayor concentración en las muestras de Castillo® Naranjal y el ácido aspártico con mayor concentración en las muestras de las variedades Castillo® Naranjal y Castillo® Pueblo Bello.

Tabla 11. Composición química de aminoácidos, carbohidratos y ácidos clorogénicos en las variedades Castillo®, Tabi y Cenicafé 1, sembradas en Colombia.

Compuesto químico	Unidad	Castillo® Naranjal				Castillo® Pueblo Bello				Castillo® El Tambo			
		Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.	Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.	Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.
Alanina	mmol	115,4	34,0	143,88	92,94	82,7	27,9	131,17	69,55	60,8	11,1	81,77	45,4
Valina		31,8	11,0	43,4	15,8	27,0	8,3	40,5	20,4	12,8	4,2	21,5	8,0
ácido b-Aminoisobutírico		102,00	18,13	127,27	71,84	101,50	14,76	122,18	80,10	104,52	9,51	116,64	85,27
Ácido aspártico		114,56	37,04	165,66	67,44	122,77	33,13	148,03	70,10	110,19	30,73	168,20	76,52
Ácidos clorogénicos totales	%	4,23	0,26	4,73	3,90	4,70	0,24	4,90	4,06	4,67	0,35	5,59	4,15
Carbohidratos		7,27	0,35	7,56	6,85	7,74	0,28	8,13	7,48	7,19	0,19	7,69	6,78
Compuestos fenólicos	*	59,75	3,83	66,26	51,85	64,76	2,46	72,87	59,15	63,43	3,47	74,93	55,54
Flavonoides	*	85,16	6,26	95,99	81,26	86,35	5,59	96,53	83,18	86,16	3,01	94,68	86,67

Compuesto químico	Unidad	Cenicafé 1				Tabi			
		Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.	Mín.	Máx.	Prom.	Des. Est.
Alanina	mmol	98,3	24,2	135,24	63,18	81,3	44,7	141,21	23,52
Valina		28,5	7,7	42,3	17,4	21,8	10,8	36,8	9,7
ácido b-Aminoisobutírico		99,95	12,52	124,29	85,90	92,10	15,31	107,62	60,48
Ácido aspártico		93,93	18,86	124,40	63,04	87,16	18,44	111,81	62,23
Ácidos clorogénicos totales	%	4,39	0,45	5,41	3,76	4,81	0,25	5,38	4,49
Carbohidratos		7,75	0,30	7,94	7,59	7,49	0,45	7,63	6,73
Compuestos fenólicos	*	63,01	3,59	70,37	44,21	64,50	3,03	73,85	57,08
Flavonoides	*	84,85	4,17	93,47	83,10	84,38	3,94	92,74	82,86

*mg ácido gálico/g

CAL104010. Determinación de errores de estimación de la ecuación ajustada por la técnica espectroscopia de infrarrojo cercano - NIRS para compuestos químicos de café verde molido. Se realizó la validación preliminar de la ecuación ajustada para predecir 14 compuestos químicos por la técnica de Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIRS). La validación se llevó a cabo a partir de los análisis de referencia realizados en el laboratorio instrumental y las mismas muestras se midieron por la técnica NIRS. Se realizaron los análisis estadísticos para evaluar la concordancia promedio, a partir del promedio de las diferencias de las mediciones de los individuos, a través de una prueba de t de Student para muestras pareadas, tomando como hipótesis de nulidad la no diferencia y, adicionalmente, debían cumplir con la condición de incluir el cero como valor plausible. De acuerdo a la información obtenida, los compuestos que no presentaron diferencias significativas entre los métodos, que cumplieron con la condición de incluir el 0 como un valor plausible y que presentaron un

$P > 0,05$, fueron los compuestos químicos cafeína, trigonelina y ácidos clorogénicos totales (Tabla 12). De otra parte, se realizó la estandarización de la predicción de los compuestos químicos de café verde molido a café en grano entero, observándose que 12 de los 14 compuestos evaluados no presentaron diferencias significativas entre las mediciones, con un $P > 0,05$ (cafeína, trigonelina, lípidos totales, sacarosa, isómeros de ácidos clorogénicos 3-CQA y 5-CQA, ácido araquídico,

esteárico, behénico, linoleico, oleico y palmítico).

Tabla 12. Compuestos químicos que no presentan diferencias significativas entre los métodos evaluados.

Compuesto químico	P>0,05
Cafeína	0,62
Trigonelina	0,45
Ácidos clorogénicos totales	0,05
Lípidos totales	0,05

CAL104012. Definición de una función discriminante del software Winlsi que permita identificar la procedencia de café verde molido.

Con relación a la predicción de origen de café verde por la técnica NIRS, para los departamentos de Cauca, Huila y Nariño se evidenció una disminución considerable en el poder predictivo del modelo matemático utilizado, con indicadores de sensibilidad de 41,4%, 11,1% y 60%, respectivamente, una exactitud media global de 37,5% y un error medio global de 65,5%. Posteriormente, se realizó un análisis descriptivo y un análisis de componentes principales que evidenciaron las diferencias significativas entre las muestras antiguas (período 2003 al 2006) con relación a las muestras nuevas (período 2015 al 2019), lo que permitió establecer la importancia de realizar un modelo nuevo que permita tener una mayor variabilidad y mejore la probabilidad de predicción. De otra parte, se incluyeron para ser reconocidos y certificados como productos de café de origen de los departamentos de Santander, Tolima, y la región de la Sierra Nevada, los cuales fueron notificados por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia-

ONAC el 7 de mayo de 2019. Para dar alcance a los departamentos anteriormente mencionados se desarrolló un modelo preliminar predictivo. El modelo presentó una capacidad predictiva con un porcentaje de sensibilización o nivel de acierto por departamento con una media global de 82,3% y un error de medida global de 17,3%.

CAL105002. Determinación de la actividad del agua para café pergamino seco y verde.

El principal criterio para la comercialización y descripción del comportamiento de la vida útil del café durante el almacenamiento es el porcentaje de humedad. Actualmente existe controversia acerca de los valores de actividad de agua en el café pergamino seco (c.p.s.) y verde, y si estos podrían convertirse en un criterio, para rechazar compras de café que cumplan con el porcentaje de humedad. Por esta razón se tomaron 200 muestras de café, así 100 muestras de café pergamino seco en los puntos de compra de las Cooperativas de Caficultores y 100 muestras de café excelso de los puntos de trilla, determinando en cada caso el porcentaje de humedad según la norma ISO 6673 y la actividad de agua. De las muestras analizadas en café pergamino seco, el 60,0% estuvo en el rango óptimo de humedad con un valor promedio de 11,05% y valor promedio de actividad de agua de 0,6184. Las muestras de café excelso no presentaron porcentajes de humedad inferiores al 10%, el 97,0% estuvieron en el rango óptimo de humedad con un valor promedio de 11,34%, y valor promedio de actividad de agua de 0,6175. Se comprobó que el café pergamino seco y el excelso, que tienen porcentajes de humedad dentro de los rangos establecidos, siempre obtienen valores de actividad de agua inferiores a 0,62 lo que lo hace un producto poco susceptible a la mayoría de las causas de deterioro.

La calidad física y sensorial y la composición química de las muestras analizadas se presentan en las Tablas 13, 14 y 15. Las muestras presentaron un promedio de porcentaje de almendra sana del 73,8%, y el 78,0% de las muestras no presentaron defectos sensoriales. Para el café excelso se determinó la densidad con un promedio de 702,9 g L⁻¹. La calidad sensorial, evaluada bajo la metodología SCA, indicó una distribución similar en los rangos de calidad para el café pergamino seco y el café excelso, encontrando la mayor proporción de muestras en el intervalo de puntaje total de 80,0 a 81,5.

Tabla 13. Calidad física del café pergamino seco y densidad del café excelso – actividad de agua.

Variables de calidad física	Valores observados			
	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar
Merma (%)	16,3	30,1	18,8	1,7
Pasilla (%)	0,3	14,7	3,9	2,6
Negros y vinagres (%)	0	6,8	1,2	1,3
Granos brocados (%)	0	21,4	3,1	3,0
Almendra sana (%)	42,7	81,3	73,8	6,2
Densidad café excelso (g L ⁻¹)	675,62	738,98	702,90	14,34

En la Tabla 15 se presentan los valores promedio y la desviación estándar para los siguientes compuestos químicos: ácidos clorogénicos, cafeína, lípidos, sacarosa y trigonelina, de las 200 muestras analizadas.

Tabla 14. Proporción de muestras por rango del puntaje total obtenido en los análisis sensoriales – actividad de agua.

Tipo de café	Rango del puntaje final (SCA)				
	79	80-81,5	81,5-82,5	82,5-83,5	>83,5
Café pergamino seco	5,19%	49,35%	27,27%	14,29%	3,90%
Café excelso	5,06%	53,16%	22,78%	13,92%	5,06%

Tabla 15. Valores promedios obtenidos para los compuestos químicos por la técnica NIRS.

Compuesto	Promedio (%)	Desviación estándar (%)	Rango para café arábica*
Ácidos clorogénicos totales	5,873	0,134	5,5 – 8
Cafeína	1,207	0,057	0,9 – 1,2
Lípidos totales	14,788	0,369	12,0 – 18
Sacarosa	6,876	0,180	6,25 – 8,45
Trigonelina	0,968	0,057	1,0 – 1,2

*Rangos para café arábica (Clarke y Macrae, 1985).

CAL106003. Evaluación del efecto de temperaturas de tuestión en la calidad del café.

Durante el proceso de tuestión, el café es sometido a diferentes condiciones de temperatura que conducen a cambios físicos y químicos que se reflejan en los atributos sensoriales de la bebida. La respuesta a este proceso puede ser diferencial tratándose de una variedad u otra, por tal razón es necesario identificar las temperaturas y tiempos de tuestión adecuados que permiten la máxima expresión de la calidad en taza. El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de las temperaturas de tuestión en la calidad sensorial y en la composición química en diferentes variedades de café. Las variedades Castillo® El Tambo, Castillo® Pueblo Bello y Tabi fueron sometidas a cinco curvas diferentes de tuestión, con temperaturas iniciales de 170, 185, 200, 215 y 230°C. En la Tabla 16 se muestran los promedios por variedad y curva de tuestión para los atributos sensoriales del café evaluados por metodología SCA (*Specialty Coffee Association*).

Para la variedad Castillo® Pueblo Bello la calidad sensorial indicó una distribución similar en los rangos de calidad para los cinco tratamientos, encontrando la mayor proporción de muestras en el intervalo de puntaje total de 81,75 a 82,5. La misma tendencia se observó para la Variedad Castillo® El Tambo con la mayor proporción de muestras en el intervalo de puntaje total de 83 a 84. Para la variedad Tabi la calidad sensorial indicó una distribución similar en los rangos de calidad para cuatro tratamientos, con la mayor proporción de muestras en el intervalo de puntaje total de 81,75 a 82,5, para el tratamiento de 170°C se encontró en el intervalo de 83 a 84 puntos.

La Variedad Castillo® Pueblo Bello no mostró diferencias en los atributos sensoriales ni en la composición de ácidos clorogénicos y lípidos en las cinco curvas de tuestión (Tabla 17). En la variedad Castillo® El Tambo se presentaron diferencias significativas para los atributos de cuerpo ($p=0,0205$) y puntaje total ($p=0,0132$). Para el cuerpo, la temperatura inicial de 200°C fue diferente a las temperaturas 185, 215 y 230°C y estas a su vez, con la temperatura de 170°C, según prueba de Tukey al 5%. En la variedad Tabi, en las cinco curvas de tuestión, no hubo diferencia en los atributos sensoriales ni en la composición de ácidos clorogénicos.

En las variedades Castillo® El Tambo y Tabi se presentaron diferencias significativas para el porcentaje de lípidos ($p=0,0062$ y $p=0,0132$). Para la primera variedad la temperatura inicial de 230 y 170°C, fue diferente a las temperaturas de 185 y 215°C y estas a su vez con la temperatura de 200°C. En la variedad Tabi, la temperatura inicial de 230, 215 y 200°C fue diferente a la temperatura 185°C y esta a su vez con la temperatura de 170°C, según prueba de Tukey al 5%.

CAL106004. Panel de análisis sensorial del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.

Actualmente el panel de catación es una actividad de apoyo a las investigaciones de Cenicafé. Desde octubre de 2018 se han recibido 1.382 muestras provenientes de diferentes proyectos de investigación de las disciplinas de Calidad, Entomología, Experimentación, Fisiología, Fitotecnia, Fitopatología, Mejoramiento Genético, Poscosecha y Suelos. El panel cuenta con cinco catadores certificados Q - Grader por el *Coffee Quality Institute*. El análisis sensorial

I Tabla 16. Promedios de atributos sensoriales por variedad y curva de tostión.

Atributo sensorial / Curva tostión	Castillo® Pueblo Bello				Castillo® El Tambo				Tabi			
	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.
Fragancia/aroma												
170°C	7,73	7,59	8,04	0,18	7,7	7,54	7,79	0,1	7,68	7,56	7,77	0,1
185°C	7,66	7,58	7,73	0,06	7,77	7,71	7,82	0,05	7,73	7,65	7,84	0,08
200°C	7,57	7,5	7,66	0,07	7,65	7,52	7,75	0,09	7,66	7,47	7,86	0,14
215°C	7,56	7,45	7,63	0,07	7,68	7,66	7,72	0,02	7,67	7,44	7,79	0,14
230°C	7,68	7,46	8,25	0,32	7,68	7,56	7,78	0,08	7,64	7,61	7,71	0,04
Sabor												
170°C	7,6	7,45	7,79	0,12	7,55	7,5	7,57	0,03	7,62	7,44	7,71	0,12
185°C	7,41	7,34	7,47	0,05	7,63	7,59	7,66	0,03	7,56	7,5	7,68	0,07
200°C	7,38	7,31	7,45	0,07	7,59	7,54	7,66	0,05	7,55	7,33	7,62	0,12
215°C	7,48	7,41	7,56	0,06	7,56	7,5	7,64	0,06	7,48	7,36	7,59	0,09
230°C	7,55	7,38	7,96	0,23	7,59	7,56	7,66	0,04	7,5	7,41	7,59	0,06
Acidez												
170°C	7,56	7,45	7,79	0,14	7,58	7,54	7,61	0,03	7,6	7,44	7,79	0,16
185°C	7,43	7,27	7,56	0,13	7,7	7,64	7,79	0,06	7,53	7,5	7,57	0,03
200°C	7,39	7,27	7,48	0,09	7,6	7,46	7,68	0,09	7,53	7,42	7,63	0,08
215°C	7,45	7,39	7,5	0,04	7,62	7,5	7,7	0,08	7,5	7,36	7,66	0,13
230°C	7,53	7,42	7,83	0,17	7,6	7,56	7,66	0,05	7,44	7,39	7,5	0,04
Cuerpo												
170°C	7,47	7,38	7,54	0,06	7,51	7,46	7,57	0,05	7,61	7,45	7,79	0,14
185°C	7,45	7,36	7,56	0,09	7,57	7,48	7,62	0,06	7,54	7,48	7,64	0,07
200°C	7,37	7,28	7,45	0,06	7,6	7,57	7,64	0,03	7,52	7,38	7,59	0,08
215°C	7,45	7,41	7,5	0,04	7,57	7,53	7,59	0,03	7,46	7,33	7,53	0,08
230°C	7,49	7,34	7,71	0,14	7,58	7,53	7,63	0,04	7,47	7,38	7,54	0,07
Balance												
170°C	7,47	7,41	7,58	0,07	7,49	7,37	7,57	0,09	7,55	7,41	7,68	0,11
185°C	7,38	7,27	7,52	0,1	7,57	7,54	7,61	0,03	7,5	7,43	7,62	0,08
200°C	7,3	7,28	7,34	0,03	7,53	7,46	7,59	0,06	7,46	7,28	7,55	0,11
215°C	7,41	7,36	7,47	0,05	7,5	7,48	7,53	0,02	7,42	7,25	7,55	0,12
230°C	7,41	7,29	7,75	0,19	7,54	7,48	7,58	0,04	7,4	7,3	7,45	0,07

Continúa...

...continuación.

Atributo sensorial / Curva tostión	Castillo® Pueblo Bello				Castillo® El Tambo				Tabi			
	Puntaje total	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.	Prom.	Mín.	Máx.
170°C	82,76	82,19	83,83	0,65	82,79	82,71	83,02	0,13	83,06	82,09	83,95	0,84
185°C	81,98	81,23	82,73	0,65	83,36	83,19	83,62	0,17	82,62	81,67	83,19	0,58
200°C	81,6	81,31	82	0,26	83	82,43	83,42	0,41	82,55	81,39	83,05	0,66
215°C	82,1	81,55	82,45	0,34	82,89	82,69	83,15	0,2	82,29	81,26	82,71	0,61
230°C	82,53	81,66	85,08	1,44	82,99	82,83	83,27	0,17	82,19	81,89	82,37	0,19

Tabla 17. Promedios de porcentajes de ácidos clorogénicos y lípidos por variedad y curva de tostión.

Compuesto químico / Curva tostión	Castillo® Pueblo Bello				Castillo® El Tambo				Tabi			
	Ácidos clorogénicos	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.	Prom.	Mín.	Máx.
170°C	1,504	1,248	1,673	0,183	1,680	1,539	1,762	0,092	1,852	1,566	2,044	0,239
185°C	1,485	1,431	1,599	0,065	1,522	0,720	1,927	0,488	1,718	1,395	2,116	0,308
200°C	1,517	1,381	1,647	0,115	1,534	1,237	1,729	0,191	1,546	1,237	2,065	0,313
215°C	1,563	1,444	1,632	0,071	1,825	1,713	1,972	0,105	1,733	1,349	2,001	0,282
230°C	1,662	1,461	1,966	0,202	1,687	1,534	1,968	0,174	1,646	1,515	1,800	0,123
Lípidos	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Est.
170°C	11,948	11,580	12,653	0,427	12,194	11,882	12,651	0,346	12,896	12,050	13,939	0,749
185°C	12,448	12,142	12,634	0,189	11,757	11,381	12,172	0,332	13,995	13,378	15,195	0,764
200°C	12,254	11,984	12,434	0,172	11,519	11,232	12,149	0,375	14,173	13,534	14,506	0,380
215°C	12,255	12,125	12,313	0,077	11,611	11,312	11,843	0,241	14,688	13,993	15,421	0,618
230°C	12,188	11,787	12,634	0,371	12,243	11,723	12,733	0,372	14,848	14,182	15,413	0,535
215°C	82,1	81,55	82,45	0,34	82,89	82,69	83,15	0,2	82,29	81,26	82,71	0,61
230°C	82,53	81,66	85,08	1,44	82,99	82,83	83,27	0,17	82,19	81,89	82,37	0,19

reporta mínimo el promedio de tres catadores. La metodología empleada para el análisis sensorial se tomó de los protocolos de catación de la Asociación de Cafés Especiales (SCA, 2015). Se han analizado y entregado el reporte de resultados de 1.275 muestras. Del total de las muestras analizadas el 77% cumplían con el rango de humedad del 10% al 12%. De la misma forma, el 75% no presentaron defectos sensoriales y el defecto que se presentó con mayor proporción fue el reposo con el 12,1% (Tabla 18).

Tabla 18. Proporción de muestras por rango del puntaje total obtenido en los análisis sensoriales en muestras provenientes de proyectos de investigación de Cenicafé.

Rango de Puntaje total	Proporción de muestras
79	2,0%
80-81,5	58,7%
81,5-82,5	22,8%
82,5-83,5	11,3%
>83,5	5,1%



Economía Agrícola

ECO102004. Análisis económico de diferentes sistemas de manejo en el cultivo del café. El objetivo del trabajo es realizar un análisis económico a cuatro sistemas de manejo del cultivo del café, basados en diferentes tipos de podas (zocas) y momentos de intervención. Los sistemas de renovación se están evaluando en un cultivo establecido con variedad Castillo® a libre exposición solar, ubicado en la Finca El Agrado (Montenegro, Quindío), propiedad del Comité de Cafeteros de Quindío. La labor de renovación empleando los diferentes tipos de podas se realizó en febrero de 2017. El presente informe abarca los primeros 18 meses de desarrollo del cultivo, que corresponden al período febrero de 2017 a septiembre de 2019. El sistema que presenta mayores costos de renovación es la zoca tradicional, la zoca pulmón en segundo lugar con 31% menos costos, mientras que las parcelas con zoca calavera y calavera modificada reflejaron costos en la renovación inferiores en un 38% de los costos de la renovación por zoca tradicional. Las diferencias encontradas en los costos de levante para los sistemas de renovación obedecen principalmente a labores como manejo integrado de arvenses, control de plagas (broca y cochinillas) y labores agronómicas como las deschuponadas. La principal diferencia en la estructura de costos se refleja en el manejo de arvenses que, para el caso de la zoca tradicional, representa el 56% de los costos de la etapa de levante (Figura 5), mientras que para los otros sistemas de renovación este rubro representó entre el 45% y el 48% de los costos en los primeros 18 meses del cultivo.

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

La investigación evalúa el equipo “Derribadora Selectiva de Café DSC-18” en conjunto con el empleo de lonas en el suelo, el trabajo en equipo de los recolectores y la retención de pases de cosecha en condiciones de campo. Los resultados preliminares en las Estaciones Experimentales El Tambo en Cauca y San Antonio en Santander, ratifican el incremento en el rendimiento de la recolección por jornada: en El Tambo de hasta 323 kg de café cereza por operario y en Santander de 157 kg por recolector. En este último caso, si bien es mayor que la cantidad de kilogramos recolectados en una jornada normal, es aún susceptible de incremento por estar los operarios en proceso de aprendizaje en el empleo del equipo al momento de la toma de datos, de tal modo que para ambos lugares se incrementa la eficiencia en la recolección en más del 100%. El uso de las lonas para la recuperación del café derribado tiene buena acogida en las dos zonas evaluadas, y tanto los caficultores como los recolectores tienen disposición para adoptar la tecnología.

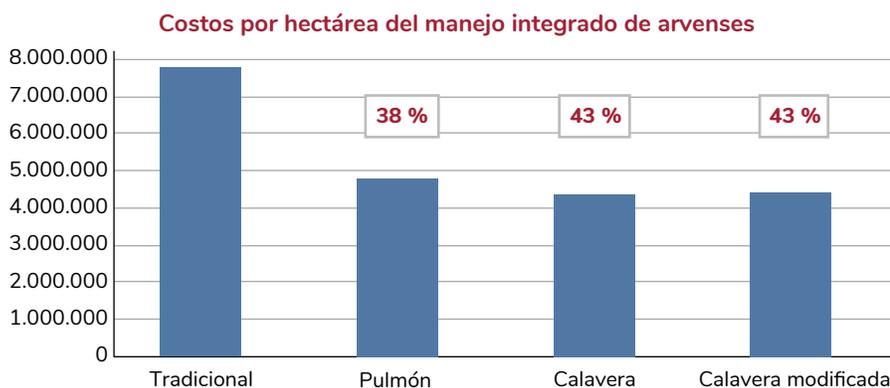


Figura 5. Costos del manejo de arvenses durante los primeros 18 meses. Diferencias entre los métodos de renovación.

Con relación a la operación se recomienda utilizar tres lonas para cubrir dos surcos en lugar de dos lonas para un surco, así se logra mayor eficiencia de tiempo por cada par de recolectores, señalando de nuevo que, con el empleo de derribadoras, recolectando por pares de operarios en lugar de la cosecha individual, ofrece mayor eficiencia en la labor. En relación con la retención de pases y el empleo de la derribadora desde el ámbito económico, para los recolectores se presenta una mayor cantidad de café recolectado por día, y para los caficultores hay retornos positivos en la inversión, reducción del costo unitario de recolección y, de forma adicional, una necesidad aliviada de recolectores, debido a la mayor cantidad de oferta de frutos cosechables al momento de cada pase de recolección, con lo cual se aporta en la solución a la escasez de la mano de obra en algunas regiones del país.

ECO103003. Desarrollo de una APP, Indicadores de rendimiento de mano de obra como guía para la contratación de labores en el cultivo. La capacidad del caficultor para administrar su empresa cafetera determina el grado de eficiencia con que se manejan los recursos para garantizar la viabilidad y permanencia en la actividad cafetera. Con ese propósito es importante identificar oportunidades para el mejoramiento de la productividad de las labores realizadas en el cultivo del café, altamente demandante en mano de obra. La identificación y el manejo de indicadores de rendimiento de mano de obra, se constituye en una herramienta de referenciación y a su vez en mecanismo de contratación, mejorando la eficiencia en la ejecución de las diferentes labores del cultivo. El Programa de Gestión Empresarial de la Gerencia Técnica, a través de la realización de talleres con caficultores, ha establecido parámetros de rendimiento a nivel nacional, con el propósito de que el caficultor compare los rendimientos de su empresa cafetera y pueda realizar ajustes que le permitan mayores productividades y reducción en los costos de producción. El Congreso Nacional de Cafeteros realizado en 2018, solicitó diseñar una aplicación para dispositivos móviles que le permita a los caficultores acceder fácilmente a los indicadores de rendimiento para apoyar las decisiones en contratación de mano de obra para labores y cosecha del cultivo de café. En las disciplinas de Economía Agrícola, Tecnología de Información y Comunicaciones, y Divulgación y Transferencia de Cenicafé se trabajó en la definición de las labores del cultivo, los rangos de los indicadores de rendimiento de mano de obra, el diseño y desarrollo de la aplicación que actualmente se encuentra en fase de validación y pruebas para su entrega a los caficultores (Figura 6).

ECO103004. Análisis del sistema de cable aéreo para transporte de café cereza en fincas cafeteras. La recolección y acarreo de café cereza al punto de beneficio representa más del 50% de los costos totales de producción; es por esto que el transporte interno del café se convierte en un factor de impacto en la rentabilidad en lotes con topografía agreste o de ubicación lejana al punto de recibo, demandando tiempo considerable que reduce la jornada laboral efectiva de recolección e incrementando los costos por el empleo de medios de transporte complementarios al acarreo pedestre. Con el fin de conocer el impacto económico a nivel de finca por el empleo de cables aéreos para transporte de



Figura 6. Aspecto de la aplicación en un dispositivo móvil.

café cereza (Figura 7), en varios departamentos se ha iniciado el estudio de esta tecnología con el apoyo de Servicio de Extensión, de forma preliminar se ha determinado por medio de funciones de Cobb Douglas de costo variable medio, que el egreso (costo directo, indirecto y gastos) por kilogramo de café cereza movilizado ha fluctuado entre 22 y 72 pesos dependiendo de los dispositivos empleados. De igual manera, al construir funciones contingentes de oferta del recolector y demanda del caficultor se hallan excedentes económicos para ambos actores, hecho de valía adicional cuando el caficultor actúa también como recolector; otro beneficio del sistema es la disminución del riesgo por

acarreo con pesos que superan lo establecido por el Estatuto de Seguridad Industrial del país, lo cual crea un mecanismo de transferencia del riesgo por accidentes de operarios que otorga mayor tranquilidad al productor y bienestar al recolector. El análisis de cables se ha comparado financieramente con el transporte por arriería, vehículo, cafeducto y operario; para el cierre del estudio en el 2020 estos balances permitirán hallar el análisis multivariado descriptivo, el costo anual equivalente, la tasa interna de retorno modificada y los puntos de maximización económica de la tecnología.



I Figura 7. Dispositivo para transporte de café cereza.



Entomología

Broca del café

ENT102003. Tecnología de microencapsulación basada en Ecoloidosomas y su aplicación en la industria agroquímica.

Debido a la poca disponibilidad de insecticidas químicos recomendados para el control de la broca del café se elaboraron y evaluaron varios prototipos de formulados de cafeína, con el objetivo de ampliar las opciones de productos y estrategias para mitigar el impacto de la broca del café y otras plagas en los cultivos agrícolas. En laboratorio, la eficacia de las formulaciones sobre broca del café se determinó mediante pruebas de aspersiones pre-infestación (efecto preventivo) y post-infestación (efecto curativo) empleando frutos verdes de café infestados con brocas adultas. Con estas evaluaciones se logró seleccionar un formulado de oleato de cafeína, el cual ocasionó en las pruebas de efecto preventivo mortalidades superiores al 90% sobre la broca y del 77% en los ensayos de efecto curativo. Posteriormente, se evaluó la eficacia y fitotoxicidad de la emulsión en condiciones controladas de campo, realizando infestaciones artificiales con brocas sobre ramas usando mangas entomológicas. El porcentaje de infestación en los controles fue del 92%, con la aplicación de la emulsión se mantuvieron los niveles de infestación de la broca por debajo del 20% y solo se encontró 9% de daño en la almendra,

mientras que en el control el 40% de las almendras estaban brocadas, demostrando la efectividad de la emulsión sin ocasionar efectos fitotóxicos sobre los frutos de café.

ENT103002. Desarrollo de un producto natural para el control de la broca del café.

Con el propósito de desarrollar un producto natural eficaz y ambientalmente seguro para el control de la broca del café, a partir de la combinación de hongos entomopatógenos y extractos botánicos, en condiciones de laboratorio, se evaluaron sobre frutos infestados con brocas en posición de entrada al fruto (A-B), los siguientes tratamientos: hongo

a dos concentraciones, 1. Bb 9119 2×10^{10} esporas/L y 2. Bb 9119 4×10^{10} esporas /L; hongos más botánicos: 3. Bb 9119 2×10^{10} esporas /L + Bot 3% y 4. Bb9119 4×10^{10} esporas /L + Bot 3%; 5. Agua; 6. Sin aplicación. El tratamiento Bb 9119 4×10^{10} esporas /L más botánico 3% mostró los menores daños en la almendra (9 %). El efecto de este tratamiento se debió a la acción combinada del hongo que causa mortalidad más el botánico, el cual repele, lo que se traduce en un menor daño en almendra.

Las pruebas de campo se realizaron en las Estaciones Experimentales La Catalina (Risaralda), Naranjal (Caldas) y Paraguaicito (Quindío); en cada una se seleccionó un lote con 1.500 árboles y cada lote se dividió en tres bloques de 500 árboles. A cada bloque se le aplicó un tratamiento:

1. Producto Natural (Bb9119 4×10^{10} esporas/L+ Bot 3%),
2. Insecticida (Silex™ 4 g L⁻¹);
3. Control sin aplicación. Las aplicaciones se realizaron en los meses de junio y julio, cuando el porcentaje de infestación por broca era superior al 2% y al menos el 30% de las brocas se encontraban en posición A-B en los frutos. Cada 15 días, desde los meses de junio hasta septiembre, se evaluó la infestación por broca. La variable de respuesta fue el porcentaje de infestación por broca. En la Estación La Catalina, el porcentaje de infestación inicial en todos los tratamientos estuvo entre 5,0% y 7,0%, al final de las evaluaciones con el producto natural se obtuvo la infestación más baja de 2,5% (Figura 8). Esta fue la única estación en la que se realizó una segunda aplicación del producto. En la Estación Paraguaicito al inicio del experimento la infestación estuvo entre 2,0% y 3,0%. Al finalizar, el insecticida y el

producto natural tuvieron infestaciones debajo del nivel de daño económico (1,5%), mostrando la efectividad de estos dos tratamientos (Figura 9). En el caso de Naranjal se inició con una infestación entre el 7,0% y 14,0%. Con el producto se obtuvieron los menores porcentajes de infestación en la mayoría de las lecturas y al final la infestación fue cercana al 6,0%. El producto natural conformado por Bb9119 4×10^{10} esporas/L + Bot 3% ha mostrado ser efectivo para el control de la broca en condiciones de laboratorio y en el campo.

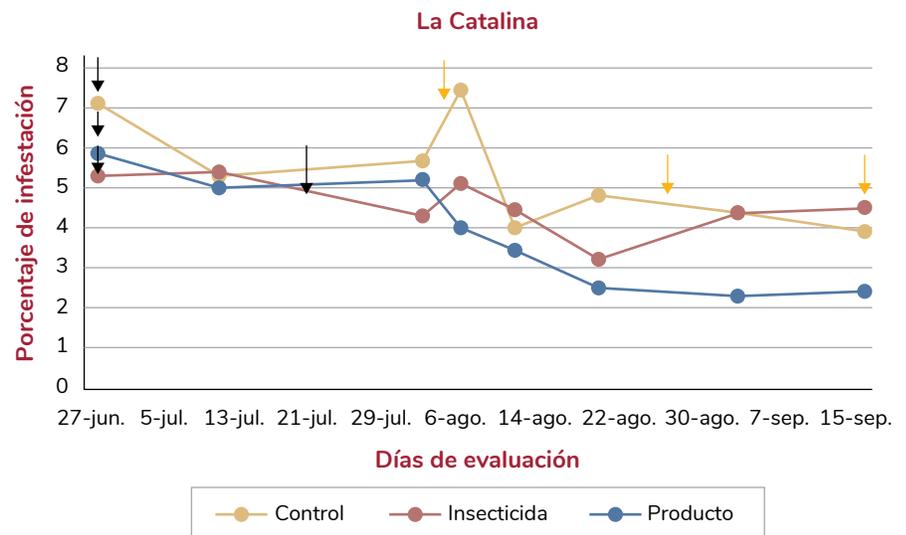


Figura 8. Porcentaje de infestación por broca en el campo en la evaluación del producto natural para el control de la broca. Estación Experimental La Catalina. Flecha negra: aplicación de tratamientos; flecha amarilla: recolección de café.

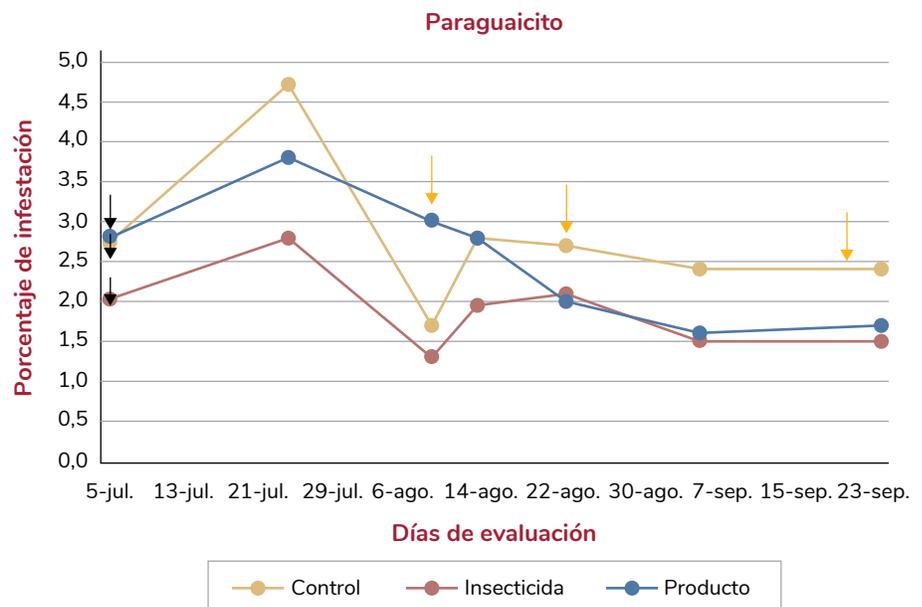


Figura 9. Porcentaje de infestación por broca en el campo en la evaluación del producto natural para el control de la broca. Estación Experimental Paraguaicito. Flecha negra: aplicación de tratamientos; flecha amarilla: recolección de café.

ENT102002. Evaluación de volátiles y plantas atrayentes y repelentes para el manejo de la broca del café bajo un esquema de manejo agroecológico. En la búsqueda de alternativas para el manejo de la broca de café se determinó la repelencia de la broca a frutos de café acompañados por β -cariofileno, en pruebas de olfatometría y condiciones semicontroladas de campo. Este año se probaron dos nuevos dispositivos que contenían β -cariofileno en una concentración de 1,5 g en formulación líquida (PTC magipal-50) que emite 450 ppm y formulación sólida (PCT predipal-50) que emite 900 ppm (Figura 10). Al cabo de 20 días, los árboles que contenían los dos tipos de dispositivos mostraron una reducción entre 32,0% y 42,0% en el porcentaje de frutos atacados por la broca (Figura 11). Se observó mayor volatilización del compuesto en los dispositivos líquidos al compararse con los sólidos, en donde la liberación del repelente fue más lenta, asegurando mayor permanencia del volátil en el campo a través del tiempo.



Figura 10. Dispositivos con β -cariofileno repelentes de la broca del café. a. Formulación líquida PTC magipal-50; b. Formulación sólida PCT predipal-50.

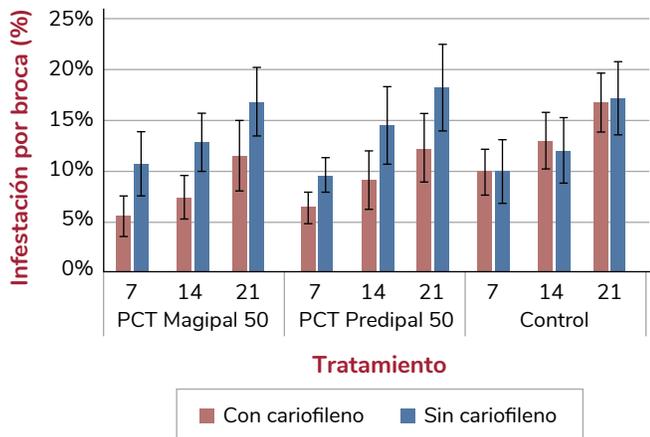


Figura 11. Bioensayo de repelencia usando dispositivos con β -cariofileno en condiciones confinadas de campo.

ENT107005. Evaluación de equipos y tecnologías de aspersión en el control de plagas en el cultivo del café. El objetivo de esta investigación es tener tecnologías de aspersión que permitan una calidad física de aspersión igual o superior a los equipos tradicionales, con menores consumos de agua, insecticida y mano de obra. Se estudiaron tres tecnologías de aspersión:

1. Dron para aspersión de pesticidas (Figura 12): se evaluó la aplicación de tres dosis de insecticida sobre la broca del café. La mayor mortalidad promedio fue de 43,0%, obtenida con la dosis más alta (4,0 L ha⁻¹), significativamente inferior a la producida con un equipo de espalda (equipo convencional); sin embargo, el control osciló entre 52,8% hasta 78,8% en brocas con posición de penetración A y B (Tabla 19). Se requiere evaluar otros insecticidas que permitan una mayor residualidad biológica sin superar la cantidad máxima de ingrediente activo por hectárea permitido por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. Una hectárea se aplica aproximadamente en 50 minutos frente a más de dos jornales con equipos de espalda.
2. Aspersora eléctrica Royal Cóndor® La Pila: experimentos demostraron que en lotes planos la eficacia de una aspersión sobre broca con este equipo es superior al 90,0%, similar a la obtenida con la aspersora de palanca; con una reducción del consumo de mezcla e insecticida entre 21,0% y 57,0% frente al equipo de palanca. En topografía pendiente, al comparar la mortalidad obtenida con el equipo de palanca frente al equipo eléctrico, ambos usando boquilla TX3, se encontró diferencia estadística en favor del eléctrico; si este último utiliza boquilla TX2



Figura 12. Dron usado para la aspersión de pesticidas en el cultivo del café.

la eficacia es igual al de palanca, con un ahorro de mezcla e insecticida hasta del 15,0%.

- Equipo semiestacionario: para seis presiones y boquillas diferentes se determinó el volumen aplicado de mezcla y tiempo efectivo de aplicación en dos lotes con edad y densidad distinta. Para la relación volumen de aspersión y tiempo de aplicación se encontró que, el mayor ahorro se obtiene con la boquilla D-35, trabajando a presiones de 100 a 150 psi.

ENT104001. Producción de plántulas *in vitro* provenientes de materiales obtenidos con los cruzamientos *C. arabica* var Castillo® x *C. arabica* etíopes.

Se seleccionaron 14 genotipos provenientes de cruzamientos de tres líneas de *C. arabica* Var. Castillo® x diez introducciones etíopes de *C. arabica*, los resultados de evaluación de regeneración *in vitro* y sus características agronómicas sobresalientes, permitieron seleccionar cuatro líneas híbridas: CU1842xE286, CX2385xE286, CX2385xE554 y CX2848xE554. En la Estación Naranjal, plantas que habían sido zoqueadas, correspondientes a las líneas maternas CU1842, CX2385 y CX2848, los parentales etíopes E286 y E554 y los híbridos CU1842xE286, CX2385xE286, CX2385xE554 y CX2848xE554, fueron seleccionados para evaluar su susceptibilidad a la broca. En el mes de julio, en diez árboles de cada uno de estos genotipos y una rama con 50 frutos de 120 días, fue infestada con brocas usando mangas entomológicas. Luego de 60 días los frutos infestados se disecaron y se cuantificó la población de brocas en cada genotipo.

Los parentales paternos mostraron significativamente una menor población de broca con respecto a los maternos. Los híbridos CU1842xE286 y CX2385xE286 mostraron menores poblaciones de broca con respecto a

las madres, y el material CU1842xE286 además fue similar al padre, con una menor población de insectos (Figuras 13 y 14). Ambas líneas, CU1842xE286 y CX2385xE286 muestran entre un 30,0% a 50,0% menos población de broca con respecto a las madres, corroborando los resultados obtenidos en años anteriores. Se cuenta con al menos dos líneas híbridas con alta producción acumulada, excelente calidad, resistencia a roya y con menor susceptibilidad a la broca del café. Adicionalmente, en la Estación Experimental La Catalina, en Risaralda, plantas provenientes de cultivo *in vitro* de estos híbridos, junto con la línea materna CX2848 y plantas obtenidas por semilla de Var. Cenicafé 1 y Var. Castillo® Naranjal fueron trasplantadas al campo en abril de 2018. La siembra de las plantas se hizo siguiendo un diseño de bloques al azar con siete bloques. En cada bloque están distribuidos los siete genotipos a evaluar en forma aleatoria. Luego de 9 y 16 meses del trasplante se evaluaron en cada una de las plantas las variables: altura, diámetro y número de cruces. Los híbridos CU1842xE286 y CX2385xE286 mostraron un mayor desarrollo y características agronómicas sobresalientes con respecto a los demás genotipos tanto en Naranjal como en La Catalina (Figura 15). Los híbridos CU1842xE286 y CX2385xE286, así como CX2385xE554 y el resto de las 14 líneas, continuaron siendo propagados por cultivo *in vitro* y en el mes de agosto se pasaron al invernadero 120 plantas de cada genotipo (Figura 16); después de seis meses se iniciarán las pruebas regionales con estos materiales.

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

Con el fin de generar variedades resistentes a la broca del café, las líneas CX2178 y CU1997 de variedad Castillo® fueron

Tabla 19. Mortalidad de la broca por el insecticida aplicado con dron, según la posición de penetración en el fruto y ubicación de la rama. Estación Experimental Naranjal, 2019.

Posición de la Rama	Posición de penetración en el fruto	Tratamientos									
		Dron 2 (L ha ¹)		Dron 4 (L ha ¹)		Dron 6 (cm ³ ha ¹)		Convencional		Testigo absoluto	
		Prom.	L.C. ²	Prom.	L.C.	Prom.	L.C.	Prom.	L.C.	Prom.	L.C.
Rama Inferior	AB	35,1	13,4	65,8	13,0	22,0	10,9	98,3	1,1	21,6	15,2
Rama Superior	AB	22,2	11,2	58,1	13,0	25,4	12,7	97,3	2,0	38,1	26,0

¹Hectárea de 6.666 plantas.

²L.C.: límites de confianza al 95%.

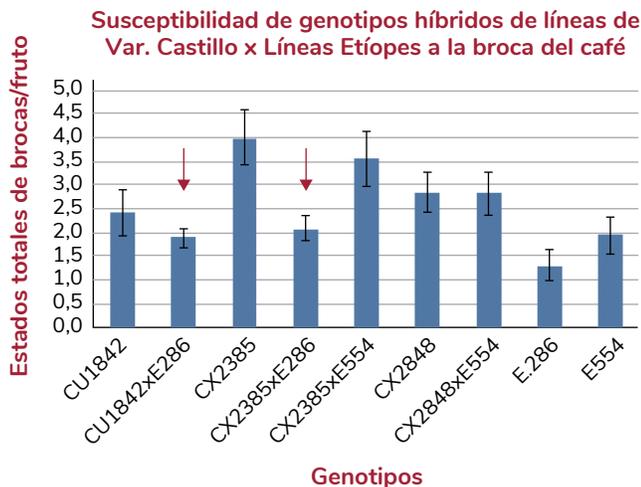


Figura 13. Pruebas en el campo. Promedio de poblaciones de broca en los genotipos híbridos y parentales luego de 60 días de infestación en el campo. Las flechas indican los genotipos híbridos con las menores poblaciones de brocas. Las barras corresponden al EE (error estándar).

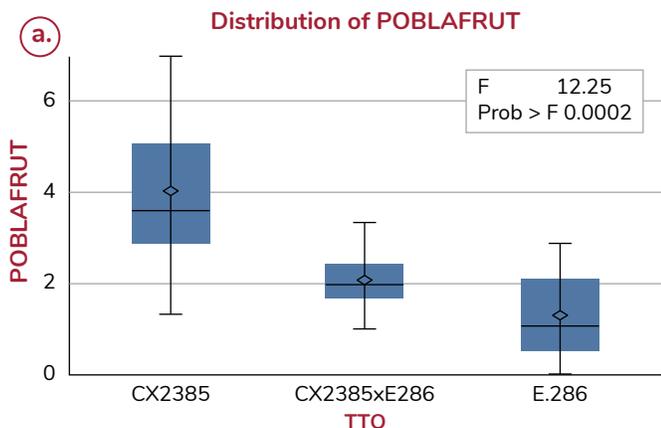


Figura 14. a. Pruebas en el campo. Promedio de poblaciones de broca, línea CX2385xE286 y los parentales luego de 60 días de infestación en el campo; **b.** Resultados de la prueba Duncan. Medias cubiertas por la misma barra no son significativamente diferentes.

TTO	Estimate
CX2385	3.9983
CX2385xE286	2.0861
E.286	1.3038

modificadas con genes aislados de *Coffea liberica*, que codifican las proteínas Patatina (enzima lipolítica acyl hidrolasa), Kunitz y Heveina; las expresiones constitutivas de estos genes en las plantas podrían conferir resistencia a la broca del café y/o al minador



Figura 15. Estación Experimental La Catalina (Risaralda). Estado de los materiales en Parcela II. Edad 1 año. Líneas (CU1842xE286 (ID2) y CX2385xE286 (ID 6). Estos corresponden a los materiales con mayor desarrollo.



Figura 16. Trasplante de plantas de cultivo *in vitro* a invernadero, agosto 2019. Genotipos CU1842xE286, CX2385xE286, CX2385xE554.

de la hoja de café. Se cuenta con seis plantas madres CX2178 posiblemente transformadas con el gen de Patatina y por microestacas se regeneraron 30 plantas. Con el gen de Kunitz-Miraculina: genotipo CX2178, se tienen nueve madres y 13 plantas propagadas por microestacas y del gen de Heveina se tienen 32 madres y 39 plantas controles de regeneración de todos los materiales. Este año se continuó el mantenimiento de estos. Tanto para el gen Patatina como para el de Kunitz existen regiones genómicas conteniendo genes parálogos, cinco y siete, respectivamente. Debido a esto, la amplificación de los genes introducidos ha sido difícil. Durante el 2019, se realizaron extracciones de DNA a partir de hojas de 20 plantas transformadas con el gen de Patatina, 13 con el inhibidor de tripsina y 23 con Heveina, con cinco plantas control por cada grupo. Se probaron diferentes juegos de *primers* y se identificaron los pares de *primers* que amplifican

mejor los genes de Heveina y Kunitz; estos se usarán para buscar los genes en las plantas. En el caso del gen de Patatina, usando los primers PAT1F y PAT1R, se logró la amplificación de la banda deseada de 600 bp en dos plantas regeneradas. Se continuó el mantenimiento de tres líneas élites transformadas con los genes de quitinasas: endoquitinasa y exoquitinasa. Estas líneas son diferentes a las obtenidas del genotipo BI625, antes generadas. Se cuenta con plántulas de café *in vitro*, transformadas con el gen endoquitinasa: con diez plantas en total de la línea CU1812, CX2720 y CX2178, y con el gen exoquitinasa 30 plántulas de la línea CX 2178. De cada línea control se tienen plantas de regeneración positivos, 35 en total. Además, se cuenta con 13 plantas transformadas con la proteína GFP (proteína verde fluorescente) de la línea CU1997.

ENT105010. Selección y caracterización genética de líneas de broca con resistencia al insecticida clorpirifos. Con el fin de seleccionar líneas de broca con resistencia al insecticida clorpirifos, se utilizaron brocas de cuatro crías de laboratorio codificadas como VE, AG, MO y PB, para la aplicación cada tres meses de las concentraciones letales y selección de sobrevivientes a CL50¹, CL60, CL70 y CL80, respectivamente. El proceso de selección indica que deben existir bajas frecuencias de resistencia dado la reducida tasa de sobrevivientes en cada paso de selección. A la fecha, solo individuos de la población VE fueron capaces de continuar después de la aplicación de la concentración CL60; esta se encuentra en CL80. Se evaluó una nueva metodología para la estimación de dosis letales y selección de brocas resistentes a clorpirifos. La nueva metodología implica la exposición al insecticida durante seis horas en superficie tratada (papel filtro en cajas de Petri) y posterior lectura de mortalidad, 24 horas después de mantenidas en papel filtro limpio. Se continuará con la aplicación de la concentración CL90 en los siguientes meses, utilizando la nueva metodología. Adicionalmente, se aplicó la nueva metodología para seleccionar brocas resistentes en insectos de Biocafé provenientes de campo (~5.000 brocas) con CL90, lo que resultó en un individuo sobreviviente que dejó descendencia en café pergamino después de una semana. Los descendientes se utilizarán para la aplicación de CL99 en los meses venideros. Se continuarán realizando evaluaciones de laboratorio en poblaciones de broca de campo con el fin de establecer las bases genéticas de la resistencia a este tipo de insecticidas en Colombia.

¹CL: concentración letal.

ENT101011. Evaluación del comportamiento biológico de la broca del café en materiales del género *Coffea* en condiciones térmicas diferentes. Con el objetivo de determinar el desarrollo y la reproducción de broca del café en diferentes genotipos del género *Coffea* en diferentes temperaturas, se realizó el montaje con frutos de cuatro accesiones de café: Caturra, *C. liberica*, E554 y MEG 131, en cinco temperaturas entre 18 y 33°C. Las sobrevivencias de la broca en los genotipos en las diferentes temperaturas fueron similares entre los 18 y 25°C (Figura 17), declinando a partir de los 30°C; a 33°C no fue posible obtener individuos dado que todos murieron en la fase Larva-I.

Se obtuvo la duración del ciclo y sobrevivencia de la broca en los mismos genotipos y temperaturas. De igual manera, en la temperatura de 33°C no fue posible obtener desarrollo debido a la mortalidad de las larvas. Las tasas de desarrollo (día⁻¹) para las temperaturas evaluadas en cada uno de los genotipos para el período huevo-adulto (Figura 18) presentaron diferencias estadísticas en las temperaturas de 25 y 30°C, en cuanto a la duración total del ciclo (huevo-adulto).

Con el fin de conocer el número de estados que una broca produce en cada accesión y en cada temperatura, se realizó un seguimiento a las hembras de broca sobre los granos húmedos. El último día de evaluación en cada temperatura, se contabilizó el total de estados (Tabla 20). Se obtuvo mayor cantidad de estados sobre Caturra en todas las temperaturas, mientras que *C. liberica* presentó el menor número de descendientes.

ENT103012. Cría de depredadores para el control de la broca del café. La broca del café se refugia dentro de los frutos de café que se quedan

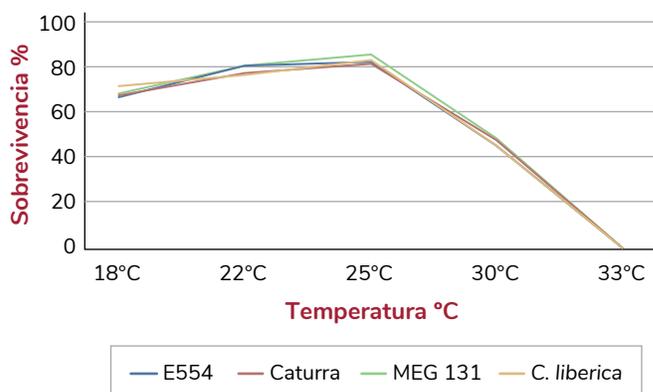


Figura 17. Sobrevivencia total (huevo-adulto) de *Hypothenemus hampei* en diferentes temperaturas sobre la dieta artificial Cenibroca modificada, con diferentes materiales de café. HR 65±10%, Escotofase 24 horas.

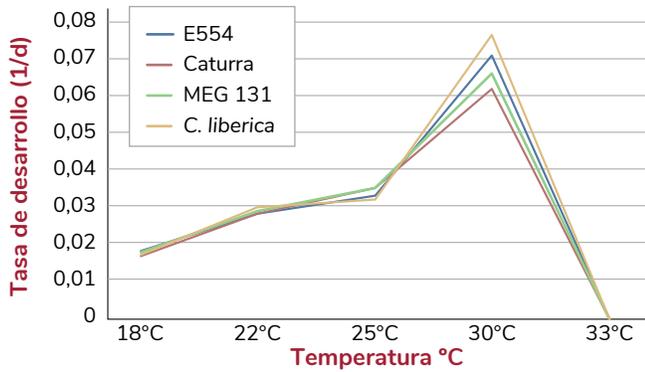


Figura 18. Tasa de desarrollo (día⁻¹) y temperaturas (°C) de *Hypothenemus hampei* de huevo-adulto, en dieta artificial Cenibroca modificada, con diferentes materiales de café. HR 65±10%, Escotofase 24 horas.

en el árbol y en el suelo después de las cosechas permaneciendo en el interior de las almendras. Una alternativa de manejo es el control biológico, mediante el uso de depredadores capaces de disminuir las poblaciones de broca al interior de los frutos en el campo. Las evaluaciones de la capacidad depredadora de *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena* sobre la broca del café han mostrado entre un 50,1% a 70,1% en la disminución de los niveles de infestación de broca en el árbol cuando se liberan estos depredadores. Con el objetivo de incrementar el porcentaje de mortalidad de estos depredadores sobre la broca del café, se evaluaron estas dos especies de depredadores impregnados con esporas del hongo *Beauveria bassiana*, con el fin de generar epizootias del hongo sobre las brocas al interior de las almendras infestadas. Para esto se hicieron pruebas de patogenicidad inoculando los depredadores con una solución del hongo *B. bassiana* a dos concentraciones: 1x10⁴ y 1x10⁷ conidias/mL. La unidad experimental estuvo conformada por un vial de vidrio conteniendo un grano de café pergamino brocado y cinco depredadores. Por cada tratamiento se tuvieron diez repeticiones y un testigo, con igual

Tabla 20. Promedio de estados de broca en diferentes genotipos de café, en cuatro temperaturas constantes. HR 65±10% y 24 h escotofase.

Temperatura (°C)	Promedio de estados CBB (x̄±EE)			
	Caturra (testigo)	C. liberica	E554	MEG-131
18	23,1±0,9 a	17,2±2,3 b	24,6±2,5 a	24,4±3,5 a
22	26,3±3,5 a	14,9±1,8 b	15,7±2,7 b	18,7±2,4 ab
25	26,7±1,1 a	21,1±1,3 b	19,0±1,6 b	19,7±1,2 b
30	22,9±0,6 a	12,0±1,5 b	14,9±1,3 b	20,3±0,9 a

Letras no comunes implican diferencia estadística entre promedios según prueba de Duncan al 5%.

número de granos de café brocados. El hongo no mostró ningún efecto patogénico sobre adultos de *A. advena* y *C. quadricollis* diez días después de inoculados los insectos en comparación con el testigo. La prueba de Dunnet al 5% mostró que los adultos de *A. advena* y *C. quadricollis* tratados con las soluciones de 1x10⁴ y 1x10⁷ conidias/mL disminuyeron el número de estados de broca vivos en un 43,3% y 39,9% con respecto al testigo y en un 70,3% con los depredadores no inoculados (Figura 19). No se obtuvo esporulación del hongo sobre las brocas muertas. La mortalidad de las brocas se podría atribuir a la acción de los depredadores y no al hongo.

Cochinillas de las raíces

ENT 107009. Efecto del zoqueo en el crecimiento de raíces y poblaciones de cochinillas en café. Las cochinillas de las raíces (Hemiptera: Coccomorpha: Coccoidea) son plagas importantes del café en varias partes del mundo. A pesar de la importancia de estos insectos se conoce muy poco sobre su biología, ecología y acerca de la susceptibilidad de las plantas de café en diferentes etapas de desarrollo a estas plagas. Este estudio determinó el efecto de la zoca de árboles de café en la biomasa de raíces, el número y la distribución espacial in planta de cochinillas asociadas a las raíces, y asociaciones de cochinillas con arvenses en el plato de los árboles de café. Se realizaron muestreos destructivos de raíces en árboles de café zoqueados y no zoqueados, cada tres meses durante el primer año. Las cochinillas alimentándose de raíces de arvenses fueron muestreadas cada dos semanas, durante diez semanas. En cada muestreo se cuantificó la biomasa de raíces de café, se identificó el género de cochinillas, su cantidad y su distribución espacial. Se identificaron los géneros de cochinillas *Puto Signoret*, *Dysmicoccus Ferris*, *Ripersiella Tinsley*, *Rhizoecus Künckel*, y *Geococcus Green* asociados a las raíces de café. Especies de *Puto* y *Ripersiella* fueron las más

abundantes representando el 91% del total de cochinillas encontradas en árboles no zoqueados y el 75% de aquellas encontradas en árboles zoqueados. La zoca de árboles de café redujo la biomasa de raíces en un 60% y ocasionó una reducción gradual del número de cochinillas durante los primeros nueve meses. Las cochinillas asociadas a varias especies de arvenses presentes en los platos de los árboles de café incrementaron su número durante las primeras seis semanas después de la eliminación de los

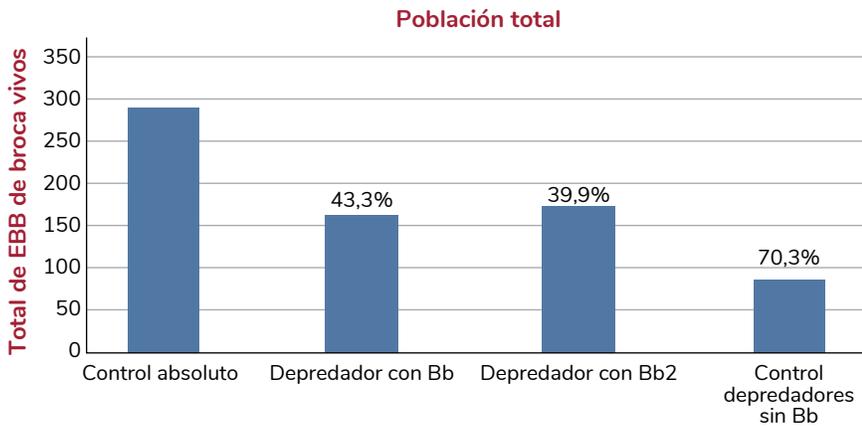


Figura 19. Efecto de la capacidad depredadora de *Ahasverus advena* y *Cathartus quadricollis* sobre la broca del café en insectos asperjados y no asperjados con el hongo *Beauveria bassiana*. EBB: Estados biológicos de la broca.

árboles. Los resultados de este estudio sugieren que la zoca de árboles de café causa muerte de raíces, lo cual se correlaciona con una reducción en las cochinillas, quienes probablemente migran hacia las raíces de las arvenses. Este estudio proporciona información básica para el diseño de estrategias de control de cochinillas en árboles de café zoqueados.

ENT107007. Validación del manejo integrado de cochinillas de las raíces del café. Las cochinillas de las raíces del café son consideradas plagas en diferentes países productores del grano. Algunas especies matan plantas de café como es el caso de *Neochavesia caldasiae*, conocida como “amagaseña” y las cochinillas que enquistan; estas últimas se asocian con hongos basidiomicetos y forman nudosidades que generan síntomas como clorosis, defoliación y muerte de la planta. Una complicación de este ataque es que las plantas solo presentan síntomas cuando el sistema radicular ya está afectado.

Para validar la estrategia de manejo de estas especies de cochinillas, se establecieron cinco parcelas de Investigación Participativa con Agricultores (IPA), tres en el departamento de Antioquia y dos en el departamento del Quindío. Para el control de *N. caldasiae* se instalaron dos parcelas: 1. Lote menor a 12 meses de edad con presencia de la

plaga y buen manejo agronómico; 2. Parcela altamente infestada, la cual se renovó por siembra con plantas indicadoras. Para el manejo las cochinillas que enquistan *Dysmicoccus texensis*, *Pseudococcus elisae* y *Pseudococcus jackbeardsleyi* se instalaron tres parcelas: 1. Parcela altamente infestada que se renovó por siembra con plantas indicadoras; 2. Dos parcelas con ataques severos donde se realizó siembra escalonada con plantas indicadoras. Los controles para *N. caldasiae* fueron eficaces y la plaga se controló con menos de dos aplicaciones (Figuras 20 y 21); para obtener esta eficacia es necesario realizar las aplicaciones con el suelo a capacidad de campo, utilizar los productos recomendados por Cenicafé para el control de cochinillas, descargar las dosis y los volúmenes recomendados, y realizar seguimiento para detectar oportunamente la presencia de la plaga y el incremento de las poblaciones y así tomar medidas oportunas de manejo. Para las especies que enquistan se han realizado hasta tres aplicaciones y se observa persistencia de la plaga (Figuras 22a, 22b y 22c). El manejo de estas especies debe continuarse por más de dos años en el campo. Se hace necesario explorar otras prácticas

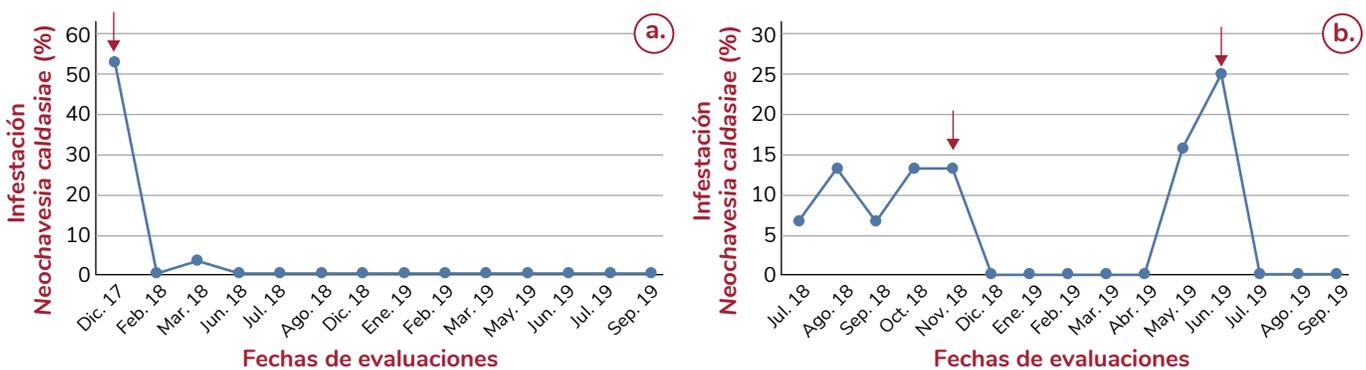


Figura 20. Porcentaje de infestación de *Neochavesia caldasiae* y número de aplicaciones en el lote, indicadas con la flecha de color rojo. **a.** Lote menor a 12 meses de edad infestado con buen manejo agronómico en Ciudad Bolívar- Antioquia; **b.** Parcela altamente infestada renovada por siembra con plantas indicadoras en Fredonia- Antioquia.



Figura 21. a. Comparativo del estado inicial de la parcela con ataques severos por *Neochavesia caldasiae* en Fredonia – Antioquia; b. Estado actual después de realizar la renovación por siembra y control.

de manejo, así como entender las interacciones de estas cochinillas con otros organismos y conocer aspectos de la biología y comportamiento de estas especies y las asociadas a ellas.

Chamusquina del café

ENT107006. Sistema de alertas tempranas oportunas para la toma de decisiones.

Regalías Huila. La chinche de la chamusquina del café *Monalonion velezangeli* (Hemiptera: Miridae) ocasiona daños en el cultivo del café en el departamento del Huila desde el año 1998. Con el fin de anticipar la vigilancia fitosanitaria y proceder de manera oportuna con el control de este insecto, se procedió a establecer una alerta temprana para el departamento. Para ello se seleccionaron dos transectos altitudinales en dos regiones: La Plata-La Argentina con ataques registrados sobre plantas de café y Pitalito sin registro de la plaga. Los transectos consistieron en la selección de cuatro lotes de café entre los 1.200 y 2.000

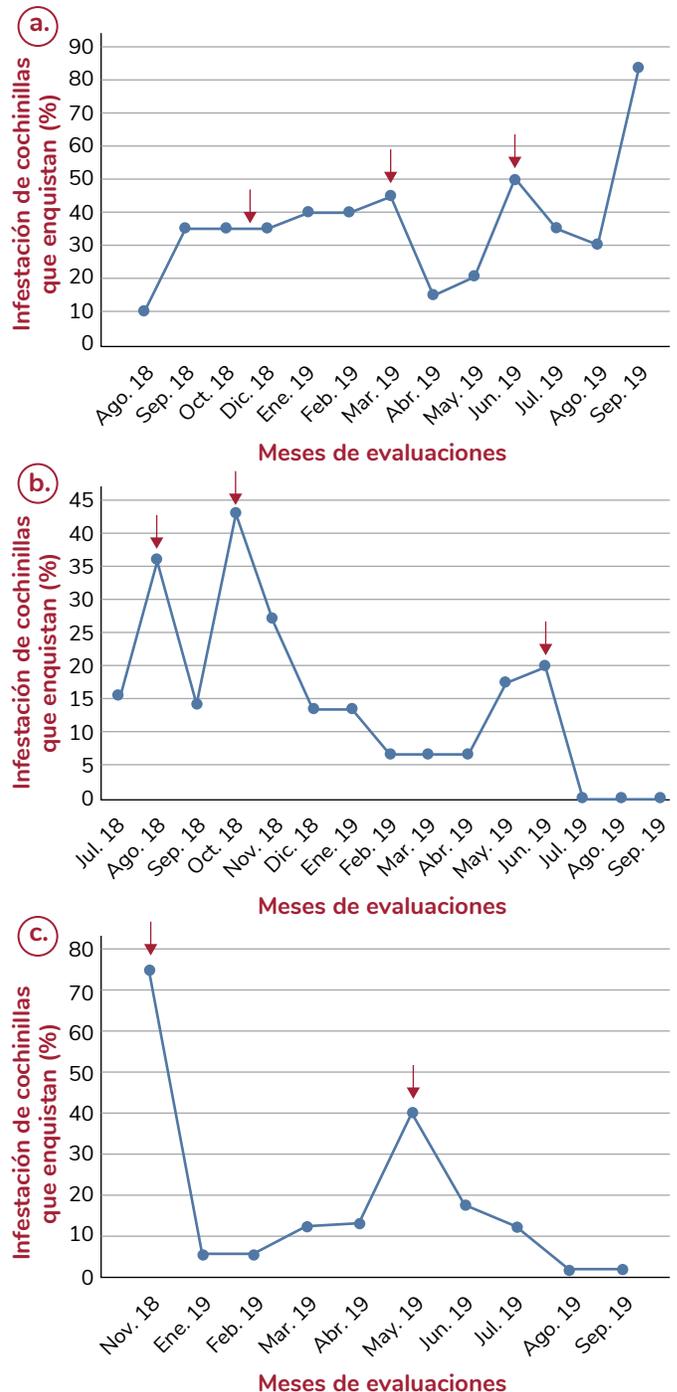


Figura 22. Porcentaje de infestación de las cochinillas que enquistan y número de aplicaciones en el lote, indicadas con la flecha de color rojo. a. Parcela altamente infestada, renovada por siembra con plantas indicadoras en Montenegro- Quindío; b. Siembra escalonada con plantas indicadoras en Fredonia-Antioquia; c. Siembra escalonada con plantas indicadoras en Quimbaya-Quindío.

metros de altitud, la instalación de estaciones micro-climáticas en cada lote para el seguimiento diario del clima y el seguimiento mensual de daños ocasionados por la plaga entre los años 2016 y 2019, mediante un muestreo sistemático 1/k.

Los resultados permitieron establecer que este insecto es favorecido por condiciones climáticas específicas de las altitudes superiores a los 1.550 m de altitud, del transecto La Plata-La Argentina. Se encontró una asociación entre los daños ocasionados por *Monalonion* en café con la temperatura y la humedad relativa media en las noches. Se estableció una hipótesis en donde los parámetros que favorecen los ataques en el campo presentan el siguiente orden: 1. Aumento en la temperatura media del día, 2. Descenso inmediato en 10% de la humedad relativa en la noche y 3. Aumento progresivo de la humedad relativa en 20% en los siguientes 30 días. Adicionalmente, mediante el análisis de las variables climáticas mencionadas se trazaron las rutas probables de dispersión del insecto en el departamento. Esta ruta se logró corroborar mediante un diagnóstico departamental a través de un muestreo bietápico en 399 lotes seleccionados aleatoriamente (Figura 23). Se estima que el departamento tiene alrededor de 8.000 hectáreas afectadas por esta plaga.

Actualmente se está realizando un seguimiento poblacional de la plaga y del clima en cafetales en cuatro de los municipios afectados por el insecto: La Plata, La Argentina, Paicol y Tarqui, con el objetivo de corroborar la alerta planteada.

ENT103010. Cría de depredadores para el control de la chinche de la chamusquina del café. *Zelus vespiformis* Hart (Hemiptera: Reduviidae) es un depredador nativo que se ha registrado alimentándose de la chinche de la chamusquina del café, *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa (Hemiptera: Miridae), plaga que afecta cafetales de algunos departamentos de Colombia. Con el objetivo de estudiar la posibilidad de incorporar a *Z. vespiformis* dentro de un programa de control biológico de *M. velezangeli*, se evaluó su ciclo de vida y parámetros de fertilidad. Para ello, se inició con la cría bajo condiciones de laboratorio en Cenicafé ($T=25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $HR=80\pm 10\%$), a partir de individuos procedentes de cafetales del Huila. Para obtener duración y sobrevivencia de estados inmaduros

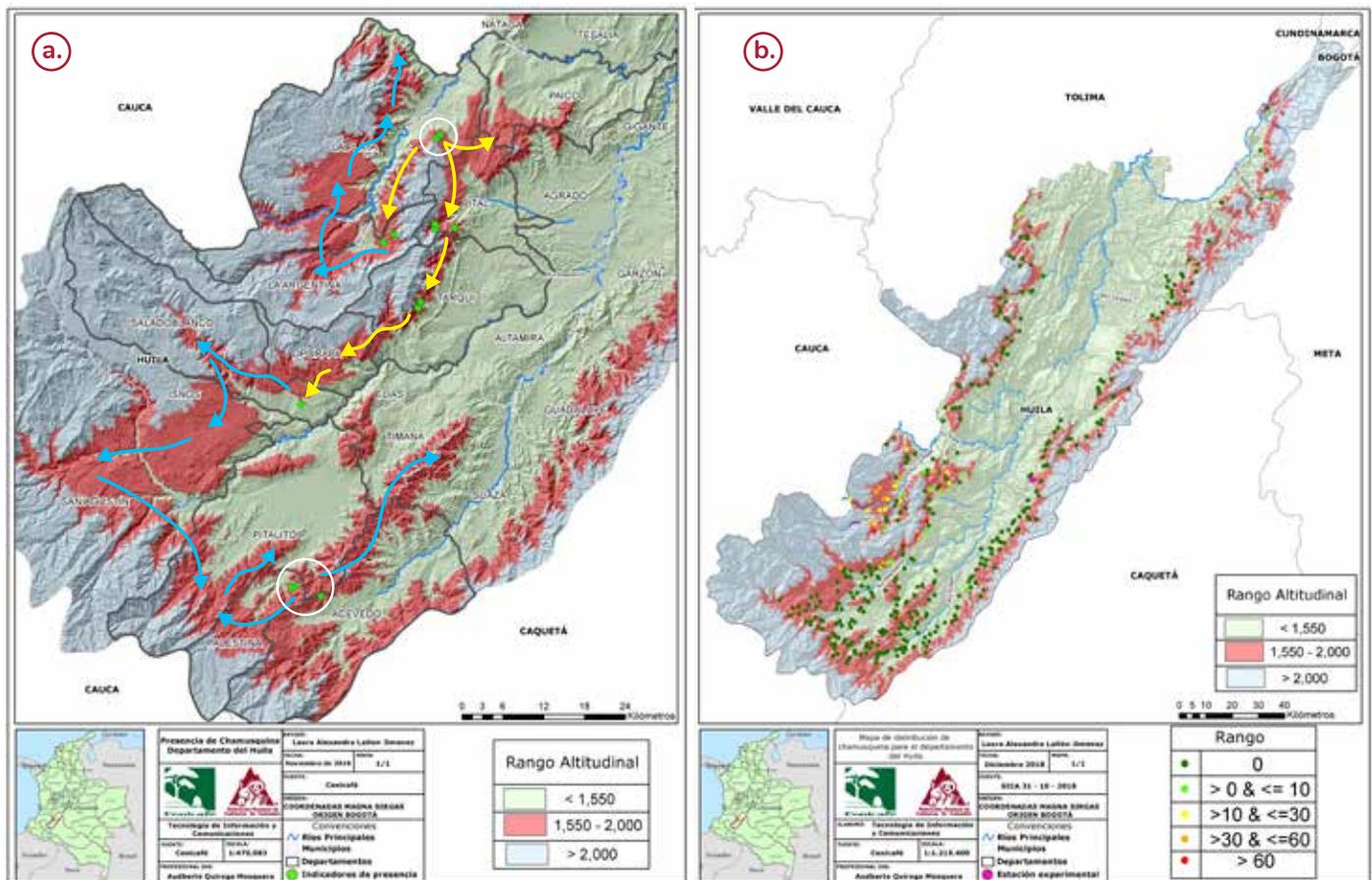


Figura 23. a. Ruta probable de dispersión de la chinche de la chamusquina del café en el departamento del Huila (puntos verdes en el mapa indican reportes de presencia confirmados, flechas amarillas indican la ruta probable de la plaga, flechas azules indican posible dispersión a futuro de la plaga); b. Diagnóstico departamental de la chamusquina del café (puntos de colores indican el porcentaje de brotes afectados por la plaga en el lote muestreado).

fueron usados 716 huevos; con los adultos obtenidos se establecieron 23 parejas para la construcción de la tabla de vida. La duración promedio del ciclo de *Z. vespiformis* de huevo a adulto fue de $112,65 \pm 0,76$ días; el período de incubación del huevo fue de $23,22 \pm 0,21$ días; la ninfa pasó por cinco instares, con una sobrevivencia del 11,75% hasta adulto. La longevidad del adulto fue de $25,86 \pm 2,94$ y $30,39 \pm 2,26$ días para hembras y machos, respectivamente. La media de huevos por hembra fue de $105,55 \pm 10,75$. Se obtuvieron los parámetros de la tabla de vida de fertilidad: tasa reproductiva neta $R_0 = 5,19$ (2,54–10,28); tiempo medio generacional $T = 106$ (101,7–114,0) días, tasa intrínseca de crecimiento $r_m = 0,015$ (0,009–0,022) y tasa finita de crecimiento $\lambda = 1,015$ (1,009–1,023). Esta información es la base para iniciar estudios que determinen el potencial de este insecto para ser incluido dentro de un programa de control biológico por conservación.

ENT101006. Determinación de diferencias genéticas en poblaciones de *Monalonion velezangeli*. La chinche de la chamusquina, *Monalonion velezangeli*, se encuentra distribuida en varias zonas productoras de café en Colombia; sin embargo, se ha reportado como plaga de importancia económica en café solo en algunas de estas zonas. *M. Velezangeli* utiliza varias plantas hospedantes entre las que se encuentran aguacate, guayaba, cacao, te y café, entre otras. En la actualidad se desconoce si se trata de una población polífaga, con capacidad de alimentarse y desarrollarse en diferentes plantas, o si esta especie está conformada por diferentes genotipos asociados a diferentes especies botánicas. El objetivo de este estudio es identificar diferencias genéticas

en poblaciones de *M. velezangeli* asociadas con diferentes plantas hospedantes en diferentes regiones cafeteras. Se recolectaron 211 muestras de *Monalonion* de cinco departamentos cafeteros. Se realizaron las extracciones de ADN y se amplificaron cinco fragmentos de genes mitocondriales, nucleares y un gen espaciador interno transcrito para identificar la presencia de polimorfismos en las diferentes poblaciones. Análisis preliminares de las secuencias del gen COI mediante el algoritmo de Neighbour Joining con 1.000 bootstraps indican la presencia de dos poblaciones dentro de individuos clasificados como *M. velezangeli*. Una de las poblaciones corresponde a muestras recolectadas en Jardín, Jericó y Fredonia, en el departamento de Antioquia, mientras que la otra población corresponde a muestras recolectadas en el Valle del Cauca, en el municipio de Rionegro Antioquia, y en los departamentos de Nariño y Huila. Además, se identificaron individuos de una posible especie nueva de *Monalonion* en muestras de copé recolectadas en los municipios de Villamaría (Caldas) y Saladoblanco (Huila). Análisis preliminares con microscopía electrónica de aparatos reproductivos separan las muestras de copé (*Clusea* sp) de *M. velezangeli* y *M. disimulatum*. Se continuará con el análisis de las secuencias restantes y con análisis de microscopía para confirmar esta información.

Otras plagas del café

ENT103001. Actividad de mantenimiento y caracterización del cepario de hongos de Cenicafé. El cepario cuenta actualmente con 326 cepas. Todos los aislamientos están preservados en tres métodos de almacenamiento: nitrógeno líquido, glicerol-20°C y almacenamiento en PDA con aceite mineral. Se continuó con las actividades de evaluación de preservación en nueve cepas de las 42 de *Beauveria bassiana*, almacenadas desde 2014 a 2015, con 60 a 70 meses de preservación, con un promedio de germinación de esporas de 80%. Se evaluaron 17 cepas de *Metarhizium* sp. que tenían entre 60 y 90 meses de preservación, la germinación se vio disminuida con el tiempo y estuvo alrededor del 40%. En el caso de *Trichoderma* sp. se evaluaron siete cepas y luego de 80 meses las germinaciones fueron del 90%, este hongo presenta alta resistencia al almacenamiento. De igual forma, 13 cepas de *Paecilomyces* sp. mostraron que luego de 70 a 80 meses siguen teniendo alta germinación (80%). Finalmente, se evaluaron 26 cepas de *Colletotrichum* sp. y luego de 50 meses su germinación fue de 40%. En general, en todo el cepario se cuenta con cepas preservadas desde 2014 hasta 2019.

Habitantes naturales del café

ENT106002. Evaluación de la diversidad y abundancia de los insectos visitantes florales en el cultivo del café, con énfasis en abejas, y su efecto en la producción y calidad del café. Con el propósito de conocer la riqueza y abundancia de los insectos visitantes florales en el cultivo del café y su efecto en la producción y calidad, se están realizando evaluaciones en seis Estaciones Experimentales de Cenicafé, ubicadas en el Norte, Centro y Sur del país; en cada uno de estos sitios durante las floraciones de mitaca y la cosecha principal se evalúa el número de especies de insectos que visitan las flores del café y el número de individuos por especie. En las estaciones de la región Centro, adicionalmente se evalúa el efecto de estas visitas en la producción y calidad del café y el papel de las arvenses en la diversidad de estos visitantes.

Las flores del café han sido visitadas por 3.236 individuos de insectos, agrupados en 181 especies de los órdenes Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Orthoptera. El orden Hymenoptera abarca la mayor abundancia y riqueza con 2.784 individuos y 81 especies; dentro de este orden las abejas son los más abundantes con 1.986 individuos y presentan la mayor riqueza con 42 especies, distribuidas en tres familias Apidae, Colletidae y Halictidae. De estas especies, 41 corresponden a abejas nativas y una introducida, *Apis mellifera*. Algunas especies cuando visitan las flores del café para obtener néctar o polen, entran en contacto con las estructuras reproductivas (Figura 24) y de esta manera se impregnan de polen que llevan a otras flores; las mayores cantidades de visitas se presentaron entre las 10:30 am y la 1:00 pm (Figura 25). Con esta información pueden determinarse los momentos oportunos para realizar intervenciones fitosanitarias que no afecten la fauna benéfica. La abundancia y riqueza de

los visitantes ha sido similar entre sistemas con manejo integrado de arvenses y manejo excesivo de arvenses; sin embargo, en los lotes del primer sistema predominan los insectos de los órdenes Diptera, Hymenoptera y Lepidoptera mientras que en los lotes con manejo excesivo de arvenses predominan los insectos del orden Coleoptera. En las arvenses *Bidens pilosa*, *Hyptis atrorubens* y *Commelina* spp. se registró la mayor abundancia y riqueza de visitantes florales. El cultivo del café contribuye a la biodiversidad y conservación de numerosas especies de insectos, dentro de ellas están las abejas nativas, importantes en la producción de los sistemas agrícolas.

ENT101012. Actividad de colección e identificación de plagas potenciales y benéficos de la caficultura colombiana. El cultivo de café en Colombia presenta un complejo de especies de chisas que causan daños a la raíz y follaje, sirviendo estas heridas como puerta de entrada de patógenos que pueden afectar las plantas. Con el objetivo de identificar estas especies, se instalaron trampas de luz negra en las



Figura 24. Abejas visitando la flor del café. **a.** Abeja nativa del género *Partamona* en contacto con las anteras y parte del estigma de la flor; **b.** *Apis mellifera* dentro de la flor.

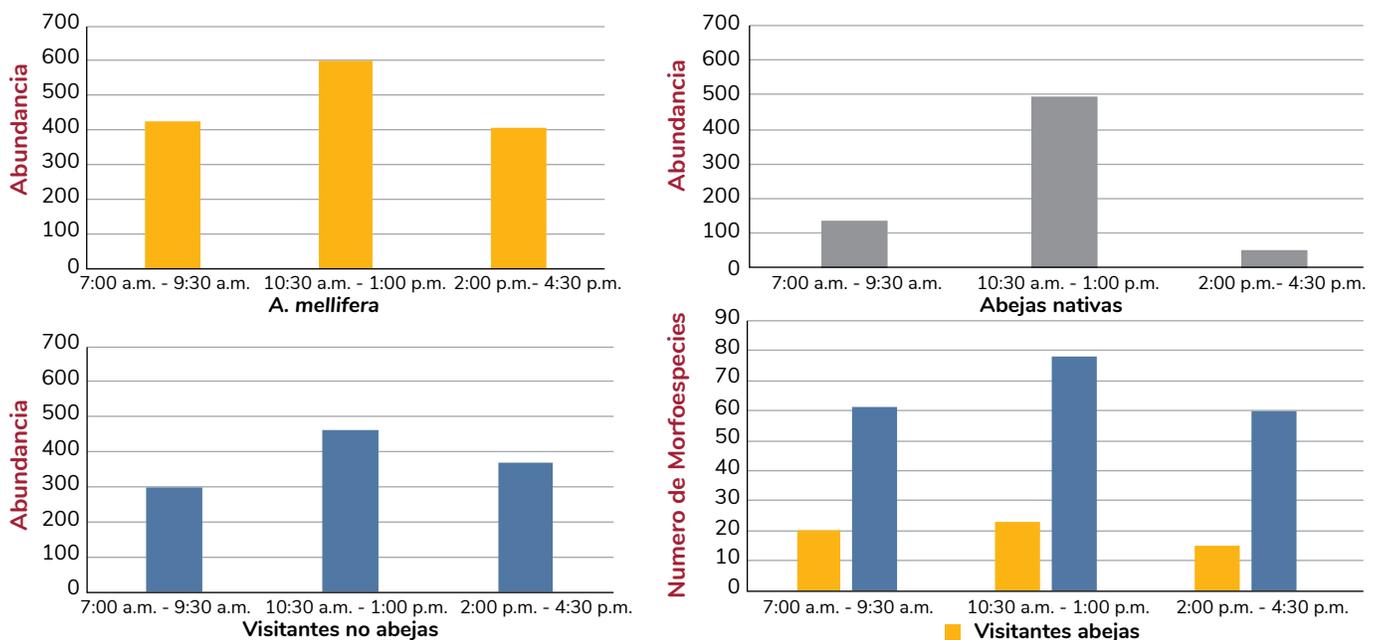


Figura 25. Distribución temporal de la abundancia y riqueza de los visitantes florales en café.

cuatro Estaciones Experimentales de Naranjal, El Rosario, El Tambo y San Antonio, ubicadas en Caldas, Antioquia, Cauca y Santander (abarcando las tres cordilleras). Los muestreos se realizaron una vez por semana. En las mismas localidades se recolectaron larvas por medio de un muestreo aleatorio en 30 sitios, cubriendo la totalidad de una parcela con plantas de café en levante, en hoyos de 30 cm de profundidad. Para caracterizar el daño en la raíz se realizaron bioensayos ubicando una larva en plantas de café en almácigo y para el follaje un adulto en un recipiente plástico con una hoja de café. El estudio de caracterización e inventario reunió 2.804 ejemplares y 40 especies, con mayor diversidad (29) y abundancia (996) en la Estación El Rosario (Antioquia), seguido de Naranjal (Caldas) con 28 especies y una abundancia de 1.366 individuos. Las localidades de San Antonio (Santander) y El Tambo (Cauca) mostraron menos diversidad, con un total de 14 y 10 especies, respectivamente. El umbral de daño en raíces de café se determinó en tres larvas por planta para las especies *Phyllophaga sericata*, *P. obsoleta* y *P. menetriesi* (Figura 26). En follaje de café el mayor daño lo realizan *Anomala cincta*, *Astaena valida*, *Plectris pavida* y *Symmela* sp. (Figura 27). La composición, riqueza y abundancia de las especies de chisas del cultivo del café es diferente en cada localidad. Se presentan las curvas de vuelo y abundancia de cada especie y la caracterización del daño con las especies evaluadas. El monitoreo poblacional es importante para identificar las especies y las épocas de vuelo para cada región y determinar aquellas que causan daños al cultivo de café. Se reporta una nueva plaga del café en el departamento de Nariño, el picudo quebrador de ramas y tallos *Hammatostylus* s.p (Coleoptera: Curculionidae) en el municipio de Tablón de Gómez, Nariño. Nuevo registro en café. a. Adulto. b. Ramas y tallos barrenados. c. Daño en tallo de café.

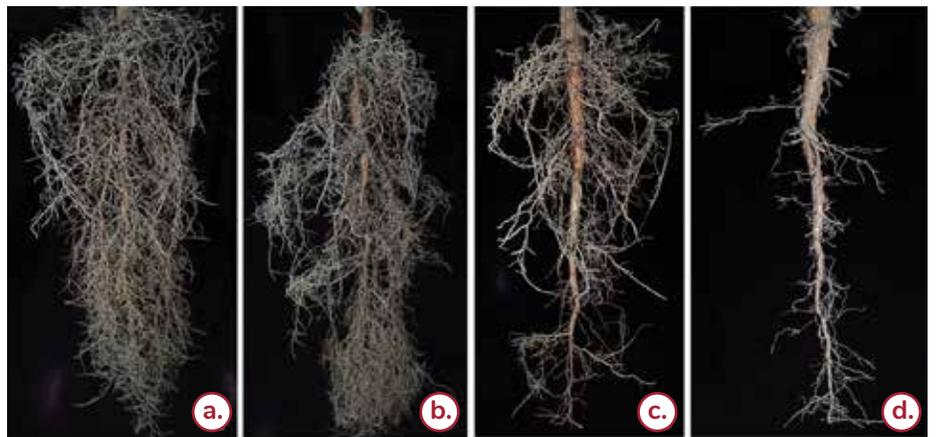


Figura 26. Daño en raíz de café por larvas de *Phyllophaga sericata*. a. Testigo. b. Con una larva. c. Con tres larvas. d. Con cinco larvas.

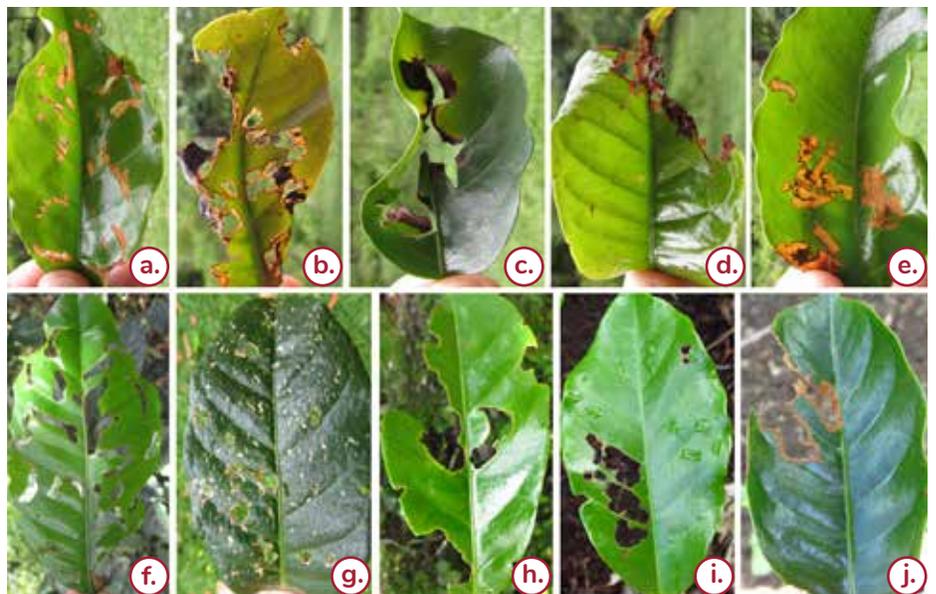


Figura 27. Daño en follaje de café por escarabajos Melolonthidae. a. *Symmela* sp.; b. *Plectris pavida*; c. *Astaena valida*; d. *Platycoelia valida*; e. *Symmela* sp.; f. *Astaena valida*. g. *Anomala cincta*. h. *Astaena valida*. i. *Anomala* sp. j. *Anomala cincta*.



Figura 28. Picudo quebrador de ramas y tallos de café *Hammatostylus* s.p (Coleoptera: Curculionidae) en el municipio de Tablón de Gómez, Nariño. Nuevo registro en café. a. Adulto. b. Ramas y tallos barrenados. c. Daño en tallo de café.

Experimentación



Para el informe comprendido entre el 1° de octubre de 2018 y el 30 de septiembre de 2019, la Disciplina de Experimentación continúa con la coordinación técnico-administrativa de las ocho Estaciones Experimentales, con un área total de 530,38 ha. De ellas, 168,39 ha están sembradas en café, el 48,7% están destinadas a la producción de semilla de las variedades Castillo®, Castillo® Regional, Cenicafé 1, Castillo® Zonales y Tabi; el 19,0% en proyectos de investigación y el 32,3% en el parque experimental, que equivale a áreas con lotes potenciales para establecer nuevas actividades de investigación.

Uso del suelo. En el uso del suelo se mantienen 145,96 ha destinadas a la conservación de aguas, guadua y bosques; 41,36 ha en pastos, entre otros; la infraestructura ocupa un área de 16,64 ha y se tienen 152,72 ha en otros usos y áreas no cultivables.

Además, se cuenta con un huerto clonal de macadamia en la Estación Experimental Paraguaicito, que ocupa un área de 4,79 ha en aprovechamiento comercial. Allí mismo, se continuó con actividades de investigación en el cultivo de maíz, en convenio con Fenalce,

que demanda un área de 0,52 ha. Los experimentos desarrollados para este período en fincas de agricultores ocuparon 7,26 ha.

Se desarrollaron 153 réplicas de investigaciones en las Estaciones Experimentales de Cenicafé. De ellas están vigentes 125. Por disciplinas, se destacan por su participación en el desarrollo de investigaciones: Entomología con 31, Mejoramiento Genético con 25 y Fitotecnia con 23. En cuanto a las Estaciones Experimentales donde se desarrollan las réplicas se destacan Naranjal con 61, seguido de Paraguaicito con 23, El Tambo con 19 y La Catalina con 17.

Además, se desarrollaron diez réplicas de investigación en fincas de caficultores ubicadas en el área de influencia de las Estaciones Experimentales, de las cuales siguen vigentes siete, sobresaliendo el apoyo de las Estaciones Experimentales San Antonio con cinco réplicas y El Tambo con dos réplicas.

Actividades de difusión. Un segundo objetivo es apoyar al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé. En el período, se recibieron 9.917 visitantes, entre caficultores, extensionistas y estudiantes, un 10% más, que en el año anterior.

Semilla. En la producción y la distribución de semilla que se lleva a cabo en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, para este período, se distribuyeron 78.845 kg de semilla, un 1,0% más con respecto al período anterior y un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio del 105%.

Entre los Comités que demandaron mayor cantidad de semilla se destacan Santander con 10.522 kg, seguido de Antioquia con 8.902 kg, Cauca con 7.665 kg y Huila con 7.241 kg.

Por variedad, del total de semilla que se distribuyó en el período, se resalta el 47% de Castillo® General, seguido de la variedad Cenicafé 1 con el 15%; la variedad Castillo® El Tambo con el 10%, el 7% de Castillo® El Rosario y el 6% de Castillo® Zona Centro. Se resalta que al cierre del período del informe se han distribuido 11.638 kg de semilla de Cenicafé 1 y 9.659 kg de semilla de Castillos Zonales.

Con relación a la procedencia de la semilla distribuida en este período, el 54% provino de la Estación Experimental Naranjal, seguido del 13% de la Estación Experimental La Catalina, el 9% de la Estación Experimental El Tambo y el 7% de las Estaciones Experimentales El Líbano y El Rosario, entre otras.

Los resultados de las pruebas en el laboratorio

indican que todos los lotes de semilla distribuidos tuvieron un porcentaje promedio de germinación del 92,3% y las pruebas en arena arrojaron en promedio de germinación para todos los lotes del 88,0%.

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) otorgó los derechos de propiedad intelectual para el desarrollo de variedades a la Federación Nacional de Cafeteros, y notificó y concedió los derechos sobre diez progenies de la variedad Castillo® y Castillo® Zonales. Se establecieron las pruebas agronómicas de Homogeneidad, Estabilidad y Distinguibilidad (DHE) para las progenies que componen la variedad Cenicafé 1 y se gestionó la solicitud de derechos de obtentor para esta variedad.



Fisiología Vegetal

FIS102004. Efecto de las partículas de caolinita en plantas de café durante su etapa de almácigo. El uso de partículas reflectivas de caolinita ha demostrado ser una tecnología eficiente para mitigar el estrés térmico y/o la foto-inhibición en diversos cultivos, incluido el café. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de las partículas de caolinita en plantas de café durante su etapa de almácigo. En la Estación Experimental Paraguaicito se estableció un almácigo con Variedad Cenicafé 1, en cuatro condiciones ambientales diferentes:

1. Plantas a libre exposición solar con caolinita a 30 g L⁻¹.
2. Plantas a libre exposición solar con caolinita a 60 g L⁻¹.
3. Plantas bajo polisombra del 60%.
4. Plantas a libre exposición solar (Figura 29).

La variable de respuesta fue materia seca (MS) por órganos y total de la planta, mientras que las variables complementarias fueron: número de hojas (No. hojas) y área foliar (AF), en dos tiempos de evaluación (a. una vez las plantas presentaron su primer par de hojas verdaderas;

b. previo al trasplante al campo). Adicionalmente se realizó un censo al finalizar el experimento.

Los datos de materia seca de raíz, tallo, hojas y en el total acumulado mostraron que las plantas tratadas con caolinita tuvieron entre 17% y 37% más peso en la primera evaluación. En la segunda evaluación, las condiciones de plena exposición solar y con caolinita a 60 g L⁻¹ tendieron a presentar entre 29% y 33% más MS en los órganos y en el total acumulado. El área foliar fue mayor en el tratamiento con caolinita a 60 g L⁻¹ respecto a los demás tratamientos en la primera evaluación, mientras que en la segunda



Figura 29. Plantas de café variedad Cenicafe 1 creciendo bajo: **a.** Polisombra al 60%, **b.** A libre exposición solar, y **c.** A libre exposición solar con caolinita. **d.** Almacigo tradicional bajo polisombra y **e.** Almacigos a plena exposición solar sin caolinita (izquierda) y con caolinita (derecha).

fueron los tratamientos sin caolinita los que presentaron mayor AF (Tabla 21). El censo de plantas mostró que el tratamiento bajo polisombra presentó un 13% más cantidad de plantas que el resto de los tratamientos. Los datos del comportamiento fotosintético de las hojas confirmaron que la caolinita redujo el estrés térmico, pero limitó la fotosíntesis de la planta lo que ocasionó una menor AF, por lo que la condición a plena exposición solar fue similar en la evaluación final dada su mayor AF; sin embargo, la mayor materia seca en el tratamiento con caolinita (60 g L^{-1}) podría evitar futuras pérdidas en el campo, hecho que compensaría las pérdidas de plantas reportadas para almacigo. El uso de esta técnica reemplazaría el establecimiento de una infraestructura de polisombra para el almacigo y abriría la posibilidad de un efecto protector ante un estrés térmico en el cultivo de café.

FIS108001. Evaluación de los componentes del dosel de plantas de café y su relación con la producción. El presente estudio determinó las diferencias en la estructura y la distribución teórica de la luz en el dosel de dos progenies de café con ángulos foliares contrastantes. En la Estación Experimental Naranjal fueron evaluados árboles de café de las progenies CU1911 (hojas con inclinación vertical) y CX2391 (hojas con inclinación horizontal), midiendo siete variables estructurales asociadas al follaje y siete asociadas al tallo (Tabla 22), nueve de estas variables fueron medidas en tres perfiles del árbol (Figura 30). Los parámetros de las funciones Elipsoidal (χ) y Beta (ν, μ), coeficiente de extinción (K), fracción de intercepción de la radiación (I) e índice de área foliar iluminado (LAI_{sun}) fueron estimados matemáticamente (Figura 30). Las comparaciones se realizaron entre los perfiles del árbol. Los ángulos foliares se hicieron

más horizontales hacia los perfiles más bajos, donde la disponibilidad de luz fue menor, las progenies difirieron significativamente en los perfiles medio y superior (Figura 30). Las dimensiones y el tamaño de la hoja incrementaron hacia los perfiles más bajos en la progenie CX2391, pero fueron similares en CU1911 (Figura 30), posiblemente por la mayor homogeneidad en la distribución de la luz dado el bajo coeficiente de extinción (K). El mayor número de hojas en los perfiles medio y superior de la progenie CX2391, así como un menor tamaño foliar promedio señalan un mayor auto-sombreamiento (Figura 30), probablemente ligado a la mayor heterogeneidad lumínica (alto K) de los ángulos más horizontales. Variaciones en la I (θ) y LAI_{sun} sugieren un desempeño fotosintético teórico distinto entre las progenies, aun con LAI similar (Tabla 22). Estos datos son de utilidad para mejorar la disponibilidad de luz a mayores densidades de siembra. La producción de café cereza fue mayor en la progenie CX2391 (Tabla 22), la diferencia tan elevada pudo ser el resultado de la presencia de “muerte descendente fisiológica” en la progenie CU1911, y su baja adaptabilidad a las condiciones de la Estación Naranjal, al ser un componente de la variedad Castillo® Paraguaicito.

FIS101001. Caracterización de la floración en germoplasma de café. En esta investigación se caracterizó la distribución de la floración en ocho progenies de café, ubicadas en cuatro Estaciones Experimentales (Tabla 23). Los botones florales por árbol se totalizaron por semana en cuatro semestres florales: 1) nov2016–abr2017; 2) may2017–oct2017, 3) nov2017–abr2018; 4) may2018–oct2018. Se registraron

Tabla 21. Efecto de cuatro condiciones ambientales en plantas de almácigo sobre las variables materia seca en raíz (MS_Raíz: g); tallo (MS_Tallo: g); hojas (MS_Hojas: g) y total (MS_Total: g); además de número de hojas (No._Hojas) y área foliar (AF: cm²), en dos tiempos de evaluación (A: primer par de hojas; B: previo al trasplante al campo).

Variable	Condición	Evaluación A				Evaluación B			
MS_Raíz	C_30g L ⁻¹	0,09	±	0,004	AB	0,59	±	0,048	B
	C_60g L ⁻¹	0,10	±	0,004	A	0,83	±	0,061	A
	Polisombra	0,07	±	0,003	BC	0,40	±	0,023	C
	Sol	0,06	±	0,004	C	0,75	±	0,051	AB
P > 0,05		†				†			
MS_Tallo	C_30g L ⁻¹	0,07	±	0,003	A	0,57	±	0,043	B
	C_60g L ⁻¹	0,07	±	0,003	A	0,77	±	0,057	A
	Polisombra	0,05	±	0,002	B	0,35	±	0,020	C
	Sol	0,05	±	0,003	B	0,64	±	0,043	AB
P > 0,05		†				*			
MS_Hojas	C_30g L ⁻¹	0,28	±	0,013	A	1,13	±	0,110	B
	C_60g L ⁻¹	0,31	±	0,014	A	1,65	±	0,098	A
	Polisombra	0,24	±	0,009	B	1,43	±	0,080	AB
	Sol	0,18	±	0,013	C	1,88	±	0,119	A
P > 0,05		*				†			
MS_Total	C_30g L ⁻¹	0,43	±	0,020	A	2,29	±	0,179	B
	C_60g L ⁻¹	0,47	±	0,018	A	3,24	±	0,210	A
	Polisombra	0,36	±	0,013	B	2,18	±	0,117	B
	Sol	0,29	±	0,018	C	3,26	±	0,194	A
P > 0,05		*				†			
No._Hojas	C_30g L ⁻¹	7,5	±	0,19	A	9,8	±	0,59	B
	C_60g L ⁻¹	7,4	±	0,18	A	10,6	±	0,69	B
	Polisombra	6,4	±	0,23	B	11,8	±	0,32	A
	Sol	5,9	±	0,13	B	10,9	±	0,53	AB
P > 0,05		†				†			
AF	C_30g L ⁻¹	36,7	±	2,00	B	205,7	±	13,18	B
	C_60g L ⁻¹	46,3	±	2,27	A	211,7	±	13,29	B
	Polisombra	35,3	±	1,59	B	262,5	±	13,41	A
	Sol	26,2	±	1,84	C	266,8	±	13,90	A
P > 0,05		*				†			

Letras diferentes en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos usando la prueba de Tukey (*) o la prueba de Dunnett (†) al 5% de significancia ($\alpha = 0,05$). Los números en la tabla corresponden al promedio \pm error estándar.

las variables porcentaje de floración semanal por árbol (PFS), para cuatro eventos florales principales (EF) por semestre, y el porcentaje de floración acumulado de estos cuatro eventos (PFA). Además, se estimó la sincronía floral (r_x) entre las progenies por semestre y se contó el número de eventos florales totales (NEF).

Las diferencias para el PFS entre progenies en un EF varían dependiendo de la localidad. Es así como Naranjal y El Tambo tienen más diferencias que Paraguicito y Pueblo Bello; esta última es particular porque presenta solo dos EF por semestre (Tabla 23). El número promedio de diferencias entre progenies por EF fue de 1,6 (Figura 31a) y se destacan las progenies BH1247, CX2720 y CX2848 por acumular más diferencias, tanto inferiores como superiores a la media (Figura 31b). La variable PFA mostró que la acumulación de la floración varía semestre a semestre y entre localidades, además se evidenció que las diferencias entre progenies se redujeron a 1,3 por semestre en promedio (Figura 31c), pero en este caso, el número de diferencias superiores fue menor (Figura 31d). Las progenies evaluadas no son genéticamente iguales, lo que supondría diferencias en la distribución de la floración. Los resultados de esta investigación muestran que el número de diferencias entre progenies es bajo, tanto a nivel de EF como en su acumulado. Las progenies evaluadas son relevantes puesto que hacen parte de las variedades actuales. La r_x de Naranjal y Paraguicito fue mayor entre nov-abr, mientras que en El Tambo fue entre may-oct. En Pueblo Bello la r_x fue muy alta dado el bajo NEF. En general, la sincronía entre progenies fue alta (>0,70). El NEF no tuvo una particular asociación.

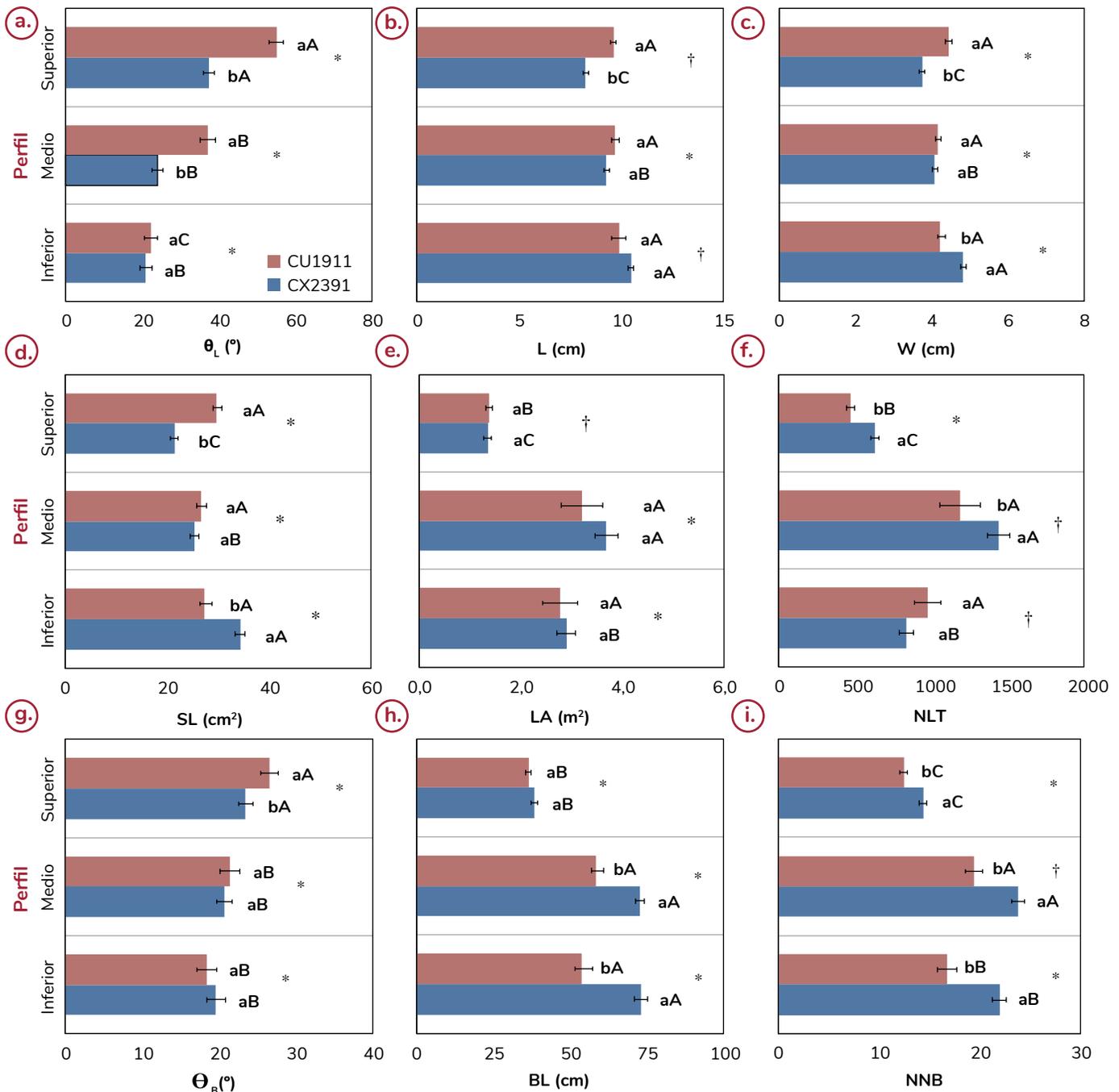


Figura 30. a. Ángulo medio inclinación foliar (θ_L); b. Largo de la hoja (L); c. Ancho de la hoja (W); d. Tamaño medio de hoja (SL); e. Área foliar por árbol (LA); f. Número de hojas totales (NLT); g. Ángulo medio de rama (θ_B); h. Longitud media ramas plagiotrópicas (BL); i. Número de nudos en ramas plagiotrópicas (NNB), en tres estratos del árbol para las progenies CU1911 (hojas de inclinación vertical) y CX2391 (hojas de inclinación horizontal) de *C. arabica* L. Letras minúsculas diferentes dentro del mismo estrato, indican diferencias significativas entre progenies usando la prueba de t-Student (*) o la prueba de U de Mann-Whitney (†) al 5% de significancia ($\alpha=0.05$). Letras mayúsculas diferentes dentro de la misma progenie, indican diferencias significativas entre estratos usando la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$). Las barras corresponden al promedio \pm error estándar (CU1911 n=29, CX2391 n=30).

FIS102005. Efecto del almacenamiento en la viabilidad, germinación y vigor en semillas de café bajo diferentes condiciones ambientales. Las semillas de café no pueden ser almacenadas por tiempos prolongados bajo condiciones ambientales de

frío natural (páramo), en comparación con otras semillas de uso agrícola como el frijol y el maíz, ya que la capacidad germinativa disminuye drásticamente bajo estas condiciones, limitando así el conocimiento de los ambientes idóneos de almacenamiento para la semilla de café.

Tabla 22. Características estructurales del dosel (tallo y follaje) y producción de café cereza en las progenies CU1911 (hojas de inclinación vertical) y CX2391 (hojas de inclinación horizontal) de *C. arabica* L.

Variable	CU1911		CX2391		
Características del follaje	(n=29)		(n=30)		
Ángulo medio de inclinación foliar (θ_L ; °)	48,7 ± 1,6	a	31,9 ± 1,2	b	*
Largo medio de hoja (L; cm)	9,7 ± 0,1	a	8,8 ± 0,1	b	*
Ancho medio de hoja (W; cm)	4,4 ± 0,1	a	4,0 ± 0,1	b	*
Tamaño medio de hoja (LS; cm ²)	29,2 ± 0,9	a	23,9 ± 0,6	b	*
Número de hojas por árbol (NLT)	2640 ± 217 (2579)	a	2891 ± 106 (2900)	a	†
Área foliar por árbol (LA; m ²)	6,8 ± 0,7 (6,4)	a	7,2 ± 0,4 (7,1)	a	†
Índice de área foliar (LAI; m ² m ⁻²)	5,6 ± 0,4 (5,7)	a	5,1 ± 0,2 (5,2)	a	†
Características del tallo	(n=29)		(n=30)		
Ángulo medio de rama (θ_B ; °)	22,7 ± 0,9 (21,9)	a	21,7 ± 0,8 (21,7)	a	†
Longitud media ramas plagiotrópicas (BL; cm)	48,8 ± 1,9	b	58,0 ± 1,0	a	*
Número de nudos en ramas plagiotrópicas (NNB)	16,0 ± 0,6	b	19,4 ± 0,4	a	*
Altura del tallo (SH; cm)	189,1 ± 3,8 (200)	b	204,2 ± 3,6 (207,5)	a	†
Diámetro del tallo (SD; cm)	5,2 ± 0,2	b	5,6 ± 0,1	a	*
Diámetro de copa (CD; cm)	148,8 ± 4,5	b	176,8 ± 2,5	a	*
Número de nudos en el tallo (NNS)	41,3 ± 0,9	a	42,3 ± 0,7	a	*
Registro de café cereza	(n=5)		(n=5)		
Producción acumulada por surco (YT; kg)	106,0 ± 15,0	b	434,0 ± 54,0	a	*

Letras diferentes en la misma fila, indican diferencias significativas entre progenies usando la prueba de *t-Student* (*) o la prueba de U de Mann-Whitney (†) al 5% de significancia ($\alpha=0,05$). Los números en la tabla corresponden al promedio ± error estándar. En el caso de haber usado la prueba de Kruskal-Wallis se adicionó el valor de la mediana entre paréntesis.

Desde diciembre de 2018, se almacenaron 68 kg de semilla de Variedad Castillo® La Trinidad® en su presentación convencional de 1,0 kg en empaque de papel, en tres ambientes contrastantes de temperatura y humedad relativa: Tratamiento 1: 80% HR y 7,5°C; Tratamiento 2: 65% HR y 15°C; Tratamiento 3: 55% HR y 25°C. Mensualmente se realizó la extracción de 1.000 embriones de la semilla para evaluar su viabilidad mediante la tinción con tetrazolio, se registró la protrusión radicular de 1.000 almendras lavadas y agrupadas en 10 cajas mantequilleras y se evaluó el vigor de las semillas mediante la medición de parámetros morfométricos de chapolas emergentes en el germinador de arena. Se presentan los resultados por cada tratamiento para la protrusión de la radícula, hasta el octavo mes de almacenamiento, y para el vigor hasta el mes quinto.

En la tinción de los embriones con tetrazolio se han registrado cinco patrones de tinción que

se describen en la Figura 32. En el tratamiento 1, a partir del quinto mes de almacenamiento, se obtuvo una disminución en la proporción del patrón de la categoría A por debajo de los 500 conteos, y en el tratamiento 2 la disminución de la categoría A fue a partir del octavo mes. En el tratamiento 3 en el quinto mes, los conteos fueron inferiores a 250, y desde el sexto mes de evaluaciones hasta el octavo, hubo oscilaciones en los conteos de la categoría A (Figura 33).

En la protrusión de la radícula hay un efecto significativo de los tratamientos y del tiempo de almacenamiento ($F:47,50$; $Pr(>F): 2 \times 10^{-16}$; $\alpha:0,05$), observándose una disminución progresiva por debajo del 80% en el Tratamiento 1 a partir del mes 3 y en el Tratamiento 3 desde el mes 2. En el Tratamiento 2 no se ha observado una tendencia definida en el tiempo, pues a partir del quinto mes ha superado el 80% de protrusión radicular, cuando en los cuatro primeros meses su

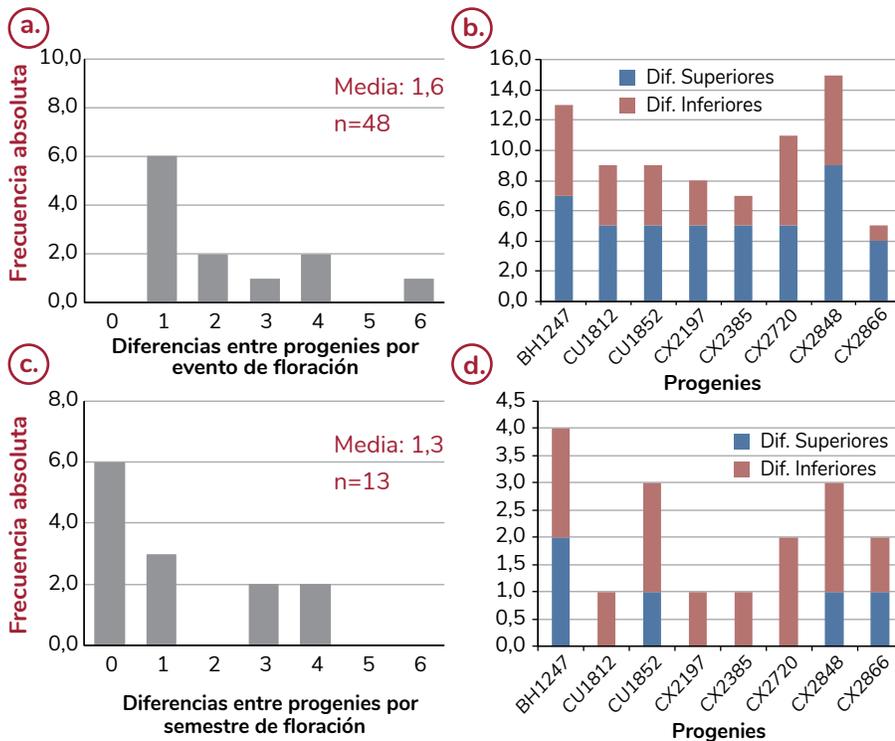


Figura 31. a. Frecuencias absolutas del número de diferencias entre progenies por evento de floración (EF) observadas; b. Frecuencia absoluta del número de diferencias acumuladas por progenie para la variable porcentaje de floración semanal (PFS); c. Frecuencias absolutas del número de diferencias entre progenies por semestre de floración observadas; d. Frecuencia absoluta del número de diferencias acumuladas por progenie para la variable porcentaje de floración semanal acumulado (PFA) en ocho progenies de *C. arabica* L.

protrusión osciló desde el 62% hasta el 80% (Tabla 24). Con relación al vigor de la semilla en la Tabla 25 se presentan los valores de la media y el error estándar de cada uno de los parámetros morfométricos medidos hasta el quinto mes.

FIS102001. Validación de paquetes tecnológicos en etapa de almácigo y sus posteriores efectos en el campo. Cenicafé recomienda tradicionalmente el uso de bolsas plásticas de 17 x 23 cm para la elaboración de almácigos de café, estas bolsas permiten el desarrollo de las plantas durante 4 a 6 meses antes del trasplante al campo. Sin embargo, este sistema presenta algunos inconvenientes como la cantidad de suelo utilizado, el riesgo de adquirir plagas o enfermedades por suelos contaminados y la dificultad de transportar el material embolsado hasta el sitio de siembra definitivo.

Tabla 23. Porcentaje de floración semanal (PFS) para ocho progenies de *C. arabica* L. en cuatro eventos florales (EF), durante cuatro semestres florales en las Estaciones Experimentales de Cenicafé Naranjal, Paraguaicito, Pueblo Bello y El Tambo. Las progenies con un grupo de letras similar a la media se resaltan con celdas azules, en el caso de diferir se resaltan en amarillo las progenies estadísticamente inferiores y en verde las mayores.

EF	BH1247	CU1812	CU1852	CX2197	CX2385	CX2720	CX2848	CX2866	X	P > 0,05	Dif.
Naranjal / 1. noviembre de 2016 - abril de 2017											
12	27 ± 3 a	20 ± 2 ab	14 ± 3 b	13 ± 2 b	21 ± 2 ab	19 ± 2 ab	16 ± 2 b	15 ± 1 b	18	*	1
18	4 ± 1 c	11 ± 1 bc	11 ± 2 bc	7 ± 1 bc	13 ± 1 b	10 ± 1 bc	20 ± 3 a	10 ± 1 bc	11	*	2
19	9 ± 2 b	23 ± 2 a	20 ± 2 a	21 ± 3 a	23 ± 2 a	21 ± 2 a	21 ± 3 a	26 ± 2 a	20	*	1
20	41 ± 3 a	24 ± 3 b	31 ± 3 ab	41 ± 3 a	23 ± 2 b	30 ± 2 ab	24 ± 2 b	30 ± 2 ab	30	*	2
Naranjal / 2. mayo de 2017 - octubre 2017											
8	2 ± 1 bc	8 ± 5 bc	14 ± 3 ab	2 ± 1 bc	7 ± 2 bc	36 ± 6 a	1 ± 1 c	8 ± 2 ab	10	†	2
21	24 ± 4 ab	13 ± 3 abc	10 ± 3 bc	25 ± 3 ab	16 ± 3 ab	2 ± 1 c	29 ± 3 a	9 ± 2 bc	16	†	2
24	9 ± 2 abc	23 ± 4 a	3 ± 1 bc	6 ± 1 abc	10 ± 2 ab	2 ± 1 c	9 ± 2 abc	23 ± 4 a	11	†	3
25	17 ± 3 bc	28 ± 4 abc	8 ± 3 c	36 ± 5 ab	46 ± 3 a	11 ± 4 c	21 ± 3 bc	32 ± 4 ab	25	†	3

Continúa...

...continuación.

EF	BH1247	CU1812	CU1852	CX2197	CX2385	CX2720	CX2848	CX2866	X	P > 0,05	Dif.
Naranjal / 3. noviembre de 2017 - abril de 2018											
5	10 ± 1 bc	11 ± 1 bc	9 ± 2 bc	15 ± 2 ab	15 ± 1 ab	7 ± 2 c	20 ± 2 a	13 ± 2 abc	13	*	2
12	16 ± 2 ab	20 ± 2 a	8 ± 2 b	14 ± 2 ab	15 ± 2 ab	13 ± 2 ab	14 ± 2 ab	20 ± 2 a	15	†	1
17	12 ± 2 abc	11 ± 2 abc	22 ± 4 a	8 ± 2 bc	11 ± 2 abc	17 ± 2 a	5 ± 1 c	17 ± 2 ab	13	†	3
26	9 ± 2 c	9 ± 1 c	22 ± 2 a	16 ± 2 ab	10 ± 1 bc	19 ± 3 ab	10 ± 2 bc	11 ± 1 bc	13	†	3
Naranjal / 4. mayo de 2018 – octubre 2018											
2	9 ± 4 ab	21 ± 4 a	19 ± 3 a	5 ± 2 b	6 ± 3 b	1 ± 1 b	2 ± 1 b	21 ± 3 a	10	†	3
18	37 ± 6 ab	5 ± 2 c	27 ± 3 ab	11 ± 4 c	19 ± 4 abc	20 ± 6 abc	37 ± 3 a	14 ± 2 bc	21	†	3
22	4 ± 2 a	6 ± 2 a	9 ± 2 a	11 ± 3 a	7 ± 3 a	8 ± 4 a	9 ± 1 a	5 ± 2 a	7	ns	0
26	7 ± 4 ab	11 ± 4 ab	2 ± 1 b	20 ± 4 a	15 ± 5 ab	7 ± 5 ab	4 ± 2 ab	3 ± 1 ab	9	†	1
Paraguaito / 1. noviembre de 2016 - abril de 2017											
20	42 ± 5 a	47 ± 6 a	62 ± 4 a	51 ± 6 a	63 ± 5 a	53 ± 3 a	41 ± 15 a	57 ± 5 a	52	*	0
22	11 ± 2 a	9 ± 3 a	5 ± 1 a	7 ± 2 a	7 ± 2 a	9 ± 2 a	13 ± 4 a	5 ± 2 a	8	ns	0
26	14 ± 2 a	11 ± 4 a	6 ± 1 a	12 ± 3 a	6 ± 1 a	8 ± 2 a	14 ± 5 a	14 ± 3 a	11	ns	0
27	16 ± 3 a	8 ± 4 a	9 ± 2 a	11 ± 4 a	5 ± 1 a	9 ± 3 a	20 ± 8 a	8 ± 2 a	11	ns	0
Paraguaito / 2. mayo de 2017 – octubre 2017											
2	16 ± 2 a	7 ± 2 ab	15 ± 4 ab	8 ± 4 ab	4 ± 1 b	5 ± 1 ab	6 ± 2 ab	12 ± 3 ab	9	†	1
14	3 ± 1 b	14 ± 2 a	6 ± 2 ab	5 ± 2 b	5 ± 2 ab	4 ± 1 b	7 ± 1 ab	3 ± 1 b	6	†	1
18	58 ± 4 a	37 ± 3 b	44 ± 5 ab	48 ± 8 ab	49 ± 5 ab	46 ± 5 ab	58 ± 5 a	44 ± 6 ab	48	*	1
25	3 ± 1 ab	4 ± 1 ab	8 ± 4 ab	11 ± 5 ab	13 ± 4 a	11 ± 3 ab	2 ± 1 b	11 ± 3 ab	8	†	1
Paraguaito / 3. noviembre de 2017 - abril de 2018											
12	15 ± 4 a	19 ± 4 a	25 ± 3 a	13 ± 4 a	19 ± 2 a	15 ± 2 a	25 ± 4 a	21 ± 4 a	19	ns	0
17	18 ± 3 b	22 ± 3 ab	23 ± 2 ab	27 ± 5 ab	27 ± 4 ab	29 ± 3 ab	37 ± 5 a	16 ± 2 b	25	*	1
19	29 ± 3 ab	23 ± 5 ab	25 ± 3 ab	35 ± 4 a	21 ± 3 ab	29 ± 3 ab	20 ± 2 b	29 ± 4 ab	26	*	0
26	14 ± 3 a	11 ± 4 ab	5 ± 1 ab	5 ± 1 ab	9 ± 2 a	6 ± 1 ab	3 ± 1 b	8 ± 1 ab	8	†	1
Paraguaito / 4. mayo de 2018 – octubre 2018											
16	13 ± 2 a	10 ± 2 a	19 ± 2 a	12 ± 3 a	17 ± 2 a	18 ± 2 a	10 ± 2 a	14 ± 3 a	14	*	0
18	34 ± 3 a	16 ± 2 b	26 ± 3 ab	27 ± 3 ab	23 ± 2 ab	17 ± 2 b	22 ± 3 ab	21 ± 2 ab	23	†	1
20	6 ± 1 b	7 ± 1 b	14 ± 2 ab	11 ± 3 ab	14 ± 2 ab	12 ± 1 ab	16 ± 2 a	12 ± 2 ab	11	*	1
23	11 ± 2 ab	8 ± 2 ab	7 ± 1 b	10 ± 3 ab	11 ± 2 ab	11 ± 2 ab	17 ± 2 a	12 ± 3 ab	11	†	1
Pueblo Bello / 1. noviembre de 2016 - abril de 2017											
18	92 ± 3 a	79 ± 4 bc	64 ± 5 c	75 ± 4 bc	91 ± 2 ab	63 ± 8 c	94 ± 2 a	85 ± 3 abc	80	†	4
22	8 ± 3 c	21 ± 4 ab	36 ± 5 a	25 ± 4 ab	9 ± 2 bc	37 ± 8 a	6 ± 2 c	15 ± 3 abc	20	†	4
Pueblo Bello / 3. noviembre de 2017 - abril de 2018											
9	11 ± 2 a	13 ± 3 a	5 ± 3 a	15 ± 5 a	14 ± 3 a	7 ± 2 a	19 ± 3 a	11 ± 2 a	12	ns	0
12	89 ± 2 a	87 ± 3 a	95 ± 3 a	85 ± 5 a	86 ± 3 a	93 ± 2 a	81 ± 3 a	89 ± 2 a	88	ns	0

Continúa...

...continuación.

EF	BH1247	CU1812	CU1852	CX2197	CX2385	CX2720	CX2848	CX2866	X	P > 0,05	Dif.
El Tambo / 2. mayo de 2017 – octubre 2017											
14	14 ± 3 abc	6 ± 2 bc	37 ± 6 a	13 ± 6 abc	22 ± 5 a	18 ± 3 ab	3 ± 1 c	19 ± 4 ab	17	†	3
21	39 ± 5 a	25 ± 2 ab	12 ± 4 bcd	2 ± 2 cd	2 ± 1 d	9 ± 3 bcd	17 ± 3 abc	26 ± 4 ab	17	†	4
22	23 ± 3 c	23 ± 2 c	21 ± 3 c	53 ± 6 a	51 ± 4 a	51 ± 5 a	40 ± 4 ab	32 ± 3 bc	37	*	6
25	18 ± 4 b	37 ± 4 a	17 ± 3 b	9 ± 2 b	16 ± 3 b	18 ± 4 b	31 ± 5 ab	17 ± 3 ab	20	†	1
El Tambo / 3. noviembre de 2017 - abril de 2018											
19	12 ± 2 ab	18 ± 2 ab		19 ± 2 ab	24 ± 7 a	8 ± 6 b	11 ± 3 ab	8 ± 2 b	14	†	1
21	39 ± 3 a	21 ± 2 ab		16 ± 11 ab	3 ± 2 b	2 ± 2 b	21 ± 8 ab	40 ± 4 a	20	†	4
23	17 ± 3 b	29 ± 3 ab		20 ± 0 ab	19 ± 4 ab	22 ± 9 ab	39 ± 4 a	20 ± 3 ab	24	*	1
25	17 ± 3 ab	15 ± 2 ab		17 ± 4 ab	30 ± 8 ab	40 ± 19 a	6 ± 2 b	16 ± 3 ab	20	†	2
El Tambo / 4. mayo de 2018 – octubre 2018											
12	18 ± 4 ab	12 ± 3 b	12 ± 2 ab	16 ± 4 ab	10 ± 3 b	13 ± 3 ab	14 ± 2 ab	27 ± 3 a	15	†	1
14	6 ± 2 ab	7 ± 1 ab	7 ± 1 a	2 ± 1 b	7 ± 1 ab	3 ± 1 ab	6 ± 1 ab	6 ± 1 ab	6	*	1
16	10 ± 2 c	13 ± 1 bc	19 ± 1 b	29 ± 4 a	12 ± 2 bc	17 ± 3 bc	20 ± 2 ab	13 ± 2 bc	17	*	2
22	62 ± 4 ab	65 ± 3 a	60 ± 4 ab	47 ± 7 ab	63 ± 4 ab	65 ± 4 a	52 ± 4 ab	47 ± 4 b	58	*	1

Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas entre progenies usando la prueba de Tukey (*) o la prueba de Dunnet (†) al 5% de significancia ($\alpha = 0,05$). Los números en la tabla corresponden al promedio \pm error estándar. Dif. = número de progenies que fueron estadísticamente diferentes.



Figura 32. Discriminación de patrones de pigmentación en embriones de café teñidos con cloruro de tetrazolio al 0,5%. **a.** Tinción completa e intensa de todo el embrión, el color es rojo carmesí; **b.** Embriones de color rosado y/o decoloraciones en el contorno de los cotiledones o de la radícula; **c.** Embriones con decoloraciones marcadas en los cotiledones, radícula o en ambos, sin perder la conectividad en todo el embrión; **d.** Parches de decoloración que superan el 50% del área del embrión, o en su defecto, desconecta los cotiledones de la radícula; **e.** Embrión sin teñir.

Tabla 24. Porcentaje promedio de protrusión radicular en almendras de café provenientes de los tres ambientes de almacenamiento (simulación del Alto de Letras (Tratamiento 1), testigo de almacenamiento (Tratamiento 2) y control de humedad relativa (Tratamiento 3) durante siete meses.

Tiempo	Tratamiento	\bar{x}	E.E
MES0	R. Beneficio	84,0a	0,01481741
MES1	TTO1	87,9a	0,03685934
	TTO2	77,3b	0,01885913
	TTO3	87,1a	0,01464013
MES2	TTO1	92,7c	0,00803465
	TTO2	66,2d	0,01737175
	TTO3	65,0d	0,01763834
MES3	TTO1	80,4a	0,01892676
	TTO2	82,4a	0,0132665
	TTO3	46,3e	0,03651636
MES4	TTO1	77,2b	0,02398147
	TTO2	62,3d	0,02314447
	TTO3	47,2e	0,03261901
MES5	TTO1	65,5d	0,02310604
	TTO2	88,0a	0,00745356
	TTO3	46,7e	0,0242235
MES6	TTO1	58,6e	0,02367371
	TTO2	87,4a	0,01359739
	TTO3	21,6f	0,01820867
MES7	TTO1	75,5b	0,01454877
	TTO2	90,4c	0,01507021
	TTO3	37,5f	0,02482159

\bar{x} : media general; E.E: error estándar, n=1.000; F:47,50; Pr (>F): 2×10^{-16} ; letras iguales no difieren significativamente entre ambientes y tiempos de almacenamiento (Prueba de Tukey, α : 0,05).

Cenicafé está evaluando nuevas alternativas de contenedores para el establecimiento de almácigos de café y en esta investigación se evaluó la tasa de crecimiento y el desarrollo de plantas en el campo entre los 3 y 24 meses, de almácigos hechos en dos tipos de contenedores: tubete plástico y bolsa (testigo). El peso de la materia seca de todos los órganos estudiados (hojas, ramas, raíz, tallo, frutos y flores) excepto en flores, presentaron diferencias significativas entre la bolsa y el tubete, siendo mayor la acumulación de materia seca en las plantas provenientes de bolsas plásticas (Figura 34). Las variables de crecimiento altura de

la planta, número de ramas, longitud de la rama, número de nudos, diámetro del tallo, número de cruces y diámetro de la copa, presentaron diferencias significativas entre la bolsa y el tubete, siendo el promedio mayor en bolsas (Tabla 26), pero el crecimiento en términos de tasa bruta de cada una de las variables en el período estudiado, no dependió del contenedor (Figura 35).

FIS102003. Validación de un método de criopreservación de semillas de *Coffea sp.*

La semilla del café no puede ser conservada por los métodos convencionales de deshidratación y conservación en bajas temperaturas; por lo que la Colección Colombiana de Café (CCC) debe mantenerse en condiciones de campo, lo que implica altos costos de mantenimiento y riesgos de pérdida de genotipos por condiciones climáticas adversas. En esta investigación se validó un método para la conservación en nitrógeno líquido (-195°C) de semillas de *Coffea arabica* el cual busca minimizar de manera significativa los efectos negativos en su viabilidad germinativa. Las semillas de *Coffea arabica* de la Variedad Castillo® y las accesiones de C. arabica E23 y E33 se deshidrataron por equilibrio en una solución saturada de sulfato de amonio e inmediatamente fueron pre-congeladas en un congelador a -80°C durante 25 minutos. Posteriormente, las semillas fueron almacenadas en nitrógeno líquido durante dos semanas; para su descongelamiento se incubaron en un baño de agua a 37°C durante 30 minutos y se germinaron de acuerdo a la recomendación de Cenicafé. El contenido de humedad con el cual las semillas fueron congeladas fue un factor determinante en la germinación de las semillas, siendo valores menores al 20% los que permitieron la congelación de la semilla sin afectar en más del 50% la germinación (Figura 36). Las semillas congeladas de C. arabica formaron chapolas normales, aunque su desarrollo se retrasó 20 días con relación al control, afectando el crecimiento inicial de las plantas en el almácigo en los primeros 5 meses, pero al momento de siembra en el campo los pesos de la masa seca de las plantas provenientes de semillas congeladas no mostraron diferencias con el testigo (Figura 37).

Tabla 25. Mediciones morfométricas de la longitud (cm) y diámetro del hipocótilo (mm), longitud de la raíz pivotante (cm), contenido de materia seca (g) y área foliar de los cotiledones (mm²) por cada uno de los tratamientos de almacenamiento hasta el quinto mes.

Tiempo de almacenamiento	Longitud hipocótilo (cm)		Diámetro del hipocótilo (mm)		Longitud de la raíz (cm)		Masa seca de la chapola (g)		Área de los cotiledones (mm)	
	\bar{X}	E.E.	\bar{X}	E.E.	\bar{X}	E.E.	\bar{X}	E.E.	\bar{X}	E.E.
MES0	ICA	0,048	0,19	0,002	10,07	0,50	0,13	0,002	909,45	8,71
	Método tradicional	0,040	0,18	0,009	12,23	0,13	0,18	0,005	963,12	12,34
	TT01	0,087	0,18	0,002	11,53	0,19	0,10	0,001	970,85	11,04
MES1	TT02	0,074	0,17	0,001	11,50	0,17	0,11	0,002	951,83	10,30
	TT03	0,069	0,18	0,002	11,21	0,18	0,10	0,001	932,90	11,72
	TT01	0,077	0,18	0,001	7,75	0,16	0,11	0,002	959,74	12,14
MES2	TT02	0,080	0,17	0,001	10,95	0,17	0,10	0,002	915,02	11,70
	TT03	0,078	0,18	0,001	7,68	0,16	0,10	0,001	887,47	8,40
	TT01	0,070	0,17	0,001	11,22	0,19	0,10	0,002	905,11	9,50
MES3	TT02	0,077	0,16	0,001	11,98	0,18	0,12	0,002	854,11	10,00
	TT03	0,066	0,17	0,001	12,59	0,14	0,10	0,004	853,43	9,84
	TT01	0,088	0,18	0,002	8,95	0,14	0,09	0,002	787,09	10,03
MES4	TT02	0,064	0,16	0,001	11,40	0,17	0,10	0,002	814,72	9,44
	TT03	0,064	0,16	0,002	8,57	0,14	0,09	0,002	843,15	11,42
	TT01	0,082	0,18	0,002	7,96	0,14	0,10	0,002	879,12	10,83
MES5	TT02	0,105	0,17	0,001	10,95	0,16	0,10	0,002	739,46	9,33
	TT03	0,091	0,17	0,003	9,85	0,26	0,11	0,004	885,00	19,99

\bar{X} : media general, E.E: error estándar, n=200 chapolas por cada tratamiento en cada tiempo de muestreo.

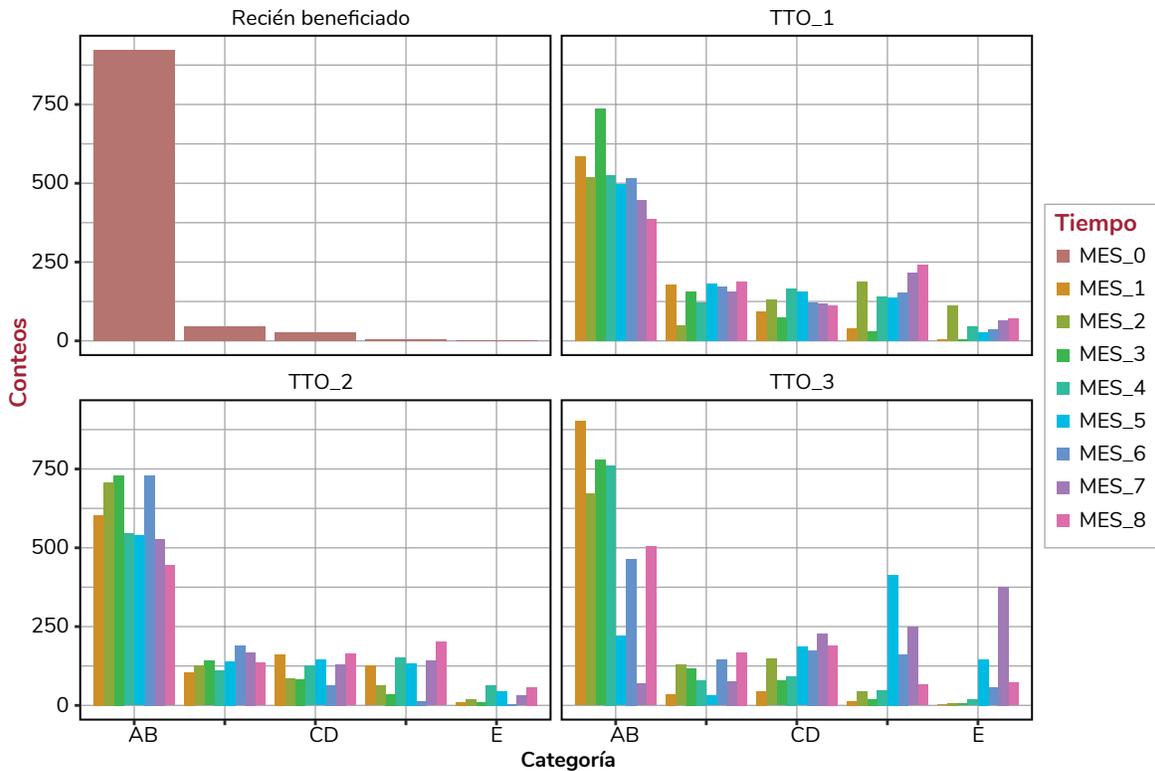


Figura 33. Distribución de los conteos de las categorías de pigmentación de los embriones de café teñidos con cloruro de tetrazolio al 0,5%, en relación con los tratamientos de almacenamiento y el tiempo en meses; N=1.000 embriones por cada tratamiento y mes de evaluación.

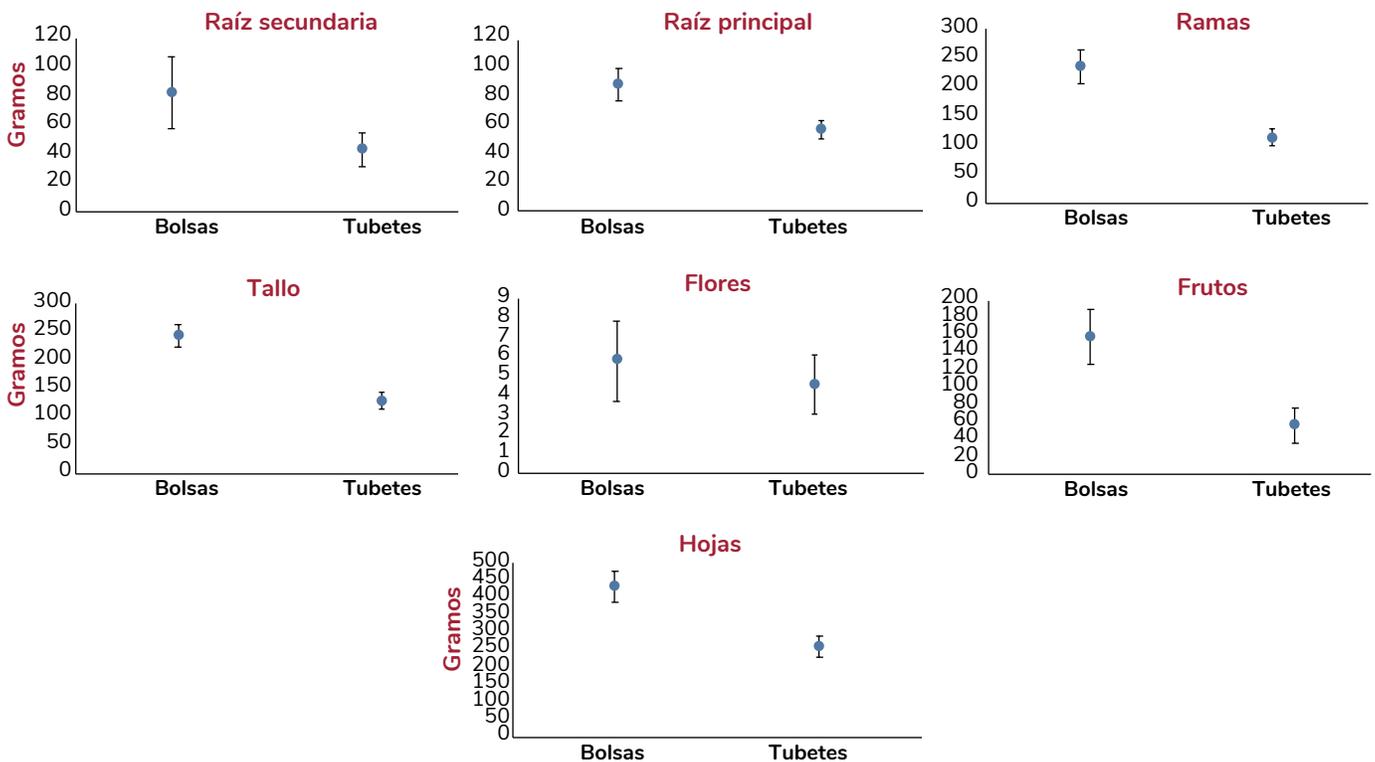


Figura 34. Biomasa acumulada (materia seca) en los diferentes órganos, en plantas de 18 meses de sembradas en el campo provenientes de almácigos establecidos en tubete y bolsa tradicional.

Tabla 26. Comportamiento trimestral en las diferentes variables de crecimiento evaluadas en plantas de 24 meses de edad en el campo, provenientes de almácigos establecidos en tubetes y bolsa tradicional.

Tto	Tiempo Evaluación (meses)	Altura (cm)	L.I. Altura	L.S. Altura	Ramas (No.)	L.I. Ramas	L.S. Ramas	Long. Rama (cm)	L.I. Long. Rama	L.S. Long. Rama	Nudos (No.)	L.I. Nudos (No.)	L.S. Nudos (No.)
Bolsas	6	52,7	49,6	55,8	13,2	12,2	14,2	25,6	23,4	27,9	6,2	5,7	6,6
Bolsas	9	75,9	72,2	79,5	20,9	19,7	22,1	29,2	27,3	31,2	6,6	6,2	7,0
Bolsas	12	90,8	86,4	95,2	27,4	25,9	28,9	40,3	37,2	43,4	9,1	8,5	9,6
Bolsas	15	108,5	104,2	112,8	36,0	34,5	37,5	52,4	48,9	55,9	13,1	12,5	13,8
Bolsas	18	136,6	132,1	141,1	45,6	43,9	47,4	75,4	71,1	79,7	18,3	17,6	19,0
Bolsas	21	157,4	152,5	162,3	55,8	53,9	57,7	82,0	78,2	85,8	21,1	20,4	21,9
Bolsas	24	169,0	160,9	177,0	61,3	58,5	64,1	83,8	79,2	88,4	22,1	21,0	23,2
Tubete	6	36,9	34,9	39,0	7,8	7,1	8,5	17,4	15,7	19,2	4,4	4,1	4,8
Tubete	9	53,4	50,4	56,4	14,0	13,1	15,0	18,3	16,5	20,0	4,7	4,3	5,1
Tubete	12	76,7	74,1	79,3	22,2	21,1	23,2	31,1	29,3	32,9	6,8	6,4	7,3
Tubete	15	94,2	91,3	97,2	30,9	30,1	31,8	44,1	41,6	46,5	11,3	10,8	11,8
Tubete	18	126,2	123,4	129,0	41,1	40,0	42,1	70,2	67,0	73,4	16,5	16,0	17,1
Tubete	21	143,7	140,5	146,9	50,1	48,9	51,4	78,6	75,9	81,4	20,3	19,7	20,9
Tubete	24	157,6	154,1	161,1	57,0	55,4	58,5	83,4	80,4	86,4	22,2	21,4	23,0

Tto	Tiempo Evaluación (meses)	Diámetro (cm)	L.I. Diámetro	L.S. Diámetro	Cruces (No.)	L.I. Cruces (No.)	L.S. Cruces (No.)	Diámetro Copa (cm)	L.I. Diámetro Copa	L.S. Diámetro Copa
Bolsas	6	1,3	1,2	1,4	7,1	6,6	7,5	48,2	44,6	51,8
Bolsas	9	1,8	1,7	1,9	10,9	10,4	11,4	80,1	74,8	85,4
Bolsas	12	2,4	2,3	2,5	14,3	13,6	14,9	105,4	98,0	112,8
Bolsas	15	3,0	2,8	3,1	18,7	18,0	19,4	135,6	128,3	142,9
Bolsas	18	3,7	3,6	3,9	23,7	22,9	24,4	158,5	151,8	165,2
Bolsas	21	4,0	3,9	4,2	28,8	28,0	29,6	173,7	168,0	179,4
Bolsas	24	4,5	4,4	4,7	32,5	31,5	33,6	177,7	172,9	182,5
Tubete	6	0,9	0,8	0,9	4,9	4,6	5,2	30,8	27,6	34,0
Tubete	9	1,2	1,1	1,3	7,6	7,2	8,1	51,8	46,4	57,1
Tubete	12	2,0	1,9	2,1	11,7	11,2	12,1	79,0	75,0	83,0
Tubete	15	2,6	2,5	2,7	16,1	15,7	16,6	114,7	110,4	119,0
Tubete	18	3,3	3,2	3,4	21,2	20,7	21,8	144,8	139,9	149,7
Tubete	21	3,7	3,6	3,8	26,1	25,5	26,7	167,6	163,9	171,3
Tubete	24	4,5	4,4	4,6	29,9	29,3	30,6	165,3	161,4	169,2

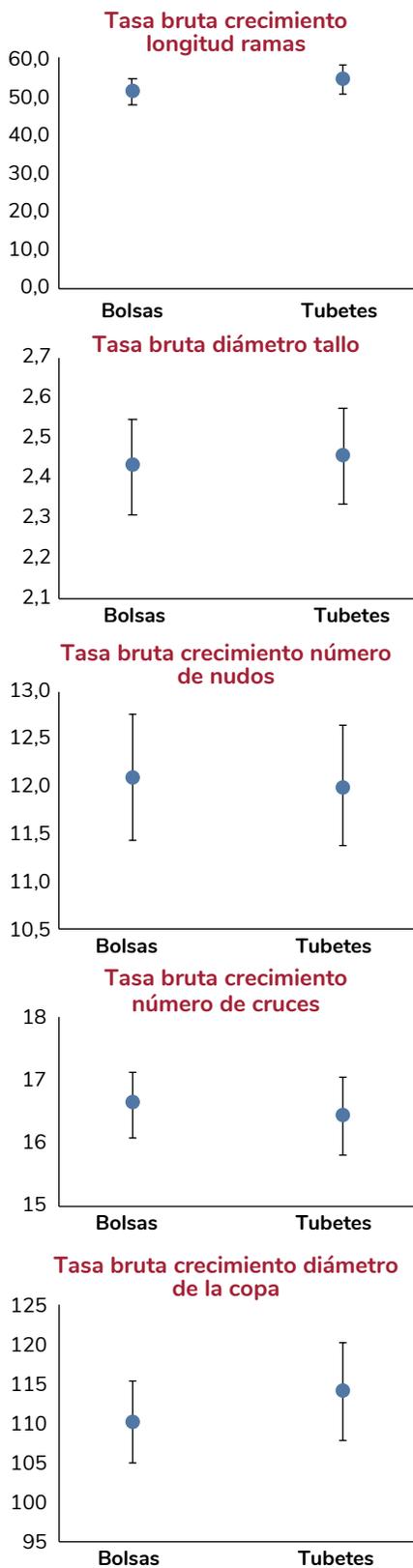


Figura 35. Comportamiento de la tasa bruta de las diferentes variables estudiadas en plantas de 24 meses de sembradas en el campo, provenientes de almácigos establecidos en tubetes y bolsa tradicional.

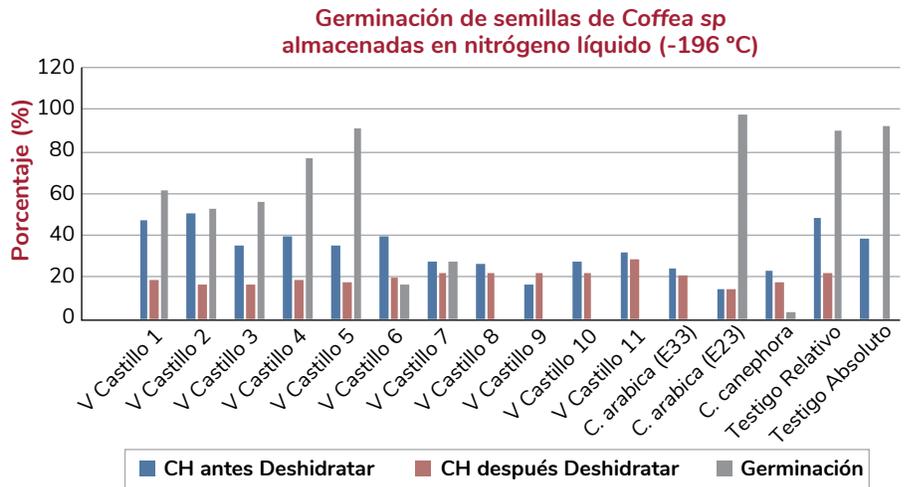


Figura 36. Contenido de humedad (CH) y porcentaje de germinación de semillas de la Variedad Castillo® (Lotes 1 al 11), de las accesiones de Coffea arabica E33 y E23 y de Coffea canephora, que fueron deshidratadas en cámara controlada y almacenadas por congelamiento en nitrógeno líquido durante 2 semanas. Se utilizó una muestra de 150 semillas por cada lote, colocando 50 semillas en caja de Petri (sin tapa) con tres repeticiones. El CH se calculó con una muestra de diez semillas. El testigo relativo fueron semillas de Variedad Castillo® solamente deshidratadas en cámara hermética y el testigo absoluto fueron semillas sin ningún tratamiento. Se graficó el porcentaje de CH de cada lote antes y después de la deshidratación, excepto para el testigo absoluto.

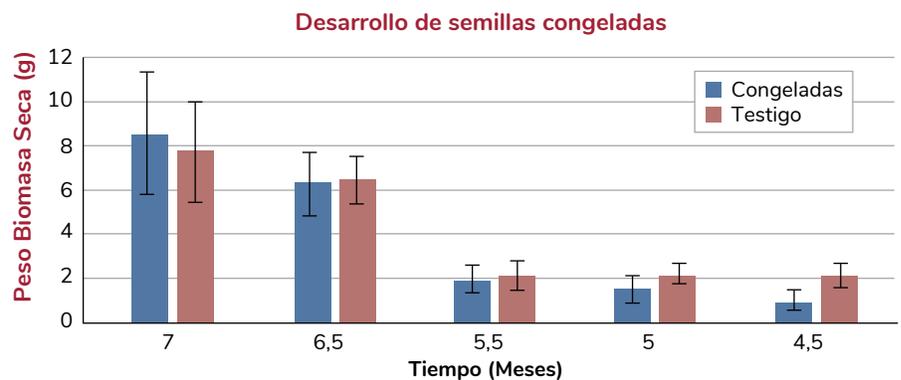


Figura 37. Peso de la biomasa seca de colinos de Variedad Castillo® sembrados a partir de semillas congeladas en nitrógeno líquido. Mediante el método de estufa se registró el peso de biomasa seca de 30 plantas por cada lote sembrado de semillas. El almácigo fue preparado con bolsas de 17 x 23 cm y suelo sin complementos orgánicos. Las plantas fueron fertilizadas con DAP (2,0 g/bolsa) a los 2 meses de su establecimiento en el almácigo.

Fitopatología



PAT104008. Efecto del fungicida cyproconazole + trifloxystrobin en el control de la roya del café, la mancha de hierro y el mal rosado en variedad Caturra.

Desde 2016 se realiza un experimento en café var. Caturra a libre exposición, sembrado a 1,0 x 1,40 m en la Estación Experimental La Catalina (Risaralda), a 1.350 m de altitud, asperjando el fungicida cyproconazole + trifloxystrobin en dosis de 450 y 400 mL ha⁻¹, comparado contra un testigo de referencia comercial cyproconazole + azoxystrobin y otro sin aplicación de productos. Se siguen criterios de control de roya según calendario fijo (CF) para cosecha principal en el segundo semestre del año y el ajustado a floración principal (FP). Transcurrido el 80% de esta investigación se confirman diferencias estadísticas significativas en crecimiento (altura de planta y número de ramas) entre las dos aplicaciones del fungicida cyproconazole + trifloxystrobin a 400 cc ha⁻¹ en CF respecto al testigo absoluto, pero no han sido consistentes al comparar los dos criterios de aplicación. Hubo diferencias estadísticas con menor defoliación de plantas tratadas con el fungicida cuando

se inició el control más temprano 60 d.d.f.p. comparadas con 120 d.d.f.p. aplicadas según el CF. Esas diferencias fueron más notorias en 2019 cuando la roya estaba en desarrollo rápido de la epidemia (abril y mayo); en 2017 la epidemia fue baja (31%), en 2018 fue más alta respecto al 2017 (49%) y en 2019 el máximo fue 41%. En los tres años hubo diferencias significativas en roya a favor de plantas tratadas con cyproconazole + trifloxystrobin y las sin control (Figura 38). Al ocurrir floraciones principales diferentes en 2018 y 2019, el control según la FP inició más temprano, obteniendo menor incidencia y severidad, y mayor cantidad de follaje, sin diferencias entre las dosis del fungicida evaluado. En producción de café no hubo diferencias en 2017 y 2019, pero sí en 2018, a favor de la dosis más baja según el CF contra el testigo absoluto. La producción acumulada total fue mayor en tratamientos aplicados según el CF, seguidos de la FP, y el testigo absoluto tuvo la menor producción. No se observan diferencias en rendimiento ni en calidad física del café, ni se obtuvo contaminación con residuos de los ingredientes activos fungicidas en los granos de café, evaluados 15 o 30 días después aplicados. Sphere-Max® SC 375 es una alternativa viable para el control de la roya en Colombia.

PAT104009. Evaluación de alternativas de manejo químico de enfermedades en diferentes variedades de café bajo sombrío.

Con el fin de ampliar el conocimiento sobre el manejo de enfermedades en diferentes variedades de café bajo sombrío, se está evaluando la aplicación del fungicida cyproconazole + trifloxystrobin en dosis de 400 mL ha⁻¹, en la Estación Experimental Naranjal (Caldas). Se cuenta con las variedades de porte bajo Caturra, Castillo® Naranjal y la progenie CU-1843 sembradas a 1 m entre plantas x 2 m entre surcos (parcelas de 24 plantas), la variedad de porte alto Geisha a 2 m entre plantas x 2,5 m entre surcos (24 plantas/parcela), todas con sombrío de guamo santafereño (*Inga edulis*) a 12 x 12 m. El control de roya se realiza siguiendo el criterio de inicio de aplicaciones 60 días después de ocurrida la floración principal, en dos aplicaciones, comparado con un testigo de referencia comercial cyproconazole + azoxystrobin, en dosis de 750 mL ha⁻¹ con tres aplicaciones, y un testigo absoluto sin aplicación. Los resultados preliminares indican la reducción del crecimiento de las plantas de Caturra debido a la alta incidencia de roya. La aplicación del fungicida cyproconazole + trifloxystrobin en variedades susceptibles a roya ha ejercido una adecuada protección del follaje como preventivo y

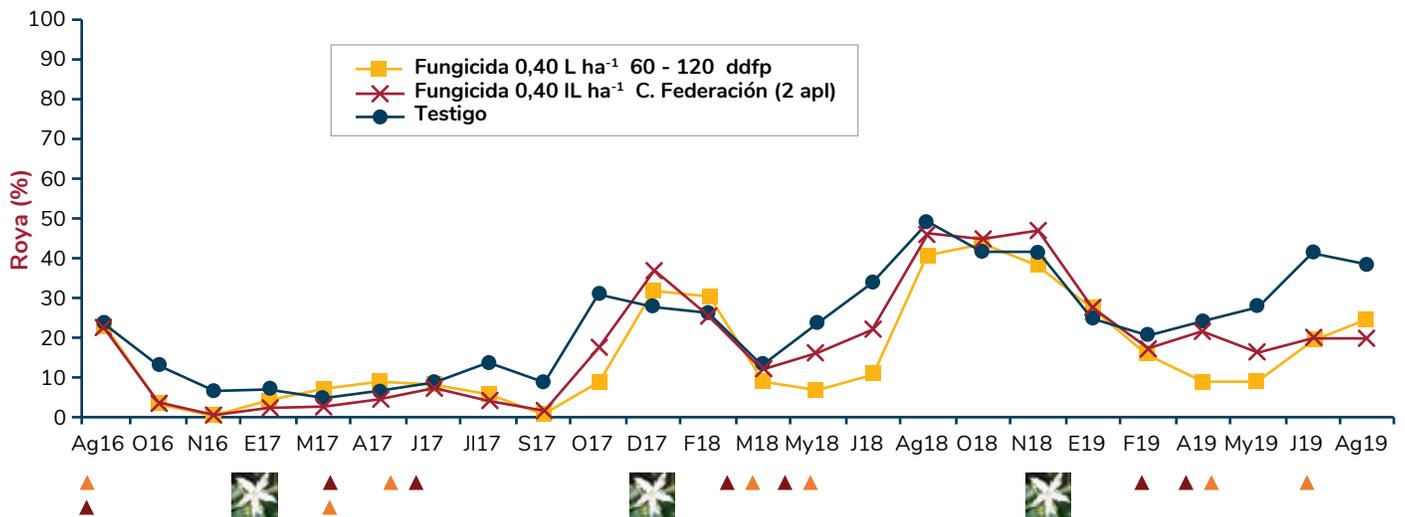


Figura 38. Incidencia de roya (%) comparando los criterios de control según Floración Principal (d.d.f.p., días después de floración principal) y con Calendario Fijo con el fungicida cyproconazole + trifloxystrobin. La línea azul corresponde a las plantas testigo sin control químico. Línea y flecha vinotinto corresponden a la aplicación con calendario de floración, y línea y flecha naranja a la aplicación con calendario fijo.

un efecto curativo. El máximo de roya se alcanzó en julio de 2019 en las plantas no tratadas (Caturra 58% y Geisha 62%), en la transición entre la cosecha del primer y segundo semestres. La tercera aplicación del fungicida testigo de referencia ha sido útil para mayor control. En las variedades resistentes y en las plantas no tratadas con el fungicida, la roya alcanzó el máximo de infección en septiembre de 2019 (Castillo® Naranjal 25% y la línea CU-1843 37%), lo cual está dentro de los rangos esperados para estos materiales sin afectarse aún la producción, teniendo en cuenta el comportamiento diferencial de las epidemias. El control en Geisha a pesar de su efectividad, no muestra diferencias estadísticas en producción de café entre plantas tratadas y no tratadas transcurrida las cosechas de 2018 y parcialmente la de 2019 (60%). Para contar con mayor claridad del efecto de la roya en estas condiciones de sombrero, ambientales y de manejo, se requiere evaluar mínimo cuatro cosechas.

PAT104013. Efecto del inductor de resistencia isotianil, isotianil + fosetyl-aluminio y el producto biológico *Bacillus subtilis*, cepa QST 713, en el control de la roya y la mancha de hierro del cafeto en almácigo. En la búsqueda de compuestos con potencial de inducción de resistencia en la planta para el manejo integrado de enfermedades como la roya, *Hemileia vastatrix*, y la mancha de hierro, *Cercospora coffeicola*, se evalúan el inductor químico isotianil, el fungicida e inductor isotianil + fosetyl-aluminio, y el biológico *Bacillus subtilis* QST713. La germinación *in vitro* de urediniosporas de roya se inhibió totalmente por isotianil + fosetyl- Al y *Bacillus*

subtilis QST713, y parcialmente por isotianil y el inductor de referencia Acibenzolar-S-metil (ASM). En los experimentos previos en plantas de almácigo var. Caturra se aplicaron los productos desde los 2 meses de edad, cada 2, 4 o 6 semanas, en dosis baja, alta y la recomendada por el fabricante, y se compararon con testigos de ASM, agua, testigo absoluto sin aplicación, y el fungicida cyproconazole, en ambientes bajo umbráculo y a libre exposición para infección natural por roya y mancha de hierro. En experimentos siguientes se aplicaron dosis recomendadas cada 2 semanas en diferentes ambientes, bajo incremento de presión de inóculo con plantas dispersoras e inoculación artificial. No hubo efectos sobre la incidencia de ambas enfermedades, pero sí en menor severidad respecto a los testigos sin aplicación o con agua, sin ser comparables con el cyproconazole. *Bacillus subtilis* QST713 logró reducir la severidad de roya y para mancha de hierro Isotianil + Fosetyl-Al redujo la defoliación. El efecto de los inductores dependió de ambientes bajo sombrero y fue menor a libre exposición; la alta defoliación afectó la incidencia y severidad de estas enfermedades, siendo menor en casa de malla a 60% de sombreado respecto a los aplicados bajo polisombra al 47% o libre exposición. Estos inductores actuaron sobre la planta y parcialmente sobre los patógenos, y pueden favorecer el área foliar, menor defoliación y mayor biomasa en pesos fresco y seco. El efecto del producto *Bacillus subtilis* QST713 fue de respuesta corta preventiva, activada entre 1 y 7 días después de aplicado en dosis de 12 mL L⁻¹ (Figura 39), de efecto local y no sistémico que se reduce progresivamente en la planta, característico de algunos

inductores, limitando su uso para manejo comercial actual por los caficultores, pero con potencial en rotación de productos.

PAT104014. Aplicación preliminar de un producto formulado, derivado de la industria alimenticia para el manejo de la roya del café en almácigo.

Para generar alternativas de manejo integrado de enfermedades, reducir la presión de selección sobre los patógenos, con menor impacto ambiental y económico, se está evaluando el potencial como inductor de resistencia de un producto comercial derivado de subproductos de la industria alimenticia internacional. Concentraciones de 2,0%, 0,5% y 0,1% inhibieron la germinación *in vitro* de urediniosporas de roya, y sólo germinaron

el 0,14% de las esporas a la concentración más baja. En invernadero, concentraciones al 0,5% y 2,0% aplicadas preventivamente, redujeron o inhibieron el desarrollo de lesiones de roya en plantas de almácigo de var. Caturra, obteniendo 13,75% y 0% de lesiones esporuladas, respectivamente (Figura 40), mientras que en el testigo absoluto, sin aplicación, el 100% esporularon activamente. En plantas cultivadas en viveros con umbráculo al 47% (La Granja y Estación Naranjal) e invernadero (Planalto), se evaluaron las tres dosis del producto con aplicaciones únicas 15, 30 y 45 días antes de la inoculación de roya. No hubo efecto sobre la incidencia y se redujo significativamente la severidad de la enfermedad en hojas tratadas (efecto local), en dos de las tres localidades. Las mejores dosis fueron 0,5% y 2,0%, sin diferencias a los 30 y 45 días para Planalto y La Granja, con severidad promedio inferior al 8,0%, mientras que los testigos aplicados con agua y absoluto sin aplicación estuvieron entre 20% y 30%. Con la dosis y frecuencia seleccionadas, 0,5% aplicado cada 30 días, se evaluó la inducción de resistencia a roya durante cinco meses en Naranjal, en vivero con umbráculo al 47%. No se obtuvieron diferencias en la incidencia y severidad de roya, ni en la defoliación y área foliar, ni en los pesos fresco y seco de las plantas al compararlos con los testigos, pero sí se obtuvieron diferencias estadísticas a favor en la altura de las plantas. Existe un potencial para la inducción de defensas en la planta con este producto en condiciones semi-controladas, con acción preventiva y local. Sin embargo, se requiere seguir investigando en condiciones comerciales y de campo, para otras localidades y enfermedades del café.

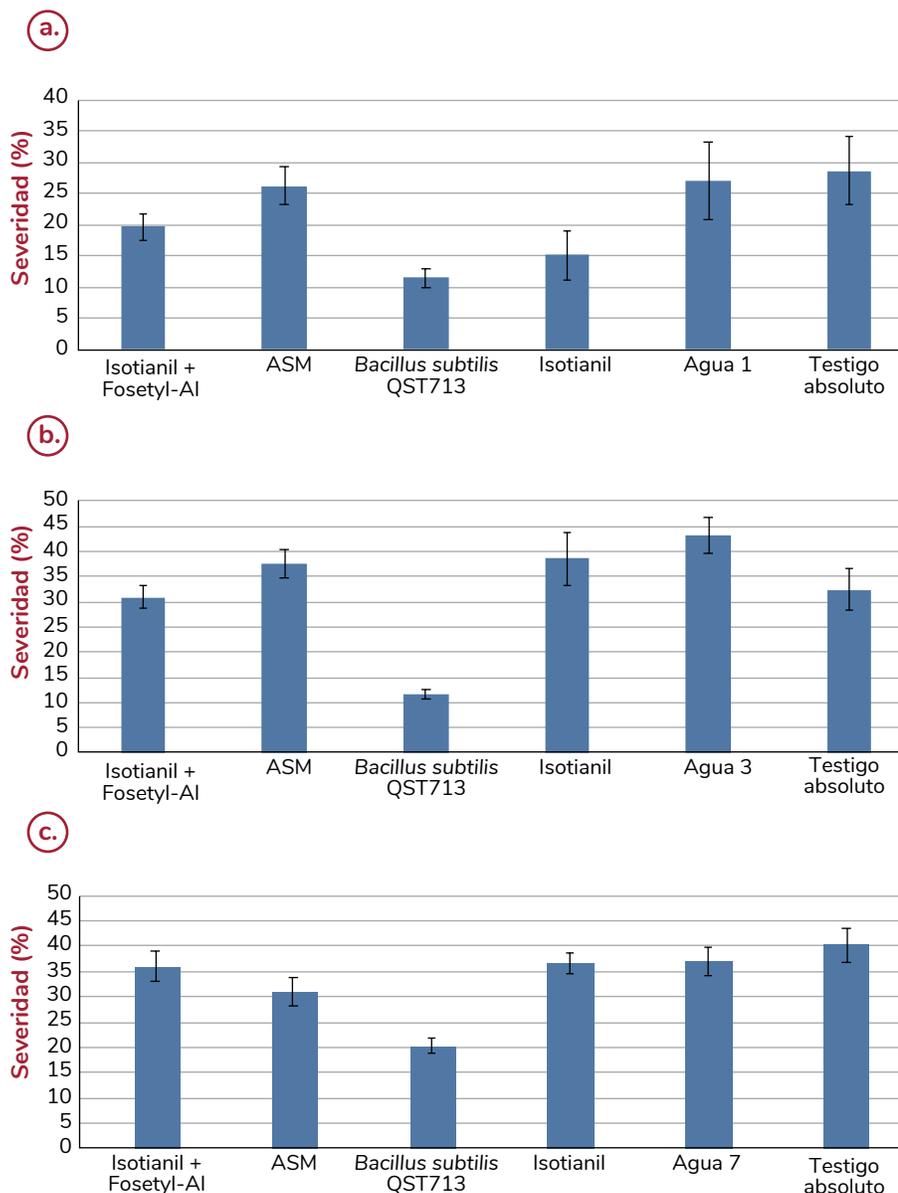


Figura 39. Severidad de roya (*Hemileia vastatrix*) medida como porcentaje de área afectada por hoja por planta, en plantas de almácigo var. Caturra bajo polisombra del 47%, 45 días después de inoculadas con roya, en el experimento de aplicación de productos inductores de resistencia en respuesta corta: a. Un día; b. Tres días; c. Siete días antes de inoculación artificial de urediniosporas de roya.

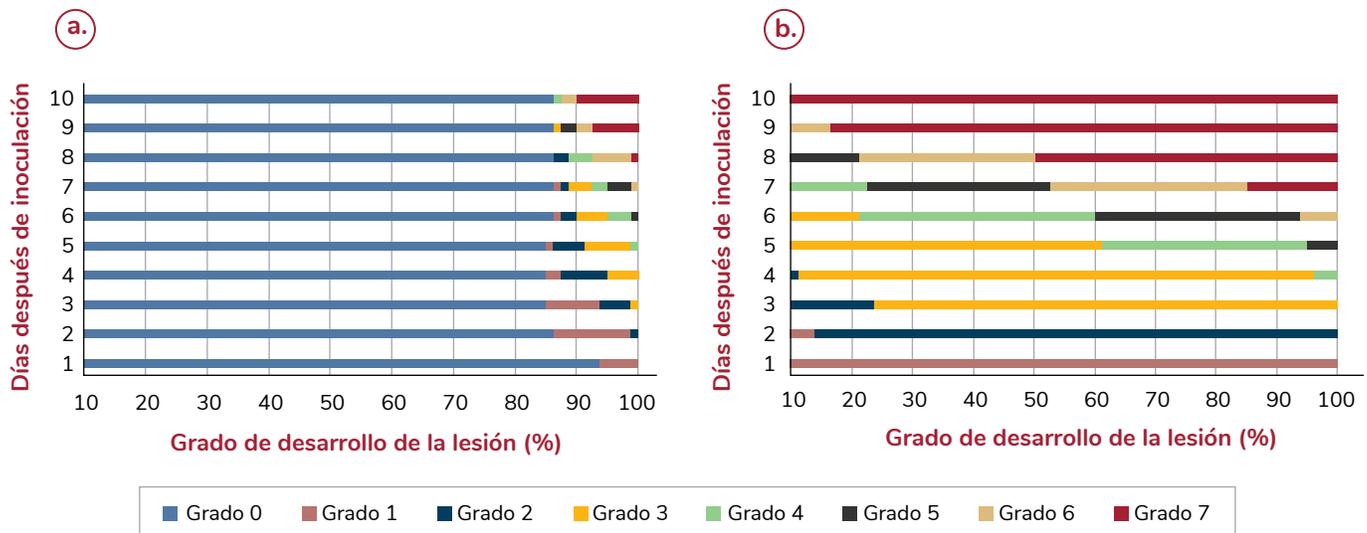


Figura 40. Porcentaje de desarrollo de las lesiones de roya, *Hemileia vastatrix*, en hojas de café var. Caturra. Grado de avance de lesiones según la escala de Leguizamón (1983). **a.** Plantas tratadas con producto inductor en estudio; **b.** Plantas testigo sin aplicación de productos.

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

La roya del cafeto es una enfermedad de alta importancia económica y sigue siendo una amenaza para la caficultura de Colombia y el mundo. La principal estrategia de manejo es la siembra de variedades compuestas resistentes (Tabi, Castillo® y Cenicafé 1), desarrolladas por FNC – Cenicafé. En la medida que el área sembrada con estas variedades en Colombia ya alcanza el 82% en el 2019, también se incrementa la presión de selección hacia este patógeno, obligándolo a mutar, evolucionar y adaptarse a los componentes de las variedades. Se registran más de 50 razas fisiológicas de *H. vastatrix* en el mundo, diez de ellas en Colombia, pero es clara la aparición de razas o variantes desconocidas más complejas en su genotipo y comportamiento en todos los países cafeteros. Las evaluaciones realizadas por la Disciplina de Fitopatología desde 2016, de incidencia y severidad de roya sobre las progenies componentes de las variedades en Colombia indican el avance de la enfermedad en el campo de forma variable, sin afectar aún su producción como variedad, lo cual ha apoyado la recomposición preventiva de Castillo® y Cenicafé 1. Esto concuerda con estudios previos en genotipos experimentales de café con diversos patrones de respuesta a roya a través del tiempo y en diversos ambientes. Para continuar estudiando de forma proactiva la dinámica de la roya en Colombia y prevenir impactos económicos para los caficultores se avanza en la evaluación cuantitativa de porcentajes de incidencia

y severidad de roya, priorizada inicialmente a las 28 progenies componentes de variedades Castillo® Zonales Norte, Centro y Sur, y Cenicafé 1 en las Estaciones Experimentales (Figura 41). Se inició la caracterización patogénica para la determinación de progenies fuentes de inóculo de royas agresivas y las progenies de café que pueden infectarse por estas razas mediante inoculaciones cruzadas. Luego, se realizarán estudios genéticos sobre estas razas y se determinarán cambios en su comportamiento sobre las progenies componentes. Estas investigaciones son importantes para implementar medidas de monitoreo y manejo, para fortalecer el desarrollo de variedades por la FNC - Cenicafé con resistencia durable, diversas, altamente productivas, de amplia adaptabilidad y con calidad sobresaliente.

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

El hongo biótrofo *Hemileia vastatrix* causante de la roya del cafeto compromete la productividad y rentabilidad del cultivo en todo el mundo. Como parte de la coevolución del patógeno con el cafeto, han surgido nuevas razas complejas que afectan a distintas variedades en todos los países incluyendo a Colombia, y se dificulta o no ha sido posible su caracterización convencional mediante plantas diferenciales, por lo que se requieren nuevos métodos. El objetivo de esta investigación es desarrollar marcadores moleculares microsátélites polimórficos a partir de secuencias simples repetidas (SSR) en datos genómicos del ADN de *H. vastatrix*, como una alternativa para caracterizar

la diversidad del hongo presente en el campo y su relación con las variedades de café que infectan.

A partir de secuencias genómicas de diez aislamientos de roya se identificaron inicialmente 5.469 SSRs con alineamiento único en cada una de las secuencias desafiadas, identificando

2.490 SSRs polimórficos, de los cuales 298 se seleccionaron como marcadores moleculares (CENHV) con alto potencial. Estos marcadores se probaron mediante PCR electrónico *in silico* (e-PCR) en los diez aislamientos (secuencias genómicas), generando perfiles diferentes para cada uno de ellos, algunos asociados a la variedad de café de

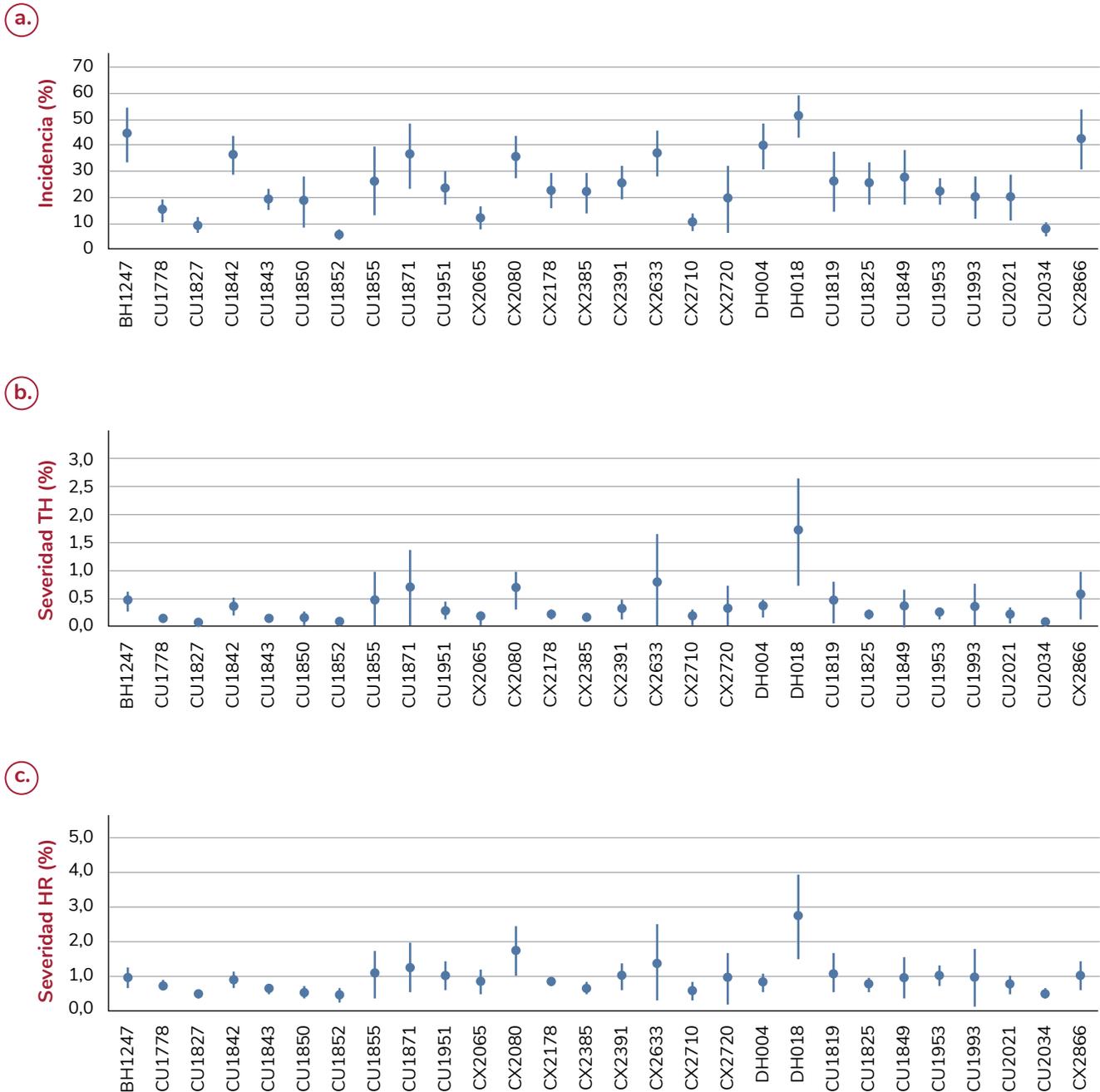


Figura 41. Evaluación cuantitativa de los porcentajes de incidencia y severidad de roya en 28 progenies componentes de las variedades Castillo® Zona Norte, Centro y Sur y Cenicafé 1. **a.** Incidencia expresada como porcentaje de hojas afectadas por roya en las ramas evaluadas; **b.** Severidad expresada como porcentaje de área afectada por roya en la hoja, considerando el total de hojas de las ramas evaluadas; **c.** Severidad expresada como porcentaje de área afectada por roya en la hoja, considerando sólo las hojas enfermas en las ramas evaluadas. Evaluaciones realizadas por la Disciplina de Fitopatología en los tercios bajo, medio y alto de la planta en el máximo de la epidemia de roya en septiembre de 2019, para árboles entre 31 y 53 meses de edad en la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná, Caldas).

donde se aislaron. No se observaron diferencias aparentes entre los perfiles de aislamientos de Brasil y Colombia probados, posiblemente por ser poblaciones americanas con ancestros comunes. Se sintetizaron 12 marcadores CENHV (17315, 02884, 14771, 01099, 08738, 17282, 14853, 09712, 11384, 03909, 02687 y 08302) que se probaron en siete muestras del aislamiento de roya HvPAT01, recolectado en Pereira (Risaralda) para análisis preliminares. Al comparar los resultados obtenidos de la PCR de punto final en el laboratorio y la e-PCR, no hubo ajuste entre los perfiles generados con los otros diez aislamientos (Figura 42), permitiendo inferir que el aislamiento recolectado en el campo es diferente a los evaluados para el desarrollo *in silico*. Estos marcadores moleculares podrían proporcionar una fuente de información novedosa sobre diversidad para los estudios sobre la biología del patógeno y su potencial evolutivo en las poblaciones de roya, lo cual se continuará investigando en un mayor número de aislamientos con orígenes contrastantes en variedad de café y geográficamente.

ENT107006. Convenio SGR Huila, componente Disciplina de Fitopatología. Diseñar un sistema de alertas tempranas como herramienta para la toma de decisiones basados en el monitoreo de clima, plagas, enfermedades, proyección de producción y calidad de la cosecha.

Epidemiología y manejo de roya del cafeto en cultivos del sur del Huila. En evaluaciones mensuales realizadas desde enero de 2016 a agosto de 2019 se monitoreó el porcentaje de incidencia de roya y muerte descendente mediante muestreo sistemático (1/K), en una rama del tercio productivo en 60 árboles por parcela, en dos parcelas por altitud, una con variedad susceptible (Caturra) y otra resistente (Castillo®). Las parcelas estaban ubicadas cada 200 m de altitud, desde los 1.200 hasta los 1.800 m, en los municipios de La Plata y Pitalito (Huila). Posteriormente, estos datos se correlacionaron con variables climáticas generadas por estaciones ubicadas en cada una de las altitudes, para determinar patrones de favorabilidad climática a la enfermedad conocidos como índices compuestos de infección- ICIR, y consecuentemente, la generación de una posible alerta. El monitoreo de roya indicó porcentajes de

incidencia del 50% al 75% en diferentes altitudes en lotes de Caturra, alcanzando los máximos de la epidemia entre los meses de julio a septiembre en ambos municipios, que contrastan con la incidencia inferior de 20% para la Variedad Castillo®.

En el monitoreo de muerte descendente, para ambos municipios se registraron incrementos puntuales en incidencia en altitudes superiores a 1.600 m, en los meses de mayores vientos, bajas temperaturas nocturnas y mayor radiación, como sucede en las épocas secas (enero a marzo y julio a septiembre), tanto en Caturra como en la Variedad Castillo®. Se encontró relación entre la incidencia por muerte descendente y la defoliación causada por roya en Caturra, con respecto a la variedad resistente, sin impactos epidemiológicos ni económicos. En ambos transectos se presentaron factores climáticos que condicionaron el desarrollo de las enfermedades con diferencias en su dinámica entre altitudes y localidades (Figura 43). Finalmente, se validó el manejo químico de la roya en dos lotes a 1.200 y 1.400 m de altitud en Pitalito, según criterio de calendario fijo, acorde a patrones de cosecha, y el ajustado a la floración principal, comparados con el criterio del agricultor. El conocimiento de la epidemia asociada a variedades resistentes vs. susceptibles indicó el impacto de las primeras, y la necesidad del manejo de la roya en las susceptibles, lo cual contribuye a la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de producción de café.

Cuantificación de inóculo en el aire de *Hemileia vastatrix* como un componente a considerar en la epidemiología de la roya del cafeto en cultivos en el Sur del Huila.

La cantidad y movimiento del inóculo de esporas de roya en el aire es un elemento a considerar en la epidemiología de la enfermedad en el campo. Se realizaron evaluaciones entre enero de 2018 y agosto de 2019, cuantificando cada hora las urediniosporas de *H. vastatrix* en el aire en dos cultivos comerciales de variedad susceptible Caturra y dos de la variedad resistente Castillo®, ubicados cada 200 m de altitud desde 1.200 m hasta 1800 m en Pitalito (Huila). La concentración de urediniosporas por metro cúbico (m³) de aire muestra tres picos importantes en enero, octubre y diciembre de 2018 en las cuatro altitudes, que concuerdan con picos de alta incidencia de roya en el campo y el período de cosecha de café. Esta concentración e incidencia fueron diferentes entre variedades, siendo mayor en Caturra con promedio de 26.000 esporas/m³ de aire en enero, 34.000 en octubre y 20.000 en diciembre, comparada con la variedad Castillo® con 12.000 esporas/m³

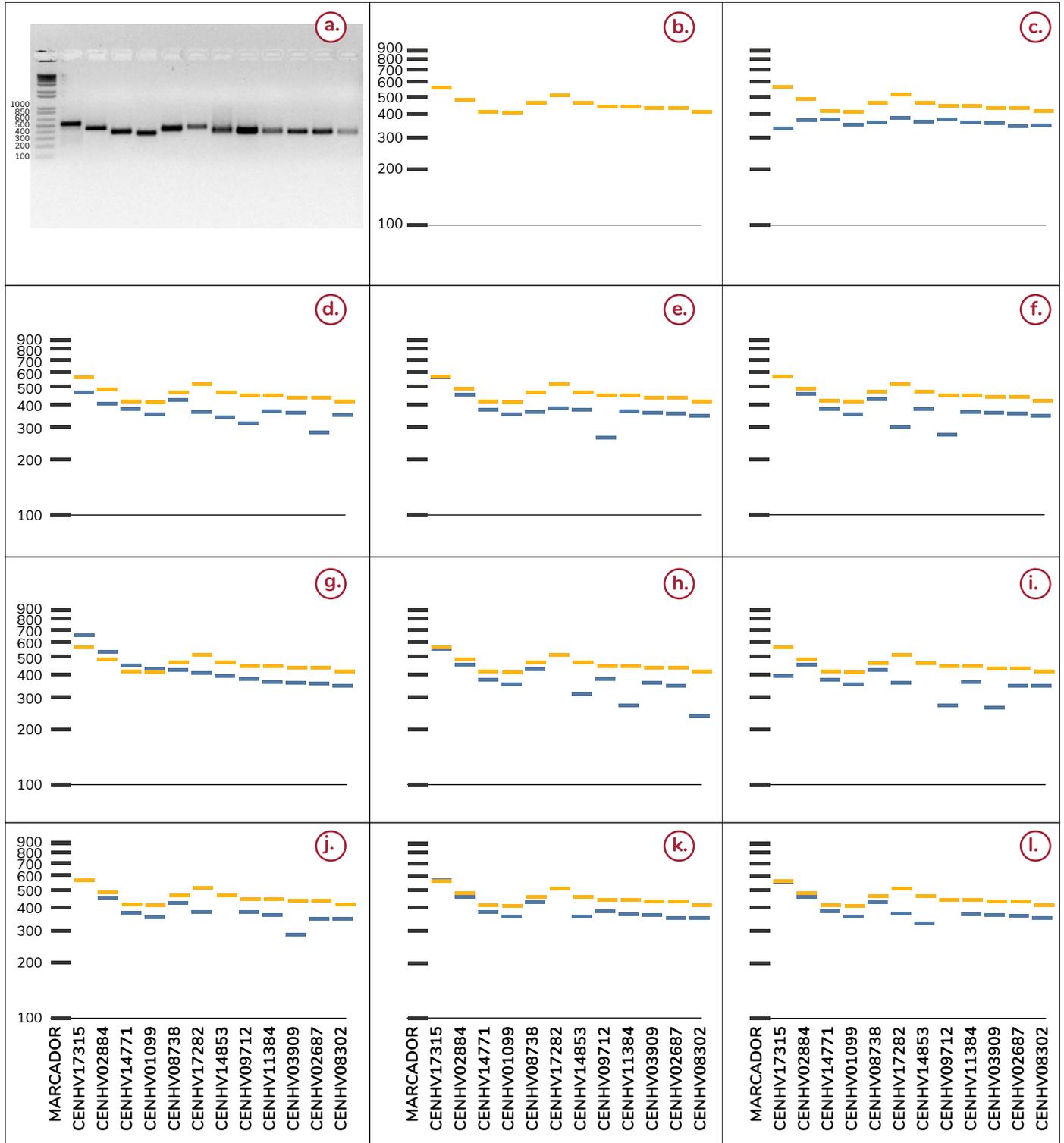


Figura 42. Perfil de amplificaciones de PCR y e-PCR para aislamientos de *H. vastatrix* con 12 marcadores CENHV. **a.** Perfil PCR del aislamiento de *H. vastatrix* HvPat01 con marcadores CENHV; **b.** Perfil e-PCR del aislamiento de *H. vastatrix* HvPat01 con marcadores CENHV; **c.** Perfil e-PCR del aislamiento Hv33 con marcadores CENHV; **d.** Perfil e-PCR del aislamiento Hv387CLC con marcadores CENHV; **e.** Perfil e-PCR del aislamiento Hv494 con marcadores CENHV; **f.** Perfil e-PCR del aislamiento HvCat con marcadores CENHV; **g.** Perfil e-PCR del aislamiento HvCAT1A con marcadores CENHV; **h.** Perfil e-PCR del aislamiento HvDQ952 con marcadores CENHV; **i.** Perfil e-PCR del aislamiento HvH179CLC con marcadores CENHV; **j.** Perfil e-PCR del aislamiento Hv569 con marcadores CENHV; **k.** Perfil e-PCR del aislamiento Hv701 con marcadores CENHV; **l.** Perfil e-PCR del aislamiento HvMar con marcadores CENHV.

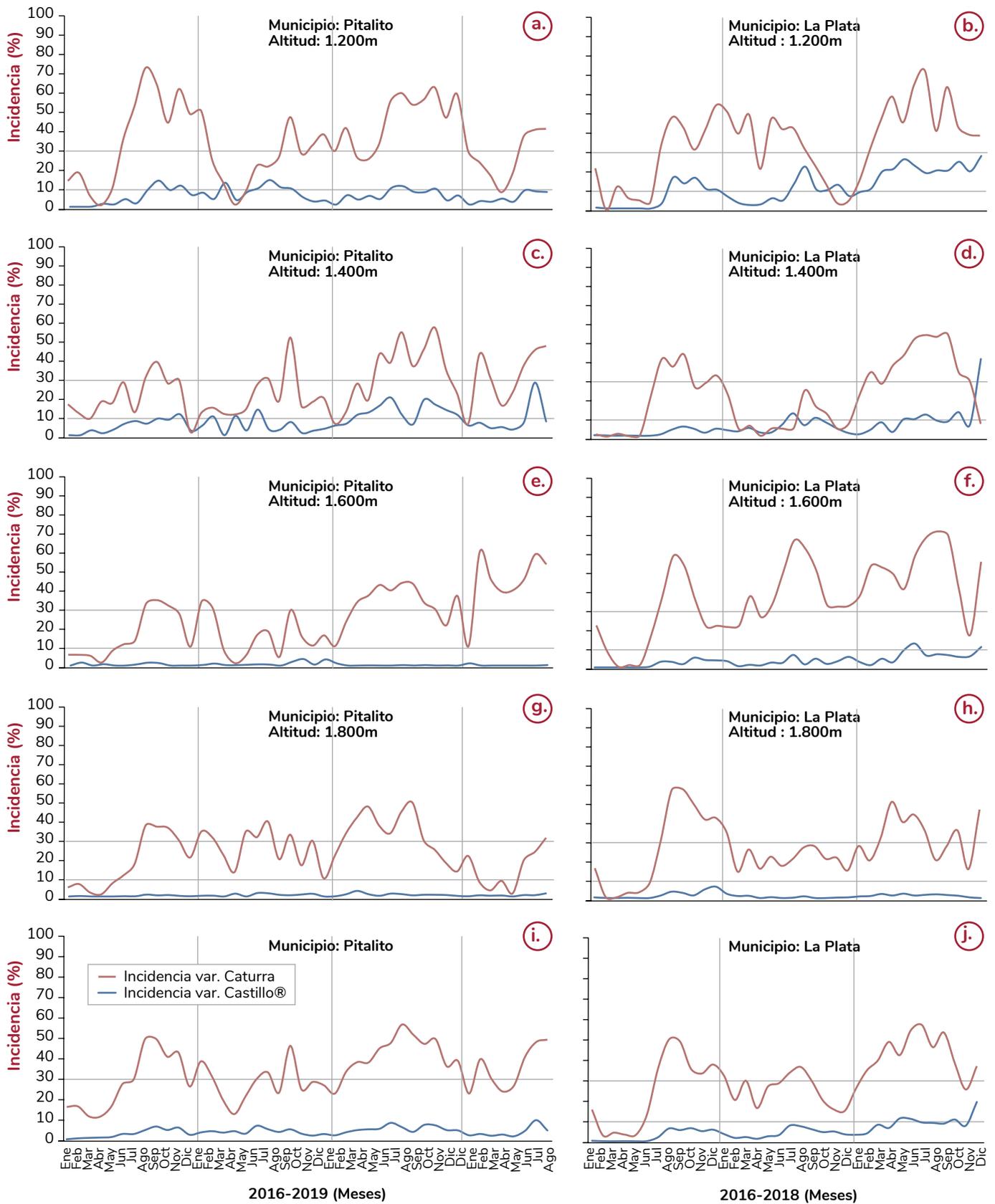


Figura 43. Dinámica de la roya en variedad susceptible (var. Caturra) y variedad resistente (var. Castillo®) en los municipios de Pitalito y la Plata (Huila), en el período de enero de 2016 a agosto de 2019. **a-b.** Dinámica de la enfermedad a 1.200 m de altitud; **c-d.** A 1.400 m de altitud; **e-f.** A 1.600 m de altitud; **g-h.** a 1.800 m de altitud; **i-j.** Promedio del comportamiento de la enfermedad en la variedad susceptible (var. Caturra) frente a variedad resistente (var. Castillo®), en cuatro perfiles altitudinales.

en enero, 25.000 en octubre y 15.000 en noviembre. Al comparar la concentración de urediniosporas durante las 24 horas del día se observaron diferencias entre altitud y variedad; por debajo de 1.500 m de altitud los mayores picos estuvieron en la noche entre las 19:00 h y 21:00 h, y por encima de 1.500 m estuvieron en el día entre las 09:00 h y 11:00 h (Figura 44). Al comparar la concentración de esporas con variables climáticas como velocidad y dirección del viento, se observa que Castillo® a 1.400 m de altitud recibió mayor presión de inóculo en el aire entre septiembre y diciembre, dada la circulación de corrientes de viento ascendente desde el valle a la montaña y diseminándose en dirección Norte-Oriente, pero no presentó alta incidencia de roya en las plantas. Estos resultados preliminares muestran diferencias entre la distribución del inóculo

de roya en el aire en variedades resistentes versus susceptibles, a diferentes altitudes. Finalmente, para caracterizar poblaciones del patógeno obtenidas de estos cultivos de Caturra y Castillo® del Huila, inoculaciones cruzadas de roya sobre progenies de café componentes de las variedades desarrolladas por la FNC – Cenicafé mostraron diferencias entre poblaciones (Figura 44), enfatizando nuevamente la importancia de establecer materiales con resistencia como la variedad Castillo® con origen en semilla certificada.

PAT102001. 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.

Durante la vigencia de 2019 se avanzó en la toma de datos para el censo y la evaluación de incidencia y severidad de la enfermedad, completando 24 meses en el lote de cultivo de café en la Estación Experimental El Tambo (Cauca, EET), y 17 meses en el lote Villa Luz en Miraflores (Boyacá, LMB). En el registro mensual de variables de clima y microclima se encontró que la humedad relativa (HR) superó el 75%, alcanzando el 100% en la noche en LMB, en tanto que en la EET estuvo entre el 70% y 95%, siendo estas condiciones son altamente favorables para *Mycena citricolor* durante las 24 horas del día. En LMB los meses con días de HR menor al 70% se presentaron de febrero a abril y en la EET de julio a octubre. Los meses con precipitación de 100 mm acumulados en el mes se presentan de mayo a octubre en LMB y de noviembre a mayo en EET. Durante estos períodos la radiación global y la

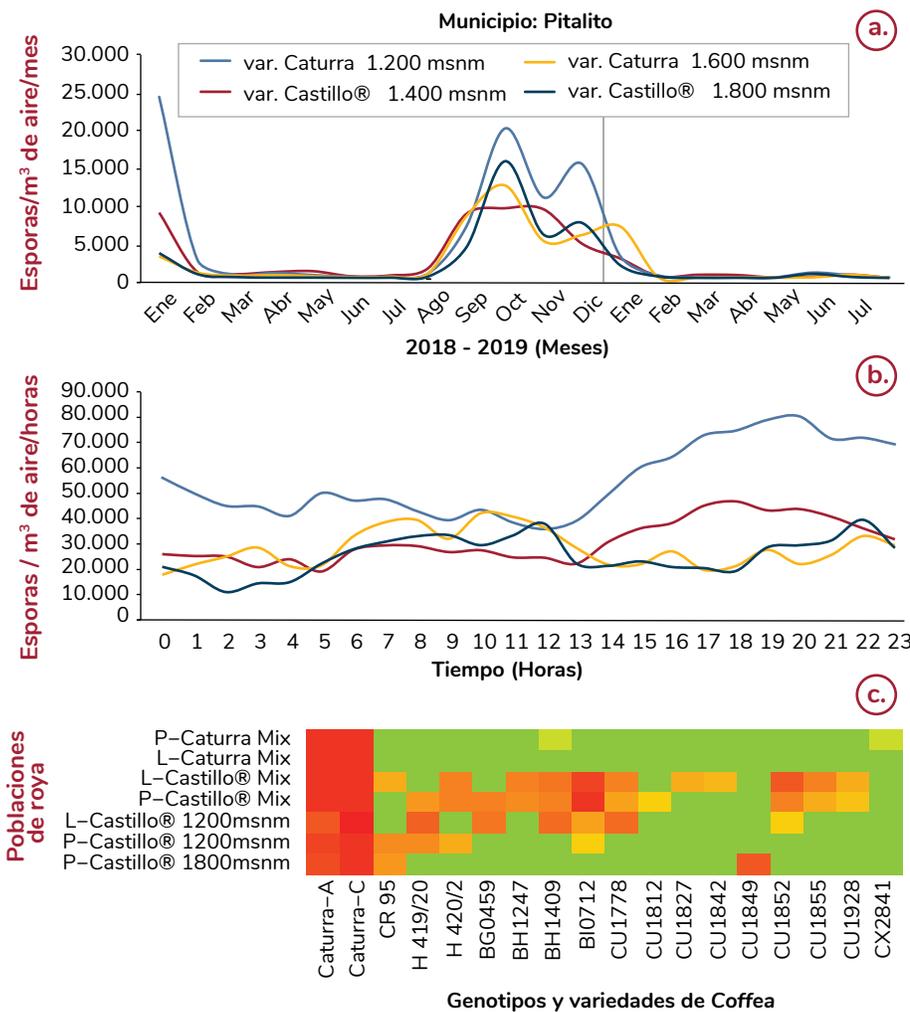


Figura 44. Concentración promedio de urediniosporas de roya por metro cúbico (m³) de aire durante todo el día en el transecto altitudinal en el municipio de Pitalito (Huila), para la variedad susceptible Caturra a 1.200 y 1.600 m de altitud, y la variedad Castillo® a 1.400 y 1.800 m, en el período de enero de 2018 a agosto de 2019. **a.** Concentración promedio por mes en las cuatro altitudes; **b.** Concentración promedio, por cada hora, comparando las cuatro altitudes; **c.** Inoculaciones cruzadas de roya sobre hojas desprendidas de algunos genotipos de café de interés y componentes de las variedades desarrolladas por la FNC – Cenicafé; el color verde representa genotipos sin esporulación en los sitios inoculados (0/32), colores amarillo a rojo representan niveles intermedios del número de lesiones esporuladas en la variedad o progenie, siendo rojo el de mayor esporulación (32/32).

fotosintéticamente activa es indirectamente proporcional a la lluvia, debido a la alta nubosidad y neblina presente en estas zonas. La temperatura media fue de 18°C para la EET y de 20°C para LMB. La incidencia de gotera en lotes siempre superó el 95%. La evaluación de hojas sanas, enfermas y defoliadas en 60 plantas/lote (seis ramas/planta) fue la mejor variable para representar la severidad. Se encontraron patrones de agrupamiento para plantas que se describen entre donadoras y receptoras de la enfermedad. Sin embargo, por la edad del cultivo, la intensidad de la epidemia está dispersa en todo el lote con una dirección de adentro hacia afuera dependiendo del mes del año y sus condiciones ambientales (Figura 45).

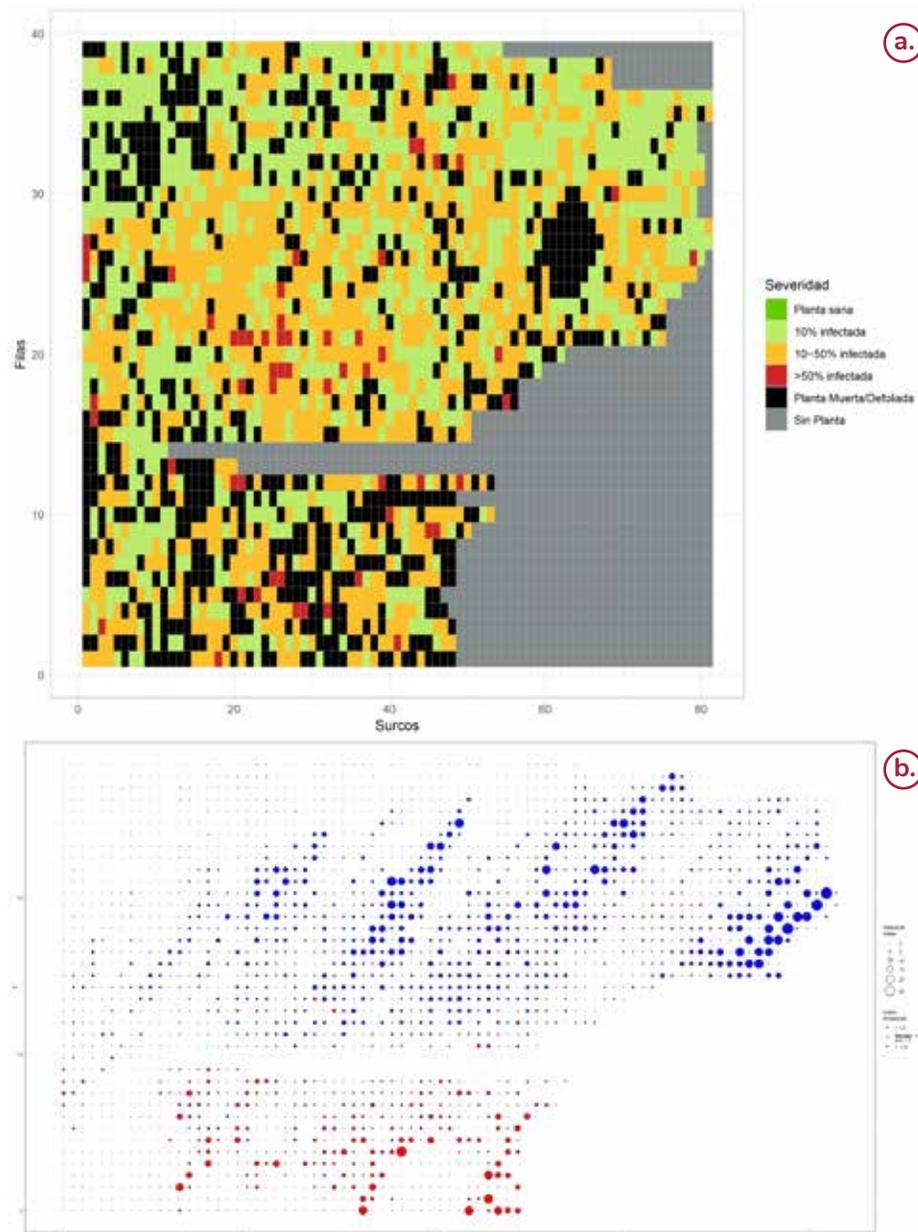


Figura 45. Evaluación de severidad de Gotera (*Mycena citricolor*) para el mes de junio de 2019. **a.** Distribución de la enfermedad por categorías; **b.** Mapa mostrando los índices de agrupamiento de Perry, donde el color azul muestra las plantas receptoras y el color rojo las plantas donantes según los valores absolutos del índice.

PAT105004. Desarrollo de un método de diagnóstico para la detección específica de *Colletotrichum kahawae* subsp. *kahawae* por PCR en tiempo real. La enfermedad de las cerezas del café conocida como CBD (por Coffee Berry Disease), es ocasionada por el hongo *Colletotrichum kahawae* subsp. *kahawae* (Ckk), que representa una seria amenaza para la caficultura colombiana. Actualmente, el CBD está restringido al África, pero hay un alto riesgo de dispersión a los demás países cafeteros en el mundo debido a los mercados globalizados, turismo especializado y asociado a café, y procesos de migración legal o ilegal, que son difíciles de controlar o vigilar. En el momento no hay disponibilidad en el mundo de un protocolo de diagnóstico estandarizado y validado para la detección oportuna de este hongo, que permita reducir el riesgo de ingreso y establecimiento del patógeno en Colombia. El objetivo de esta investigación es diseñar y validar en la FNC - Cenicafe un método específico, sensible, rápido y confiable por PCR, en tiempo real, con análisis de fusión de alta resolución, para la detección temprana de Ckk. Los avances de esta investigación incluyen: (i) selección de seis regiones en el ADN de especies de *Colletotrichum* spp. en estudio, que son resultado de la búsqueda y análisis de secuencias de ADN en bases de datos internacionales; (ii) diseño y evaluación de cebadores o primers, con análisis de calidad y características de las regiones del ADN que amplifican, los cuales se diseñaron buscando especificidad hacia Ckk y especies de *Colletotrichum* del complejo *Gloeosporioides* registradas en café; (iii) obtención de 51 aislamientos nativos de *Colletotrichum* spp. en cultivos de café en Colombia con reportes de afectación por

este hongo (Figura 46), adquisición de siete cepas de referencia de *Colletotrichum* spp. internacionales como testigos, y aislamientos de tres géneros de hongos patógenos de café como controles de la prueba.

PAT101003. Definir las recomendaciones de nutrición en función de sus necesidades y de una microbiota nativa incorporada, integrada a un sistema de información geográfico.

En el marco del convenio “Aplicación de Ciencia, Tecnología e Innovación en el Cultivo de Café Ajustado a las Condiciones Particulares de la Caficultura del Huila” se recolectaron micorrizas arbusculares (MA) en café y se valoró su beneficio en biomasa y nutrición de las plantas. Se seleccionaron en las seis zonas agroecológicas de ese departamento y en los 35 municipios cafeteros, 105 lotes de café. Se realizaron 210 cultivos trampa con los hospedantes kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y el pasto *Brachiaria decumbens*. Se encontraron diferentes especies nativas de MA en

todos los suelos cafeteros, con rangos entre 5 y 2.392 esporas/100 g de suelo y colonización en las raíces de café entre 1,0% y 51,0%. La identificación taxonómica y molecular de las esporas registró la presencia de los órdenes Diversisporales, Glomerales, Archaeosporales y Paraglomerales. A 13 inóculos de MA nativas de los municipios de Garzón, Elías, Isnos, Palestina, San Agustín, Timaná, Tarqui, La Argentina, La Plata y Colombia, se les evaluó la efectividad en almácigos de café de la variedad Cenicafé 1 (20 plantas con MA y 20 sin la MA/municipio). Las plantas al momento de la siembra se asociaron con 10 g de inóculo completo cada una. Durante seis meses, las plantas de café en el almácigo estuvieron nutridas con la solución de Hoagland's. Con todos los inóculos se presentaron diferencias estadísticas significativas en crecimiento a favor de las plantas asociadas con las MA, con efectos diferenciales de cada inóculo sobre el desarrollo de las plantas. La producción de esporas en la rizósfera de las plantas tratadas con colonizaciones en las raíces entre 5,0% y 92,0%. En nutrientes, se evidenciaron diferencias estadísticas significativas en el fósforo foliar a favor de las plantas con las MA nativas. Con seis de los inóculos se evidenció una alta dependencia micorrizal de las plantas de café, mientras que con dos de ellos esa dependencia fue marginal y con cuatro estuvo moderada (Figura 47). La alta diversidad de las MA asociadas a las raíces de plantas de café en este estudio indica que se requiere en muchos otros sistemas de producción de café identificar, conservar y aprovechar estos organismos por la labor benéfica que están realizando en el desarrollo de las plantas y en su nutrición.



Figura 46. Síntomas asociados al hongo *Colletotrichum* spp. en ramas, hojas y flores de cafeto en el campo. **a.** Fragmento de rama en el que se observan cojines florales con botones completamente necrosados y en los cuales aparentemente no se afectó la formación de los frutos; **b.** y **c.** Diferentes grados de afectación en botones y flores; **d.** Flor y fruto afectados. **e.** Síntomas en hoja; **f.** y **g.** Aislamientos de *Colletotrichum* spp. obtenidos de órganos de plantas afectadas en el campo y cultivados en el laboratorio.

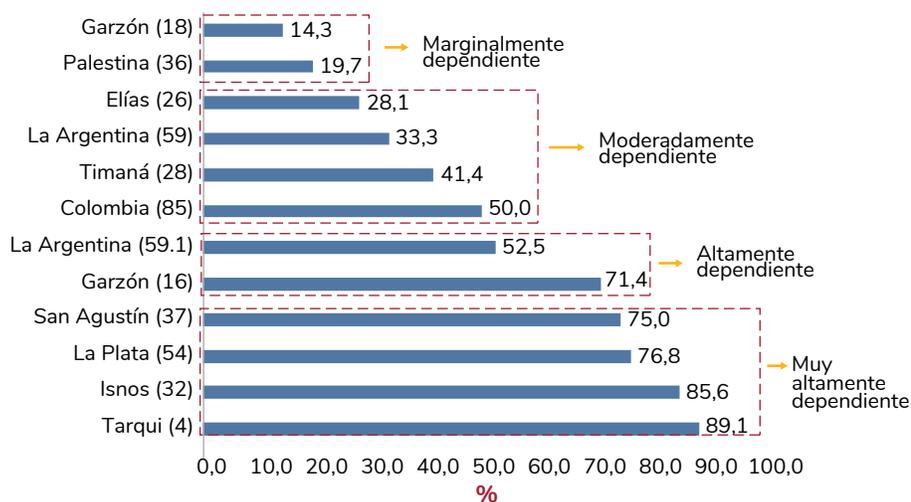


Figura 47. Procedencia y porcentaje de dependencia micorrizal de los inóculos de micorrizas arbusculares producidos de suelos cafeteros del Huila y evaluados en plantas de café.



Fitotecnia

FIT102008. Estudio agroeconómico de sistemas agroforestales con especies nativas de alto valor comercial.

En la Estación Experimental El Tambo, (Cauca), se evaluó el potencial productivo del café en sistemas agroforestales, cuando el componente arbóreo lo conforman especies nativas de valor económico. En el experimento se empleó café variedad Castillo® establecido a densidades de siembra de 3.673, 5.500, y 6.944 plantas/ha. Las especies arbóreas empleadas como sombríos fueron *Retrophyllum rospigliosii* (chaquiro), *Prunus integrifolia* (trapiche), *Myrsine guainensis* (cucharo) y *Albizia carbonaria* (carbonero) establecidas a densidades de 70 y 123 árboles/ha. Los resultados muestran que para la zona cafetera Sur de Colombia pueden establecerse sistemas agroforestales con el café en altas densidades de siembra (7.000 plantas/ha) y con intercalamiento de especies maderables de valor económico con densidades entre los 70 y 123 árboles/ha.

FIT102005. Evaluación del efecto en la producción de café, de densidades de siembra y dosis de fertilización en sistemas agroforestales. En la Granja Blonay (Chinácota, Norte de Santander), se evaluó el efecto en la producción de café de las densidades de siembra y las dosis de fertilización en sistemas

agroforestales en café variedad Castillo® Pueblo Bello. Para el sombrío permanente se utilizó el componente arbóreo ya establecido en el sitio de estudio, con arreglo espacial no definido. Los tratamientos evaluados, 20 en total, estuvieron conformados por la combinación de cinco niveles de fertilización (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) según resultados de los análisis de suelos y cuatro densidades de siembra del café: 3.600, 5.400, 7.200 y 9.000 plantas/ha, correspondientes a las distancias de siembra de 1,65 x 1,65 m, 1,35 x 1,35 m, 1,18 x 1,18 m y 1,05 x 1,05 m, respectivamente. Las menores producciones

se obtuvieron con las más bajas densidades de siembra del café y al aplicar dosis inferiores o iguales al 75% de lo recomendado en el análisis de suelos. Las producciones mayores se registraron con densidades de siembra superiores a 7.200 plantas/ha, con el 100% de la dosis de fertilizante. Al establecer cultivos de café con densidades de siembra de 5.400 plantas/ha es evidente una respuesta positiva en producción al aplicar el 100% de la dosis de fertilizante recomendado en el análisis de suelos.

FIT102003. Evaluación de arreglos espaciales para café Variedad Castillo® en diferentes ambientes. En plantaciones de café variedad Castillo® se evaluó la producción acumulada de café cereza bajo tres arreglos espaciales, con distancias de 1,0 x 1,0 m (un tallo por sitio), 1,0 x 2,0 m (dos tallos por sitio) y 0,75 x 1,4 m (un tallo por sitio), para una densidad de siembra cercana o igual a 10.000 tallos/ha. El experimento se estableció bajo el diseño de bloques completos al azar, en parcelas de 1.000 m² por cada arreglo espacial, con tres repeticiones distribuidas según el gradiente de fertilidad del suelo, en ocho localidades representadas por las Estaciones Experimentales de Cenicafé, para un total de 21 bloques. El análisis de la producción de café cereza acumulada durante cuatro cosechas mostró diferencias significativas entre los arreglos espaciales, según prueba de Tukey al 5%, con la menor producción registrada en la distancia de siembra de 1,0 x 2,0 m (dos tallos/sitio). Los promedios de producción obtenidos con los arreglos espaciales en cuadro (1,0 x 1,0 m) y rectángulo (0,75 x 1,4 m) no presentaron diferencias significativas (Tabla 27). Las observaciones sobre el crecimiento de las plantas de café establecidas con colinos descopados, en el arreglo espacial 1,0 x 2,0 m, permitieron identificar competencia en el desarrollo de los tallos, con detrimento sobre la densidad de siembra y la producción. Con estos resultados se destaca la importancia del

arreglo espacial asociado a altas densidades de siembra como factores determinantes para alcanzar las mayores producciones en los ciclos.

FIT103002. Ajuste de los sistemas de producción de café en el Huila en términos de ciclos de renovación, número de plantas por hectárea y arreglo espacial del cultivo.

Debido a la problemática de bajas densidades de siembra presente en la estructura cafetera del departamento del Huila, con recursos del Sistema General de Regalías se inició la estrategia de ajuste de los sistemas de producción con base en el aumento de la población de plantas por unidad de área y los arreglos espaciales, para aumentar la productividad y la rentabilidad de la caficultura en las diferentes zonas agroecológicas. El ajuste de los sistemas de producción con base en el aumento de la población de plantas por unidad de área y el arreglo espacial es una de las estrategias para aumentar la productividad. La investigación cuenta con seis lotes establecidos a libre exposición solar, conformados por cuatro densidades de siembra con su respectivo arreglo espacial (< 5.000, 6.666, 8.000 y 10.000 plantas por hectárea) en seis municipios del departamento del Huila: Santa María, Teruel, La Plata, Gigante, Pitalito y Acevedo. Para cada lote experimental se estableció aproximadamente una hectárea, la cual fue dividida en cuatro partes iguales (poblaciones). El crecimiento de las plantas de café en altura hasta los 30 meses de edad con las diferentes densidades de siembra, no siguió un patrón de crecimiento determinado por el incremento en el número de plantas por unidad de área. En la zona norte del departamento, en los municipios de Santa María y Teruel, se observaron las menores tasas de emisión de ramas por mes: 1,5 y 1,3, respectivamente, en comparación con las localidades de las zonas centro y sur, con tasas de emisión entre 1,7 y 1,9 ramas por mes, respectivamente. En cuanto a la producción de café cereza los mayores registros se obtuvieron con las densidades de 8.000 y 10.000 plantas/ha (Figura 48).

Tabla 27. Promedio de la producción de café cereza acumulada en cuatro cosechas, bajo tres arreglos espaciales.

Arreglo espacial (m)	Densidad (tallos/ha)	Café cereza (kg)
0,75 x 1,40 (un tallo)	9.523	7409,48 a
1,0 x 1,0 (un tallo)	10.000	7884,86 a
1,0 x 2,0 (dos tallos)	10.000	6013,14 b

Letras distintas indican diferencias entre el arreglo espacial, según prueba de comparación de Tukey al 5%.

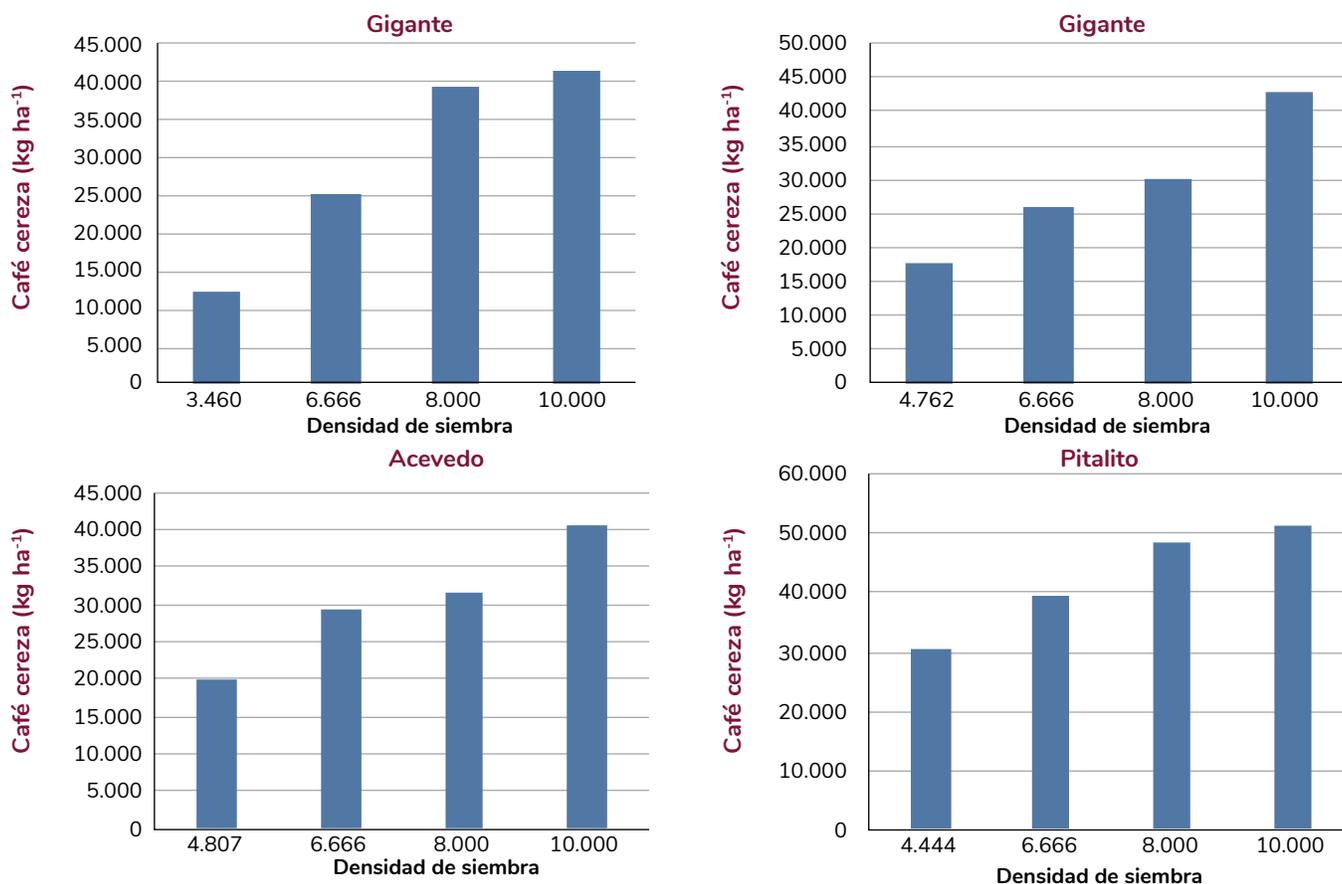


Figura 48. Producción acumulada de café cereza en cuatro localidades del departamento del Huila, con diferentes densidades de siembra.



Mejoramiento Genético

MEG101003. Desarrollo de herramientas para la selección asistida. Se publicaron las secuencias de los genomas de *Coffea arabica* variedad Caturra y de *Coffea eugenioides*, resultado de un trabajo colaborativo entre Cenicafé y la Universidad de Cornell -USA-. Ambas secuencias fueron incluidas dentro del grupo de genomas de referencia del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI, Bethesda, MD;EUA) con los números de accesoión GCF_003713225.1

y GCF_003713205.1 para *C. arabica* y *C. eugenioides*, respectivamente. El 40,74% de la secuencia de *C. arabica* y el 37,92% la de *C. eugenioides* corresponden a regiones repetitivas, R. El NCBI realizó

la anotación de ambas secuencias usando toda la información de genes transcritos disponible en su base de datos genéticos “Genebank” y en otras bases de datos. La mayor parte de las secuencias provenían de la base de datos SRA (Sequence Read Archive) que contiene 2.148 millones de secuencias de ADNc (RNA-seq) de *C. arabica* obtenidas de 139 experimentos realizados con cinco tejidos diferentes de la planta y desarrollados por grupos de investigación en el mundo. Para *C. eugenioides* se usaron 104 experimentos muchos de ellos provenientes de cruzamientos interespecíficos con *C. canephora*. Detalles sobre las secuencias genómicas se presentan en la Tabla 28. Las secuencias genéticas están disponibles en las páginas web:

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/annotation_euk/Coffea_eugenioides/100/ y https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/annotation_euk/Coffea_arabica/100/

Dentro de los grupos genéticos de mayor interés para el Programa de Mejoramiento Genético se encuentran los asociados con defensa a enfermedades. En el genoma de *C. arabica* se identificaron 1.382 genes de resistencia a enfermedades y de respuesta a estrés con los dominios funcionales NB-LRR (221), NB-ARC (1023), TIR (24) y WRKY (114).

Se secuenciaron los genomas de 13 accesiones que contienen los genes de resistencia contra la roya SH1, SH2 y SH4 en diferentes combinaciones. Mediante un análisis de segregación masal para genoma completo se determinaron las regiones únicas para los grupos de individuos portadores de estos genes. Los grupos SH1 y SH4 fueron conformados por ocho individuos y el SH2 por cinco individuos. Se identificaron variantes de un solo nucleótido (SNVs) homocigótica o heterocigótica de alta calidad (Q40), únicos para cada uno de los grupos, encontrando

Tabla 28. Descriptores del genoma y anotación de *C. arabica* variedad Caturra y *C. eugenioides*.

C. arabica								
Cromosoma	Tamaño (Mb)	GC%	No. Proteínas	No. ARNr	No. ARNt	No. Otro ARN	No. Genes	No. Pseudogenes
1c	50,64	36,9	2,56	2	47	660	2,647	495
1e	48,76	36,9	3,716	-	60	701	2,811	180
2c	66,16	36,4	5,899	-	61	912	4,48	310
2e	71,63	36,7	6,341	-	72	879	4,709	234
3c	41,57	36,3	2,804	-	12	499	2,255	146
3e	37,27	36,4	2,322	-	12	468	1,953	144
4c	41,79	36,9	2,385	-	24	387	1,973	170
4e	42,51	36,8	2,827	-	39	493	2,325	122
5e	39,44	36,9	2,406	-	16	478	2,013	155
5c	45,9	36,8	2,587	-	23	483	2,225	184
6c	55,18	36,6	3,683	1	34	697	2,904	209
6e	52,24	36,9	3,64	1	36	537	2,927	216
7c	38,85	36,7	3,078	-	50	497	2,42	148
7e	35,39	36,4	2,689	-	51	471	2,114	104
8e	45,12	36,6	2,871	-	26	503	2,333	147
8c	39,01	36,3	2,536	-	25	429	2,174	200
9c	38,06	37,1	1,788	3	7	285	1,456	120
9e	35,84	37,1	1,734	15	5	349	1,472	110
10e	40,46	36,7	2,597	-	27	416	2,104	133

Continúa...

...continuación.

C. arabica								
Cromosoma	Tamaño (Mb)	GC%	No. Proteínas	No. ARNr	No. ARNt	No. Otro ARN	No. Genes	No. Pseudogenes
10c	45,43	36,9	2,356	-	21	441	1,936	154
11c	36,22	36,5	2,46	8	24	415	2,002	160
11e	42,47	36,9	2,475	3	19	507	2,026	136
NA	104,37	39,3	1,383	8	12	279	1,375	158
TOTAL	1094,31		67,137	41	703	11,786	54,634	4,135
C. eugenioides								
Cromosoma	Tamaño (Mb)	GC%	No. Proteínas	No. ARNr	No. ARNt	No. Otro ARN	No. Genes	No. Pseudogenes
1	53,69	36,9	3,493	-	54	436	3,03	150
2	79,79	36,8	6,332	-	84	569	5,183	193
3	48,39	36,7	2,73	-	14	368	2,593	144
4	43,76	36,9	2,593	99	26	231	2,315	110
5	52,59	36,9	2,876	3	30	355	2,691	147
6	56,25	36,7	4,03	-	40	397	3,488	202
7	40,53	36,7	2,344	-	49	268	2,103	96
8	47,53	36,7	2,971	-	28	293	2,622	140
9	42,9	37,1	2,144	-	13	274	1,902	95
10	39,57	36,6	2,525	-	31	287	2,195	113
11	53,11	36,9	3,768	-	56	447	3,276	143
NA	141,79	38,5	2,344	3	48	294	2,506	148
TOTAL	699,9		38,15	105	473	4,219	33,904	1,681

NA: No anclado a un cromosoma

57.580 variantes para el gen SH1, 55.495 para el gen SH2 y 32.207 para los portadores del gen SH4. El análisis de las zonas únicas para los portadores de cada gen y su integración con la información de genes de resistencia a enfermedades permitirá la identificación de marcadores moleculares asociados con los genes de resistencia SH1, SH2 y SH4.

MEG102002. Desarrollo y evaluación de poblaciones con resistencia al CBD. El hongo *Colletotrichum kahawe* Bridge & Walker es el agente causal de la enfermedad de las cerezas del café –CBD. Esta enfermedad, restringida al continente africano, puede ocasionar pérdidas en la producción hasta del 80%. Ya que afecta flores y frutos en diferentes estados de desarrollo. Las variedades comerciales actualmente sembradas

por los caficultores colombianos presentan resistencia a esta enfermedad, debido a que poseen el gen T de resistencia proveniente del Híbrido de Timor; sin embargo, existen otras fuentes de resistencia que deben ser incorporadas en las variedades desarrolladas por Cenicafé. Por ello, en 2019 se desarrolló un plan de cruzamientos donde se utilizaron como progenitores masculinos accesiones reconocidas por tener resistencia a esta enfermedad, verificada en evaluaciones de campo y laboratorio en África. Estos son: Sudan Rumé, K7, Java 65, AR21, Maragogipe Amarillo y Jackson. Como progenitores femeninos se seleccionaron tres líneas avanzadas (MEG667#665, IAPAR 59 y BG516), reconocidas por sus excelentes atributos agronómicos y resistencia a la roya.

MEG102014. Evaluación y selección de progenies resistentes a CBD con presencia del gen T. Con el objetivo de seleccionar tempranamente las progenies resistentes a la enfermedad de las cerezas del café –CBD- se evaluó la presencia del marcador molecular Sat_235 en 2.200 plantas de 21 progenies F4, F5 y F6, descendientes del cruzamiento de Caturra x HdT1343. Paralelamente, se evaluó la roya y el crecimiento. De acuerdo con la resistencia a la roya, se seleccionaron tres progenies en las cuales al menos el 80% de las plantas presentaron una calificación menor o igual a tres en la escala de incidencia de Eskes & Braghini (1981). Se identificaron 104 plantas homocigotas dominantes para el marcador Sat_235, 71 homocigotas susceptibles y 60 heterocigotas. Se tomó semilla de las 104 plantas resistentes a la roya, con el marcador ligado a la resistencia al CBD homocigoto dominante para ser evaluadas en pruebas regionales.

MEG102003. Evaluación de poblaciones desarrolladas a partir de híbridos interespecíficos. El proyecto de mejoramiento de café por hibridación interespecífica busca incorporar caracteres de resistencia a la roya del café y de producción en variedades comerciales de *Coffea arabica*, conservando la apariencia, fertilidad, producción, tamaño de grano y calidad en taza, de esta especie. Se finalizaron dos experimentos de evaluación de poblaciones de diferentes generaciones: en el primero (MEG0666), se evaluaron progenies F1RC2 de híbridos entre las especies *C. arabica* y *C. canephora*. Se evaluaron 13 progenies F1RC2, provenientes de cruzamientos entre ocho plantas seleccionadas en el experimento MEG0646 y cinco seleccionadas en el MEG0649, como padres. Como testigo de productividad y de resistencia a la roya se sembró la variedad Castillo®, y como testigos susceptibles a la roya, se sembraron las variedades Caturra y Catuaí. El experimento se sembró en un diseño de bloques completos al azar, con dos repeticiones y 16 genotipos (13 progenies y tres variedades), la unidad experimental fue un surco de 12 plantas, de las cuales diez fueron efectivas. Se evaluaron la altura de las plantas a los 24 meses de sembradas en el campo, las características de fruto y grano, la producción anual durante cuatro años y la resistencia a la roya usando la escala de Eskes-Braghini. Se realizaron análisis de varianza para las variables cuantitativas y como hubo diferencias significativas entre progenies, se compararon con el testigo (pruebas de Dunnett). Para la resistencia a roya se construyó la distribución de frecuencia para la calificación máxima. Se seleccionaron siete progenies resistentes a la roya, que tienen altura

promedio de 128,7±9,6 cm, 11,0±3,6% de frutos vanos, 18,0±4,4% de granos caracol y 61,1±9,2% de café supremo. Dentro de ellas se seleccionaron 34 plantas cuya infección por roya nunca superó el grado 2, que tienen altura promedio de 132 cm, con frecuencia de frutos vanos de 9,6% y de granos caracol de 15,5% y con 64,6% de café supremo.

En el segundo experimento (MEG0672) se evaluaron 46 progenies de F3RC1 a F5RC1 y cinco progenies F1RC2 de cruzamientos de la variedad Caturra con introducciones de *C. canephora*, además de una progenie derivada de *C. liberica*. Se utilizó un diseño látice rectangular de 7 x 8, con dos repeticiones, como testigos resistentes a la roya del café se sembraron las variedades Castillo® Naranjal e Iapar 59. Como testigos susceptibles las variedades Caturra y Catuaí. La unidad experimental fue un surco de 12 plantas de las cuales diez fueron efectivas. Durante el experimento se evaluaron la altura de la planta, el número de cruces y el diámetro de la copa a los 24 meses, la resistencia a roya, las características de fruto y de grano durante dos cosechas principales y la producción anual durante cuatro años. Los análisis de varianza para las características de crecimiento (altura de la planta, número de cruces y diámetro del tallo), fueron significativos para progenie, encontrando de acuerdo a la prueba de Dunnett que 20 de ellas tenían mayor altura que Caturra, siete también eran más altas que Castillo® Naranjal, diez tenían mayor número de cruces que estas variedades y 28 tenían un mayor diámetro que Caturra. En las características de fruto y de grano hubo diferencias significativas para progenies en el análisis de varianza, 13 tuvieron más frecuencia de frutos vanos que la variedad Castillo® Naranjal y ocho más granos caracol que esta variedad, mientras que 26 tuvieron menor tamaño de grano. El análisis de varianza para el promedio de la producción anual fue significativo para progenies, pero no se encontraron diferencias con la Variedad Castillo® Naranjal. La distribución de frecuencia para la infección máxima por roya mostró al 33% de las plantas sin la enfermedad en ninguna de las evaluaciones, estas plantas pertenecen a 37 progenies, dos de ellas no tuvieron roya en ninguna de sus plantas. Además, hubo 15 progenies que tuvieron mediana y moda de cero. De estas, se seleccionarán las de mejores características de grano y de menor altura, para evaluar la próxima generación con las mejores plantas.

MEG102019. Ampliación de la base genética de *Coffea arabica* L. con el gen SH3 de resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*). La estrategia de diversidad utilizada por Cenicafé para el desarrollo de variedades con resistencia durable

contra la roya del cafeto se basa en la combinación de líneas mejoradas que comparten excelentes atributos agronómicos, pero que difieren en los mecanismos de resistencia o de sus combinaciones. Dentro de este concepto se desarrollaron poblaciones del cruzamiento entre líneas élite de la variedad Castillo® y selecciones de la India que tienen el gen de resistencia SH3 (BA2, S795 y S288), provenientes de *C. liberica* y que no han sido utilizados en las variedades comerciales de café en Colombia. Se utilizó el marcador genético Sat_244 para identificar los individuos homocigotos dominante y heterocigoto para el gen SH3 en poblaciones F2 y F3. Se evaluó el 58% de las plantas de la generación F2, encontrando un 7% con el marcador Sat_244 en homocigosis y un 26% en heterocigosis. Se sembraron en el campo bajo un diseño completamente al azar 25 familias F3 (500 plantas en total), provenientes de 11 plantas homocigotos dominantes y 14 originadas de individuos heterocigotos. Como testigos, se sembraron la variedad Cenicafé 1, Castillo®, y Caturra.

MEG102021. Selección preliminar de progenies de *Coffea arabica* L. en generación F1 provenientes de cruzamientos con genotipos portadores de los genes SH1, SH2 y SH4 de resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*). Se seleccionaron 75 plantas F1 de cruzamientos entre líneas élite y accesiones de *C. arabica* que tienen los genes de resistencia a la roya SH1 y SH4 (Tabla 29). En el campo, las plantas seleccionadas mostraron una calificación de incidencia menor o igual a tres, de acuerdo con la escala de Eskes & Braghini (1981). Esta resistencia está siendo evaluada por inoculación en hoja desprendida, en condiciones controladas.

Resultados preliminares mostraron una respuesta diferencial de resistencia entre los genotipos. Los genotipos 110 y 121 presentaron una esporulación inferior al 50% en la superficie de la lesión, al día 38 de evaluación. Se observaron genotipos con aumentos progresivos en las lesiones e incrementos de la superficie de la lesión, acompañada de decoloración profunda hasta su intensificación, sin aparición de esporas. Estos síntomas fueron visibles en los genotipos 27, 54 y 62. En el conjunto de plantas evaluadas sobresalieron los genotipos 107 y 108, por la ausencia de lesiones visibles o la presencia de pequeñas lesiones decoloradas (Figura 49). Los datos evidencian la susceptibilidad del testigo Caturra, en el que 14 días después de la inoculación se observaron las primeras esporas y 15 días más tarde la esporulación fue superior al 50% en la superficie de la lesión (Figura 49).

Tabla 29. Genes de resistencia a la roya reportados en los progenitores seleccionados.

Parentales	Genes de resistencia
CX-2178	SH6, SH7, SH8, SH9, SH?
CU-1903	SH6, SH7, SH8, SH9, SH?
CX-2385	SH6, SH7, SH8, SH9, SH?
BI.0486	SH6, SH7, SH8, SH9, SH?
CU-1886	SH6, SH7, SH8, SH9, SH?
CU-1842	SH6, SH7, SH8, SH9, SH?
CioiccieS6	SH1, SH4
Geisha A	SH1

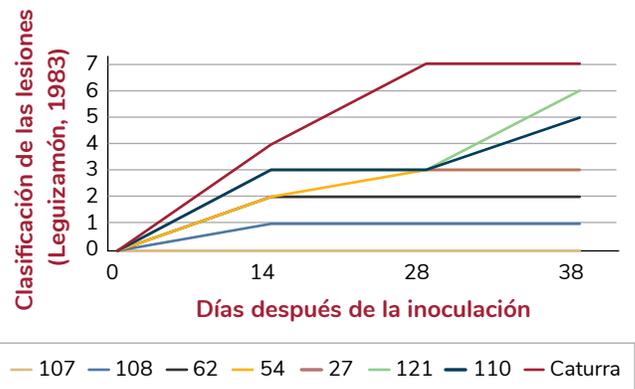


Figura 49. Respuesta frente a la inoculación de roya en hoja desprendida de diferentes genotipos F1, provenientes de cruzamientos entre líneas élite y materiales portadores de los genes de resistencia SH1 y SH4. Escala de Leguizamón (1983) Grado 0: Ausencia de lesión visible; Grado 1: aparición de pequeñas lesiones decoloradas; Grado 2: aumento de la superficie de la lesión y decoloración más profunda; Grado 3: tendencia de las lesiones e intensificación de la decoloración; Grado 4: aparición de las primeras esporas; Grado 5: esporulación inferior al 25% de la superficie de la lesión; Grado 6: esporulación superior al 25 hasta el 50% de la superficie de la lesión; Grado 7: esporulación superior al 50% de la superficie de la lesión.

MEG102023. Desarrollo y evaluación de poblaciones con resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) derivada del Híbrido de Timor. El Híbrido de Timor ha sido la fuente usada por los programas de mejoramiento genético para obtener variedades con resistencia a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome). Las evaluaciones de campo para monitorear el incremento de la enfermedad sobre selecciones de este origen permiten identificar dos genotipos del Híbrido de Timor (HdT-I567 y HdT-I573) que, después de 19 años, permanecen

libres de la enfermedad, lo que implica que existe un remanente de factores genéticos de resistencia a la roya que aún no se han utilizado en el desarrollo de variedades de café. La revisión genealógica de estos genotipos, apoyado por el análisis de diversidad genética, permitieron concluir que estos genotipos difieren de los utilizados previamente en el programa de mejoramiento de Cenicafé. Se estableció un plan de cruzamientos entre estos genotipos y las líneas élite para desarrollar poblaciones que incorporen estos nuevos factores de resistencia a las actuales variedades de café (Tabla 30). En la actualidad se encuentran en almácigo 15 de los 22 cruzamientos realizados, mientras los siete restantes fueron realizados durante el primer semestre del año en curso.

MEG104001. Desarrollo y evaluación de poblaciones con menor oviposición de la broca. Con el objetivo de obtener una variedad de café tolerante a la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) que contribuya a reducir las pérdidas económicas dentro de un manejo integrado, se cruzaron cinco líneas de variedad Castillo® (CX.2710, CX.2178, CX.2848, CX.2391, CU.1812) con tres introducciones de *Coffea arabica* etíopes con menor número de estados de broca (CCC.534, CCC.477 y CCC.470). Los híbridos F1 se autofecundaron y en

la generación F2, en 750 plantas se evaluaron el crecimiento, la producción y la resistencia a la roya. En el laboratorio se evaluó el nivel de infestación por broca bajo un diseño completamente al azar. A los 28 días se registró el número de estados vivos. Se identificaron 50 plantas F2 en las que el número de estados de broca fue estadísticamente menor con relación al testigo, de las cuales se seleccionaron 32 plantas que además mostraron resistencia a la roya, altura igual o inferior a 195 cm y producción entre 0,72 a 3,19 kg de café cereza por árbol, para un ciclo de dos cosechas (Tabla 31). Las 32 plantas seleccionadas y el testigo susceptible fueron infestados en el campo con broca. Para ello, se seleccionaron tres ramas con 50 frutos de aproximadamente 150 días por árbol, las cuales se infestaron con 100 adultos de broca. Después de 40 días todos los frutos se disecaron y se registró el número total de estados vivos por fruto. La prueba de Wilcoxon mostró que en las 32 plantas F2 evaluadas se redujo el número de estados de broca entre 17,65% y 65,83%. Se identificaron plantas F2 con menor número de estados de broca en el laboratorio y en el campo que se avanzaron a la generación F3. Este carácter presenta una distribución normal, segregación cuantitativa donde intervienen varios genes, confirmando que esta característica es heredable (Figura 50).

I Tabla 30. Progenitores femeninos utilizados en cruzamientos con los Híbridos de Timor seleccionados (HdT-I567, HdT-573).

Genotipo	Origen	Roya		CBD		Agronómicas	
		Incidencia (%)***	Máx_ Eskes****	SAT235*****	Altura 24 m	Supremo (%)	Vanos (%)
CO.868	H.3096 (Cat x H de T)	0,0	4	ND	141	81,7	6,1
CU.1858	H.3005 (Cat x H de T)	2,4	6	1	149	88,7	2,9
CU.1954	H.3005 (Cat x H de T)	13,0	6	1	149	82,1	3,8
CU.1876	H.3005 (Cat x H de T)	18,9	4	1	152	86,8	3,0
BH.1181	H.3005 (Cat x H de T)	15,1	5	1	142	78,0	5,2
BG.516	H.3001 (Cat x H de T)	0,0	4	0	139	72,9	2,7
MEG 667 # 114	H.4341*	0,0	5	1	154	72,0	4,0
MEG 667 # 131	H.4303	0,0	5	0	170	82,0	9,0
MEG 667 # 665	H.4343	0,0	1	1	170	71,7	4,8
MEG 667 # 669	H.4343	0,0	2	1	170	78,1	6,9
lapar 59	H.361**	ND	3	0	ND	70,8	5,9

*Genotipos derivados de híbridos intespecíficos

**Variedad obtenida del cruzamiento de Villa Sarchí x Híbrido de Timor 832/2

***Incidencia promedio para el segundo semestre de 2019

****Valor máximo alcanzado en evaluaciones periódicas realizadas entre 1994 y 2019.

*****Marcador molecular asociado al gen de resistencia T para CBD (1 presencia, 0 ausencia).

Tabla 31. Análisis de varianza y características agronómicas de plantas F2 del cruce de líneas de variedad Castillo® por tres introducciones etíopes, con menor número de estados de broca, que se avanzaron a la generación F3.

Cruzamiento	Plantas F2	DF	RCME	Pr>F	Reducción estados broca vs Caturra (%)	Producción (kg)	Altura (cm)	Máxima lectura roya Eskes & Toma-Braghini
CX2848 X CCC477	311	9	185,32	<0,0001	15	2,514±0,9	190±20,2	3
CX2848 X CCC477	313	24	42,13	<0,0001	20	1,877±0,9	160±20,2	3
CX2848 X CCC477	340	15	113,03	<0,0001	20	1,391±0,9	160±20,2	3
CX2848 X CCC477	363	16	106,38	<0,0001	21	2,032±0,9	140±20,2	3
CX2848 X CCC477	371	29	25,77	<0,0001	21	2,164±0,9	175±20,2	3
CX2848 X CCC477	373	9	185,32	<0,0001	13	3,195±0,9	195±20,2	3
CX2848 X CCC477	391	24	50,74	<0,0001	27	0,959±0,9	155±20,2	3
CX2848 X CCC477	406	24	42,13	<0,0001	19	2,323±0,9	190±20,2	3
CX2848 X CCC477	416	9	312,79	0,0122	26	2,014±0,9	165±20,2	3
CX2710 X CCC534	6	20	22,40	0,0233	22	1,877±0,7	150±20,8	1
CX2710 X CCC534	15	15	204,35	<0,0001	15	2,068±0,7	140±20,8	0
CX2710 X CCC534	21	15	204,35	<0,0001	15	2,627±0,7	165±20,8	1
CX2710 X CCC534	46	9	135,33	0,0003	17	2,682±0,7	160±20,8	0
CX2710 X CCC534	52	9	135,33	0,0003	22	2,123±0,7	180±20,8	0
CX2710 X CCC534	53	15	204,35	<0,0001	13	0,873±0,7	180±20,8	0
CX2710 X CCC534	57	9	135,33	0,0003	16	3,191±0,7	190±20,8	0
CX2710 X CCC534	70	15	204,35	<0,0001	21	2,959±0,7	160±20,8	0
CX2710 X CCC534	128	9	35,16	0,0184	19	1,745±0,7	190±20,8	2
CX2178 X CCC470	177	9	135,33	0,0003	20	1,918±0,8	185±24	3
CX2178 X CCC470	184	24	42,13	<0,0001	27	2,686±0,8	180±24	3
CX2178 X CCC470	199	9	185,32	<0,0001	16	1,200±0,8	185±24	3
CX2178 X CCC470	220	4	77,84	0,0024	18	1,386±0,8	165±24	1
CX2178 X CCC470	253	9	185,32	<0,0001	22	0,723±0,8	170±24	2
CX2178 X CCC470	261	15	204,35	<0,0001	23	1,577±0,8	150±24	2
CX2178 X CCC470	263	20	22,40	0,0233	19	1,923±0,8	190±24	2
CX2391 X CCC477	452	15	113,03	<0,0001	19	2,782±0,9	165±23	3
CX2391 X CCC477	489	15	204,35	<0,0001	15	2,909±0,9	140±23	2
CX2391 X CCC477	524	6	75,10	<0,0001	22	2,614±0,9	170±23	0
CX2391 X CCC477	534	16	106,38	<0,0001	17	2,450±0,9	175±23	2
CU1812 X CCC534	698	29	73,96	<0,0001	22	2,36±1,0	180±22,3	2
CU1812 X CCC534	699	15	204,35	<0,0001	19	2,46±1,0	195±22,3	0
CU1812 X CCC534	734	10	69,91	0,0130	19	1,17±1,0	175±22,3	3

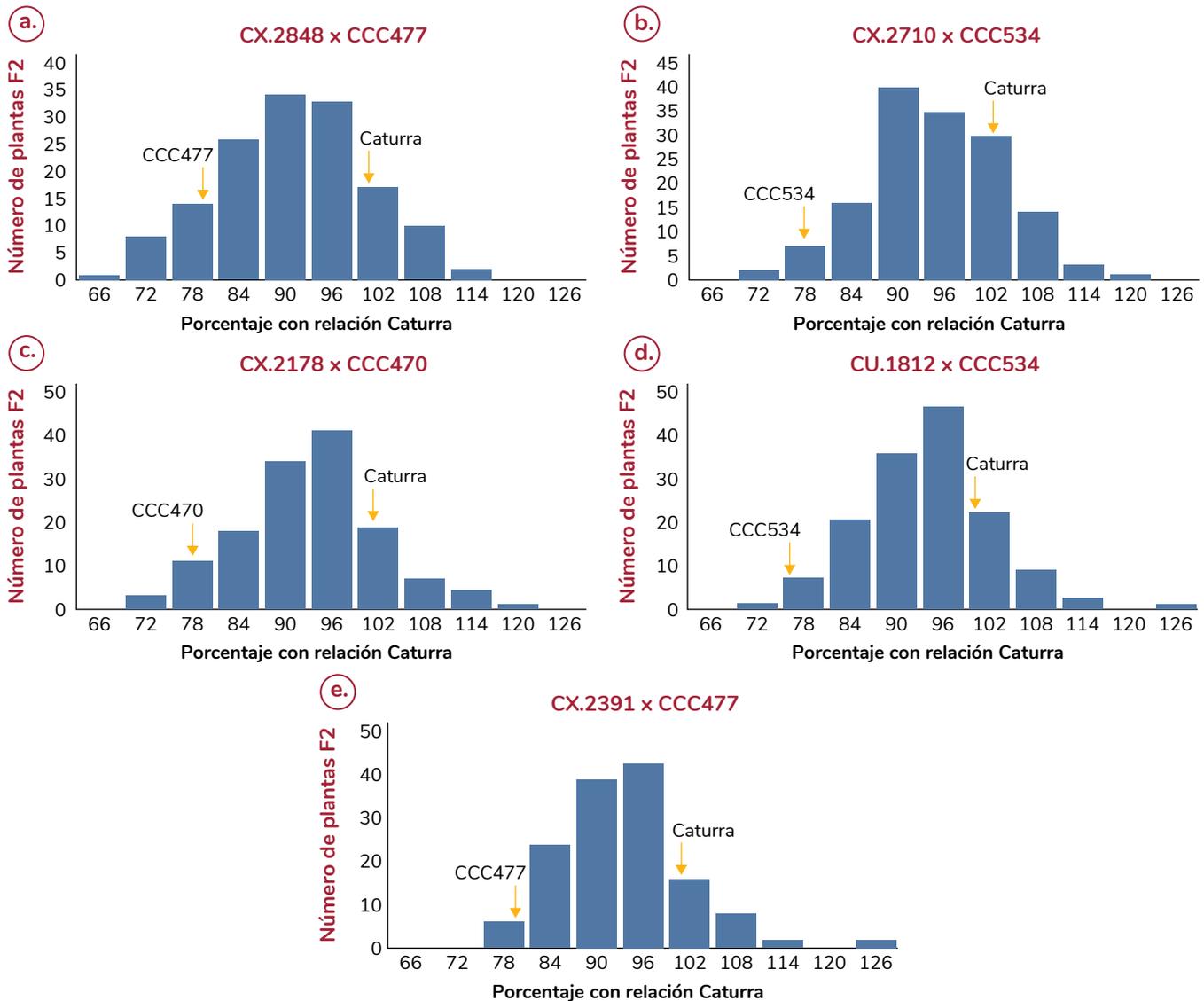


Figura 50. Histograma de frecuencia de la proporción de brocas respecto a Caturra, de cinco poblaciones F2 del cruce de líneas de la variedad Castillo® por introducciones etíopes. a. CX.2848 x CCC477. b. CX.2710 x CCC534. c. CX.2178 x CCC470. d. CU.1812 x CCC534. e. CX.2391 x CCC477. Las flechas indican la ubicación de los progenitores masculinos (introducciones etíopes, portadoras del carácter de menor número de estados de broca) y de la variedad Caturra, testigo susceptible a broca.

MEG104003. Desarrollo y evaluación de poblaciones de café con menor número de estados de broca. Se están desarrollando y evaluando poblaciones de café con menor número de estados de broca y buenas características agronómicas, para lo cual se realizaron cruzamientos de cuatro progenitores femeninos (CU.2034, Iapar, MEG667#114 y MEG667#317) de excelentes características agronómicas y resistencia a roya (Tabla 32), con seis progenitores masculinos que son accesiones etíopes de *Coffea arabica* (CCC344, CCC336, CCC359, CCC354, CCC363, CCC419) que en el campo y en el laboratorio mostraron menor infestación por broca con respecto a la variedad Caturra. (Tabla 33). Adicionalmente, se realizaron

48 cruzamientos con seis progenitores masculinos de *Coffea liberica* (CCC1025, CCC1038, CCC1030, CCC1037, CCC1028, CCC1034), que presentan un menor número de estados cuando son infestados por broca con relación a la variedad Caturra (Tabla 33). También se cuenta con tres poblaciones F2 en fase de desarrollo vegetativo del cruce de dos progenitores femeninos (CU.1827 y CU.1778) (Tabla 32) por tres introducciones etíopes (CCC477, CCC183, CCC363) (Tabla 33). Al igual que 32 progenies F3 en etapa de desarrollo vegetativo: nueve de CX.2848 x CCC477; nueve del cruce CX.2710 x CCC534; siete de CX.2178 x CCC470; cuatro del cruce CX.2391 x CCC477 y tres progenies de CU.1812 x CCC534, estas progenies tienen una altura entre 140 a 195 cm, resistencia a

roya (máxima lectura de roya igual o menor a tres), menor número de estados de broca en el laboratorio, entre 13% a 27%, y en el campo una reducción mayor de la infestación por broca entre 17,65% a 65,83%. Las poblaciones con menor número de estados de broca y las siguientes características agronómicas: altura igual a la variedad Caturra; niveles de roya máximo de tres en la escala de Eskes y Thomas-Braghini (1981); producción igual a la variedad Cenicafé 1, tamaño de grano igual o mayor a 70% y excelente calidad, se llevarán hasta la generación F5 para conformar una variedad tolerante a broca.

MEG104004. Evaluación del inhibidor de aspártico proteasa de *Lupinus bogotensis* (LbAPI) como insecticida para el control de la broca y generación de plantas con los genes que codifican LbAPI y Patatina de *Coffea*. En café no se ha encontrado resistencia genética contra la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae; solo algunas introducciones etíopes de *Coffea arabica* y de *Coffea liberica* presentan menor número de estados de broca, cuando se alimentan de los frutos de café. Una alternativa al mejoramiento por hibridación que se está llevando a cabo en la Disciplina de Mejoramiento Genético para obtener plantas de café resistentes a la broca es la ingeniería genética, que permite la transferencia a café de genes que codifican proteínas insecticidas, entre las cuales están los inhibidores de proteasas que inhiben las enzimas digestivas de los insectos, los cuales interfieren con la disponibilidad de los aminoácidos de las proteínas del alimento. La broca del café posee un intestino medio con un pH

ácido, donde las aspártico y cisteína proteasas son las enzimas predominantes. El inhibidor de aspártico proteasa de *Lupinus bogotensis* (LbAPI) es efectivo para el control de la broca porque actúa a pH ácido y es específico contra las aspártico proteasas, lo cual fue demostrado en bioensayos, ocasionando una mortalidad de 90% a los 23 días y una DL₅₀ de 0,91. Otra alternativa para la obtención de plantas resistentes a la broca es la sobre-expresión de genes del género *Coffea* como la Patatina, que en respuesta a la infestación por broca se sobre-expresó en *C. liberica* cinco veces más que en la variedad Caturra (susceptible) y después de 48 horas su sobre-expresión fue 30 veces mayor en *C. liberica* que en *C. arabica*. Con el objetivo de transferir al café los genes que codifican LbAPI y Patatina clonados en el vector pC1305.1 bajo el control del promotor CaMV35s, el cual permitirá la sobre-expresión de estas proteínas, se sembraron explantes foliares de tres líneas de variedad Castillo® (CU.1953, CU.2034 y CX.2178) en medios de inducción y diferenciación para la formación de células embriogénicas. Se regeneró y propagó tejido embriogénico de los tres genotipos, el cual se utilizará para la transferencia a café de los vectores de transformación con los genes que codifican LbAPI y Patatina.

MEG103001. Caracterización de introducciones provenientes de Etiopía. Desde el ingreso del germoplasma de café al país, este se ha evaluado para diferentes características que han determinado su uso. Entre los años 2015 y 2016 fueron sembradas en cuatro experimentos 200 accesiones de *Coffea arabica* de Etiopía, recolectadas

I Tabla 32. Características agronómicas de los progenitores femeninos.

Línea	Cruzamiento	Altura	Incidencia de roya (Max_Eskes)	% Supremo	Generación
lapar	Villa sarchí x H T 832-2	111,2	3	70,8	F1
MEG667#114	[(Cat x Can)] x Cat	151,0	0	85,1	F1
MEG667#317	[(Cat x Can)] x Cat	155,0	0	82,9	F1
CU.2034	CR- L.426 x H T 1343 mezcla	143,0	2	84,9	F1
CU.1827	CR- L.426 x H T 1343 mezcla	163,3	5	89,0	F2
CU.1778	CR- L.426 x H T 1343 mezcla	143,3	5	79,3	F2
CX.2848	CA- L.572 x H T 1343 mezcla	159,0	6	94,0	F3
CX.2710	CR- L.426 x H T 1343 mezcla	169,0	6	72,4	F3
CX.2178	CR- L.426 x H T 1343 mezcla	153,0	7	80,7	F3
CU.1812	CR- L.426 x H T 1343 mezcla	146,6	6	85,4	F3
CX.2391	CR- L.426 x H T 1343 mezcla	146,3	5	74,8	F3

Tabla 33. Porcentaje de reducción del número de estados de broca de introducciones etíopes de *C. arabica* y de accesiones diploides de *C. liberica* en el laboratorio y el campo.

ID_CCC	Especie	Reducción número estados broca laboratorio (%)	Reducción número estados broca campo (%)	Generación
344	<i>C. arabica</i>	47	42	F1
336	<i>C. arabica</i>	40	ND	F1
359	<i>C. arabica</i>	40	46	F1
354	<i>C. arabica</i>	35	55	F1
363	<i>C. arabica</i>	30	49	F1
419	<i>C. arabica</i>	30	ND	F1
1025	<i>C. liberica</i>	40	ND	F1
1038	<i>C. liberica</i>	38	ND	F1
1030	<i>C. liberica</i>	36	ND	F1
1037	<i>C. liberica</i>	48	ND	F1
1028	<i>C. liberica</i>	38	ND	F1
1034	<i>C. liberica</i>	38	ND	F1
477	<i>C. arabica</i>	32	47	F2, F3
183	<i>C. arabica</i>	30	38	F2
363	<i>C. arabica</i>	38	42	F2
470	<i>C. arabica</i>	34	40	F3
534	<i>C. arabica</i>	32	32	F3

por una misión de la FAO entre 1964-1965 y por una de ORSTOM en 1966. La Tabla 34 muestra los resultados de la caracterización y evaluación de 50 accesiones establecidas en el 2015. La producción acumulada de dos cosechas (kg/planta) indicó que el 14% de los genotipos tuvieron producciones superiores a *C. canephora*, sin diferir estadísticamente (Dunnett_{0,05}). Si se toma como referencia la variedad Borbón reconocida por su alta producción, el 24% de las accesiones presentaron promedios mayores. Del 24% de las accesiones de alta producción, solo la CCC379 sobresale por su menor altura 122,2 cm a los 18 meses de edad, siendo estadísticamente inferior (Dunnett_{0,05}) a la de la variedad Borbón (168,4 cm). Para el atributo de calidad en taza, el 42% de los genotipos presentaron puntajes que los clasifican entre buenos (6) y excelentes (8), sobresaliendo las introducciones CCC434 y CCC380, que combinan calidad con alta producción.

MEG103002. Obtención de derechos de obtentor de variedad y registro como productor de semilla certificada de las variedades de café desarrolladas por Cenicafé. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) notificó y concedió el derecho de obtentor de diez progenies de la variedad Castillo® y de las variedades Castillo® Zonales a la Federación Nacional de Cafeteros. El proceso inició en el año 2015 con la instalación de las pruebas agronómicas de Distinguibilidad, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) para las progenies: CU812, CU1843, CU1855, CU1990, CX2848, CX2197, CX2385, CX2720, CX2866 y BH1247. Este proceso es un hito referente a nivel

mundial sobre derechos de obtentor de variedades de café.

En mayo del año 2018 se establecieron las pruebas agronómicas de DHE para las progenies que componen la variedad Cenicafé 1: CU1819, CU1825, CU2021, CU2034, CX2866, CU1849, CU1953 y CU1993. A la fecha, se desarrollaron las labores de manejo del cultivo y a los 12 meses de edad se registraron los primeros descriptores fenotípicos, según el protocolo de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV TG/249/1): altura, forma y ancho de la planta, largo de la rama y número de cruces, forma de la hoja, al tiempo que se inició el registro de producción para cada parcela y plantas efectivas. Se tomaron muestras de café

Tabla 34. Características agronómicas y calidad en taza de 50 introducciones etíopes, comparadas con la variedad Borbón y la especie *C. canephora*.

Lote	CCC	Producción acumulada* (kg/árbol)	Variables de Crecimiento**			Calidad en taza***	
			Altura (cm)	Diámetro de Copa (cm)	Número de cruces	Puntaje	Notas generales
MEG1607	141	5,06	148,8	127,5	17,0+	5,0	Limpio
MEG1607	142	8,90	175,3	157,5+	19,4	5,5	Suave
MEG1607	151	7,06	171,3	145,9	20,5	4,0	Amargo, pesado
MEG1607	152	9,38	176,6	149,4	17,8+	4,5	Astringente, pesado
MEG1607	369	5,98	141,6	107,5	17,4+	6,5	Floral, aromático
MEG1607	376	3,91	148,8	109,7	18,4	8,0	Cítrico, floral
MEG1607	377	5,07	171,3	96,3+	20,1	7,5	Floral, menta
MEG1607	378	4,40	157,2	109,7	21,3	5,0	Limpio
MEG1607	379	7,69	122,2+	107,2	18,4	5,0	Cereal
MEG1607	380	6,05	175	106,9	21,6	6,5	Floral
MEG1607	383	3,56	155,9	102,5	19,7	7,0	Floral, herbal
MEG1607	432	1,95	137,5	106,6	15,2+	5,0	Astringente, limpio
MEG1607	433	2,18	114,1+	109,1	13,1+	4,5	Vegetal seco, inmaduro
MEG1607	434	7,17	150,9	127,5	15,9+	6,0	Acidez
MEG1607	435	4,63	111,6+	95,6+	13,3+	7,5	Floral, dulce
MEG1607	436	2,34	115,3+	82,2+	14,4+	6,0	Dulce, cítrico
MEG1607	439	3,49	137,7	108,7	16,6+	6,0	Cítrico, durazno
MEG1607	440	4,61	157,5	116,6	18,1+	7,0	Floral, dulce
MEG1607	443	3,49	138,8	125,6	17,0+	3,5	Cereal
MEG1607	444	5,59	135,9	119,7	15,8+	4,5	Astringente, amargo, pesado
MEG1607	446	4,97	161,3	126,3	18,0+	5,5	Acidez
MEG1607	447	3,43	108,4+	94,1+	14,9+	5,0	Astringente
MEG1607	448	5,41	139,7	124,4	15,2+	ND	
MEG1607	449	1,67	130	104,7	14,5+	ND	
MEG1607	450	3,02	134,4	131,3	15,8+	5,0	Dulce, astringente
MEG1607	451	1,88	125,0+	106,3	14,3+	5,0	Dulce, cereal
MEG1607	453	5,48	130,9	112,5	15,3+	6,5	Dulce, cítrico
MEG1607	458	2,41	124,4+	110,3	15,3+	5,0	Dulce, astringente
MEG1607	460	2,26	125,3+	123,4	13,6+	6,0	Acidez, cítrico
MEG1607	536	2,89	114,1+	96,9	13,4+	ND	
MEG1607	538	6,21	144,1	123,1	17,6+	6,5	Limpio, acidez
MEG1607	540	4,43	119,4+	103,4	13,8+	7,0	Floral, aromático, limpio
MEG1607	542	2,14	118,1+	92,5+	13,6+	ND	

Continúa...

...continuación.

Lote	CCC	Producción acumulada* (kg/árbol)	Variables de Crecimiento**			Calidad en taza***	
			Altura (cm)	Diámetro de Copa (cm)	Número de cruces	Puntaje	Notas generales
MEG1607	543	2,64	116,6+	86,9+	14,9+	6,5	Floral, balance
MEG1607	544	1,79	137,8	109,4	16,1+	5,5	Dulce
MEG1607	545	3,95	103,4+	83,1+	13,4+	5,5	Dulce, astringente
MEG1607	546	2,89	114,7+	99,7	14,2+	ND	
MEG1607	547	4,09	125,6+	105,6	14,6+	5,0	Floral, aromático, astringente
MEG1607	548	3,90	115,9+	100,3	15,0+	6,5	Mentol, astringente
MEG1607	549	4,06	120,3+	105,9	14,4+	6,0	Floral
MEG1607	550	3,33	117,5+	96,3+	14,1+	5,5	Floral
MEG1607	551	3,69	118,4+	98,8	13,9+	6,5	Menta
MEG1607	552	3,33	112,8+	92,8+	14,1+	6,5	Mentol
MEG1607	554	4,18	134,1	121,9	16,6+	6,5	Mentol, astringente
MEG1607	555	5,39	115,7+	105	14,5+	3,5	Harina, astringente
MEG1607	1063	8,87	170,9	141,9	19,8	5,5	Acidez, astringencia
MEG1607	1075	7,65	170	132,2	18,4	5,0	Astringente
MEG1607	1077	5,67	168,8	124,7	18,7	5,5	Panela, astringente
MEG1607	1082	4,31	150	130,6	15,6+	6,5	Dulce, mieloso
MEG1607	Borbón	5,56	168,4	125,9	20,7	5,0	Dulce, astringente
MEG1607	C. can.	6,41	153,8	162,5	18,6	3,0	Harina

* Producción acumulada en dos cosechas

** Medido a los 18 meses de edad

***Panel de catación Almacafé (Bogotá); escala de valoración: 1 = muy defectuoso; 2= defectuoso; 3= muy deficiente; 4= deficiente; 5= estándar; 6= bueno; 7= muy bueno; 8= excelente; 9= excepcional.

+Diferencias estadísticas significativas con relación a la variedad Borbón según prueba de Dunnett p=0.05.

CCC: Colección Colombiana de Café.

cereza para el análisis de semilla: grosor, ancho, longitud, relación longitud/ancho y peso seco.

MEG103003. Identificación de accesiones de *Coffea arabica*. tolerantes a déficit y exceso hídrico. En Colombia la producción de café disminuye por la variabilidad climática asociada con El Niño y La Niña, y para mitigar estos fenómenos se están evaluando accesiones de la Colección Colombiana de Café (CCC) para identificar genotipos tolerantes a déficit hídrico. Se evaluaron ocho introducciones etíopes de *Coffea arabica* (CCC144, CCC254, CCC147, CCC371, CCC537, CCC545, CCC551, CCC555), nueve de *C. canephora*: BGB516, BGB617, BGB137, BGB135, BGB144, BGB141, BGB331, BGB328 y BGB328), la CCC1030 de *C. liberica*, ocho híbridos interespecíficos de Caturra x *C. canephora* y las variedades Típica, Tabi, Catuaf

y Caturra. Se determinó la humedad del suelo a capacidad de campo para definir los tratamientos de estrés hídrico, control: suelo a capacidad de campo (60% de humedad) y déficit hídrico: suelo a 50% de la capacidad de campo (30% de humedad). Semanalmente se midió la humedad gravimétrica encontrando que el promedio de la humedad del suelo en el control fue de 60,44% y bajo déficit hídrico de 33,75%, confirmando que la humedad del suelo se mantuvo en el porcentaje asignado a cada tratamiento. A los cinco meses de aplicación de los tratamientos se pesó la materia seca de la hoja, el tallo, la raíz y la biomasa total. Los promedios e intervalos de confianza al 95% de la biomasa total por accesión mostraron que el déficit hídrico retrasó el desarrollo de las accesiones; sin embargo, según la prueba t al 5%, la biomasa total bajo déficit hídrico de la introducción etíope CCC555 (Figura 51a), de

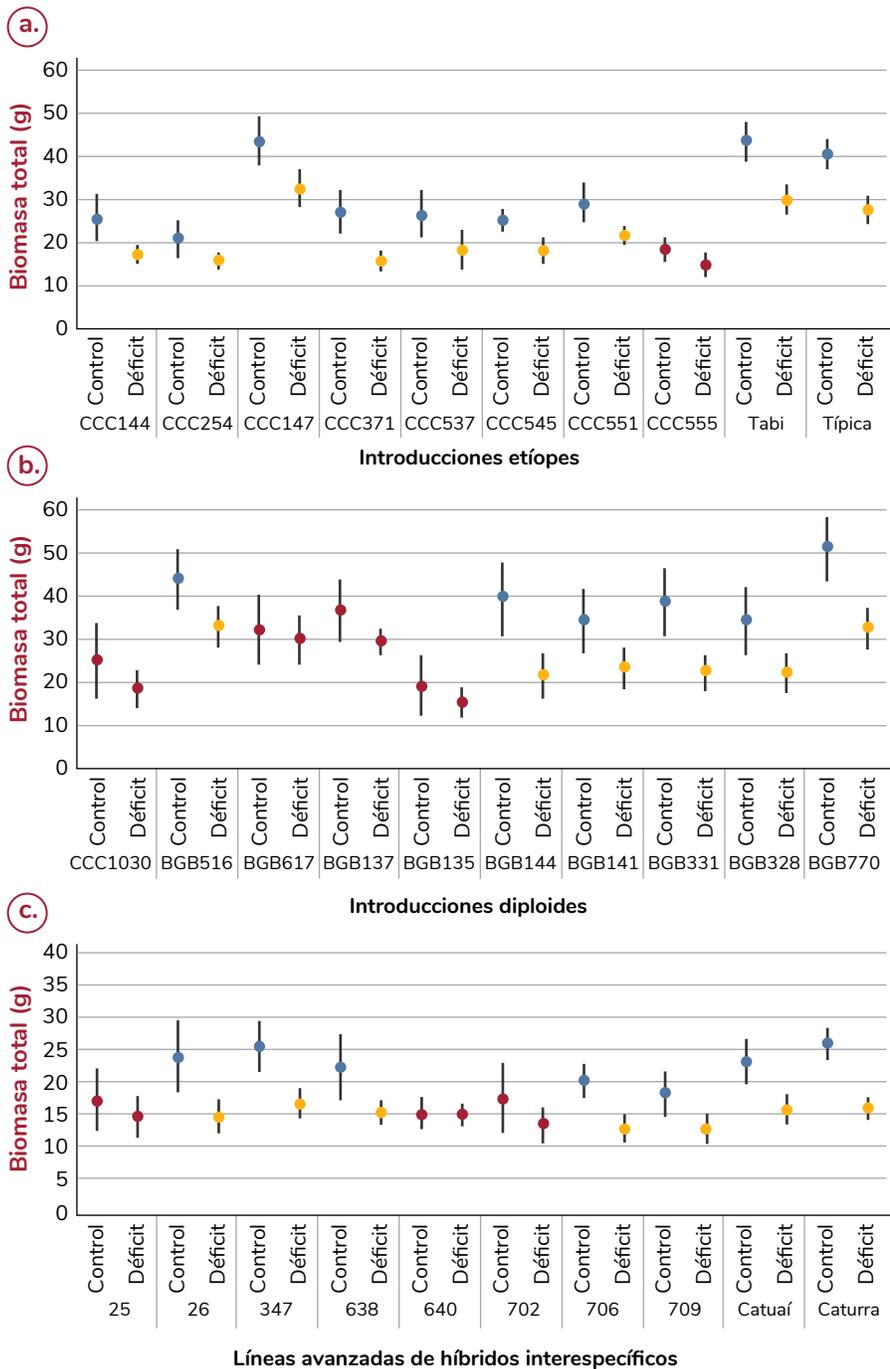


Figura 51. Promedio e intervalos de confianza al 95% de la biomasa total de accesiones sometidas a déficit hídrico (30% humedad suelo) y al control a capacidad de campo (60% humedad del suelo). **a.** Introducciones etíopes y las variedades Típica y Tabi. **b.** Introducciones de especies diploides, CCC1030 de *C. liberica* y nueve de *C. canephora*. **c.** Líneas avanzadas de híbridos interespecíficos de Caturra x *C. canephora* y las variedades Catuaí y Caturra. En color rojo las accesiones que no mostraron diferencias significativas entre tratamientos de estrés hídrico según prueba t al 5%.

las accesiones diploides CCC1030, BGB617, BGB137, BGB135 (Figura 51b), y de los híbridos interespecíficos 25, 640 y 702 (Figura 51c) fue significativamente igual a la materia seca total en capacidad de campo. Estas accesiones serán evaluadas en regiones secas para conocer si la

producción no se afecta al igual que su biomasa, lo cual confirmaría que son tolerantes a déficit hídrico.

MEG103011. Conservación de la Colección Colombiana de Café. En Colombia los recursos genéticos del café son mantenidos en la Colección Colombiana de Café (CCC), la cual es considerada una de las mejor conservadas a nivel mundial. Reconociendo la importancia del germoplasma para la caficultura se realizó un plan de renovación a cinco años de la CCC, que permitiera extender su disponibilidad. La Tabla 35 muestra el estado actual de implementación, la cual se inició con la intervención de árboles en el primer trimestre del año 2018. Las 108 introducciones intervenidas fueron consideradas como prioritarias, con base en el bajo número de árboles disponibles (≤ 5). Se observó que, en promedio, para los tres lotes de conservación, solamente el 56% mostró producción de brotes ortotrópicos que hacen posible su propagación vegetativa; la baja recuperación de árboles se debió posiblemente a su mal estado agronómico, el cual influye en su capacidad para la regeneración de nuevos brotes, sumado a la avanzada edad de las plantas. A pesar de ello, el 88% de las introducciones intervenidas presentaron brotes, los cuales están en enraizamiento para trasplante al campo. En las introducciones donde no hubo formación de brotes se recolectó semilla de polinización libre para evitar su pérdida, como es el caso de la accesión E.130.

MEG103010. Establecimiento de una muestra representativa de la Colección Colombiana de Café. La Colección Colombiana de Café – CCC reúne una muestra importante de la variación genética de especies del genero

I Tabla 35. Estado actual de renovación de germoplasma de procedencia etíope.

Año	Lote	N° accesiones intervenidas	Total (%)	Árboles intervenidos	Estado (%)		Árboles con brotes	Recuperación (%)	
					(+)	(-)		Árboles	Accesiones
2018	Etiopía I	61	31,0	297	71,0	29,0	177	60%	90%
2018	Etiopía II	27	23,3	99	77,8	22,2	61	62%	89%
2018	Etiopía III	21	25,0	109	68,8	31,2	51	47%	86%
2019	Etiopía I	65	33,0	424	72,9	27,1	136	32%	78%
2019	Etiopía II	28	24,1	128	71,9	28,1	55	43%	79%
2019	Etiopía III	41	48,8	284	83,8	16,2	122	43%	93%

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

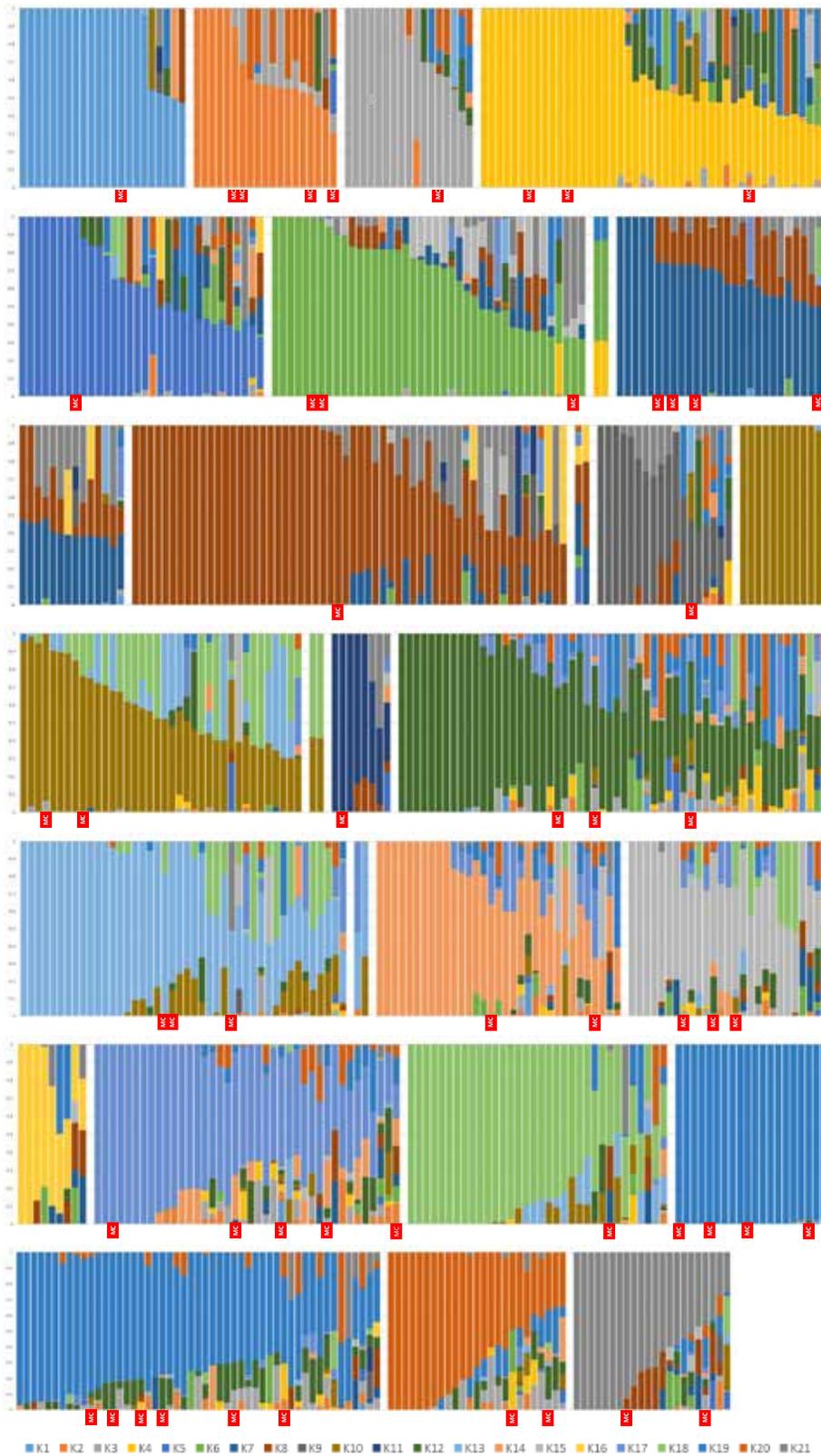
Coffea, con mayor participación de accesiones de *C. arabica* recolectadas en Etiopía, centro de origen de la especie. La secuencia del genoma de *C. arabica* permitió explorar las variantes genéticas de la CCC para determinar qué regiones del genoma y cuáles genes son responsables de rasgos de valor para el mejoramiento genético del café. Se genotipificaron, por la técnica de secuenciación (GBS), 724 accesiones de *C. arabica* de la CCC, encontrando 808.975 variantes para todas las muestras en una representación reducida del genoma. La estratificación o estructura de las poblaciones se determinó mediante una estimación implementada en el programa ADMIXTURE. Se corrieron modelos para estructura de poblaciones entre 1 y 25 poblaciones ancestrales (K) encontrando el menor error de validación cruzada para 21 poblaciones ancestrales con valores de índice de fijación entre 0,05 y 0,41, indicando poca diferenciación genética entre 20 pares de poblaciones y muy alta diferenciación genética entre 60 pares de poblaciones de las 210 posibles. La estructura de poblaciones de la CCC y la ubicación de los genotipos que conforman la Mini-Core, colección central con 50 genotipos representando la diversidad genética de la especie, se presenta en la Figura 52, donde la mayoría de las poblaciones están representadas dentro de la Mini-Core teniendo en ella una buena representación de la diversidad genética de la CCC.

MEG103015. Identificación de genotipos androestériles en la Colección Colombiana de Café. La androesterilidad es la incapacidad de una planta para producir gametos masculinos funcionales e incluye todos los tipos de esterilidad ocasionados por irregularidades del sistema reproductivo masculino. Una planta es androestéril, cuando no se forman frutos por autofecundación y

cuando, en cruzamiento, es usada como progenitor masculino (cruzamiento directo) debe ser igual a cero (sin formación de frutos), mientras la formación de frutos por cruzamiento recíproco debe ser mayor que cero (con formación de frutos). Para identificar genotipos androestériles se siguieron tres pasos: **(1)** se identificaron 73 plantas con aparente ausencia de polen, a partir de la evaluación de 6.451 plantas (86% de germoplasma de procedencia etíope); **(2)** se verificó la ausencia o esterilidad del polen por medio de la tinción de estructuras, confirmándose que 25 plantas (34%) no formaron granos de polen; y **(3)** se evaluó la fertilidad femenina en estas plantas, tratando de autofecundarlas y haciendo cruzamientos directos y recíprocos. Hasta el momento se han identificado diez plantas androesteriles de preseleccionadas (Tabla 36).

MEG105001. Evaluación regional de progenies promisorias. En 2013 se establecieron 208 progenies avanzadas del programa de mejoramiento genético de Cenicafe, en los departamentos de Caldas, Quindío, Antioquia, Santander, Huila, Tolima y Cauca con el objetivo de evaluar su comportamiento agronómico, bajo diferentes ambientes representativos de la caficultura colombiana. Las progenies descienden de tres grupos de cruzamientos: **(1)** Caturra x HdT1343 (111 líneas), **(2)** *C. arabica* (variedad Caturra) x *C. canephora* (72 líneas) y **(3)** recombinaciones entre Caturra x HdT por selecciones etíopes (25 líneas). Estas últimas poseen resistencia incompleta a la roya del cafeto. Se evaluó la incidencia de roya (durante cuatro años), la producción (tres cosechas acumuladas), porte del árbol, calidad física del grano y calidad en taza.

El primer criterio de selección fue la resistencia a la roya, encontrándose 76 líneas altamente resistentes, donde más del 80% de las plantas



en cuatro localidades tuvieron valores de incidencia ≤ 3 , de acuerdo con la escala de Eskes y Braghini (1981). De las progenies seleccionadas por su resistencia a la roya, 18 (25%) corresponden al grupo 1, 41 (58%) al grupo 2 y 12 (17%) al grupo 3. Los análisis indican que las líneas seleccionadas producen al menos lo mismo que la variedad Castillo®, encontrándose algunas con producciones estadísticamente superiores a Castillo®. El 40% de las progenies presentaron el marcador Sat_235 ligado al gen de resistencia contra la enfermedad de las cerezas del café (CBD), en forma homocigota dominante. Se descartaron nueve líneas por presentar un porcentaje de supremo inferior al 60%. Las 67 líneas seleccionadas mostraron buenos atributos organolépticos, un excelente desempeño en las variables evaluadas y, por lo tanto, son candidatas para reforzar las variedades comerciales de café o conformar una nueva variedad.

Figura 52. Estructura de poblaciones de *Coffea arabica* en la Colección Colombiana de Café. Cada barra representa un genotipo en un modelo de 21 poblaciones ancestrales (K=21). Los individuos componentes de la Mini-Core presentan marcas rojas (MC) al inferior de la barra.

Tabla 36. Resultados de fertilidad femenina de plantas seleccionadas por ausencia de polen, estimada por el método de autofecundaciones, cruzamientos directos y recíprocos.

ID CCC	Planta	Resultado tinción/ observación	Autopolinización	Cruzamiento directo (fétil x androestéril)	Cruzamiento recíproco (androestéril x fétil)
			Cuajamiento (%)	Cuajamiento (%)	Cuajamiento (%)
379	762	No polen	0	0	72,6
446	20	No polen	0	0	22,2
285	424	No polen	0	0	52,2
285	425	No polen	0	0	33,3
292	734	No polen	0	0	16,4
292	740	No polen	0	0	43,6
194	497	No polen	0	0	25,3
195	623	No polen	0	0	3,3
318	2148	No polen	0	0	36,6
386	1333	No polen	0	0	22

CCC: Colección Colombiana de Café.

Poscosecha



POS107023. Evaluación del equipo Brudden en la cosecha asistida de café.

Se realizaron pruebas en diferentes Estaciones Experimentales de Cenicafé. Inicialmente, en el mes de abril, se realizó una prueba de cosecha con la derribadora DSC-18 en la Estación Paraguacito (Quindío), en un lote que fue retenido por 28 días, con una carga media de 0,67 kg/árbol y maduración media, las cuales no son las condiciones

ideales para la máquina. Posteriormente se hicieron dos pruebas en la Estación La Trinidad (Tolima), en lotes que, a pesar de que se les había realizado retención de pases de cosecha, tenían condiciones de carga baja y media, y baja maduración. También se hicieron 11 pruebas de cosecha con la derribadora DSC-18 en la Estación El Tambo (Cauca), en tres lotes diferentes, que siguieron el proceso de retención de pases y que resultaron en las condiciones ideales de carga y concentración de maduración para dicha máquina (Figura 53a). La Figura 53b, muestra un operario trabajando con la máquina derribadora.

Las evaluaciones se realizaron después de seguir la metodología de retención de pases y se trabajó con dos personas, dos lonas y dos máquinas. Las dos personas haciendo todas las labores relacionadas con el manejo de las lonas y el manejo de las máquinas. Adicionalmente,



Figura 53. a. Proceso de retención de pases y b. cosecha con la derribadora DSC-18.

para agilizar la labor de limpieza y empaque de la masa de café recolectada, se usó una zaranda de malla plástica (Figura 54) que permitió disminuir el tiempo de estas dos labores a menos de la mitad.

En la Tabla 37 se presenta el resumen de los resultados obtenidos. El promedio general del rendimiento con la máquina hasta el momento es de $27,07 \text{ kg h}^{-1}$, lo que es 2,4 veces más rápido que la cosecha con el método manual tradicional. El promedio de los frutos verdes en la masa cosechada es 5,87%, valor más que aceptable para la cosecha semi-mecanizada de café, lo que hace resaltar el carácter selectivo de la máquina, pues se encuentra muy cerca del contenido de frutos verdes en la masa cosechada manualmente, pues los recolectores extraen del recipiente y dejan frutos verdes en los lotes para cumplir con los estándares de la recolección en las fincas. El promedio de 4,08 unidades/sitio de frutos cosechables dejados en los árboles cumple con las especificaciones para



Figura 54. Zaranda para la limpieza y empaque de la masa de café recolectada con la derribadora DSC-18.

el control de broca, mientras que las pérdidas promedio de 6,01 frutos/sitio es más baja que las pérdidas obtenidas con la cosecha manual y muy cercana al ideal para control de broca de café.

En la Figura 55 se muestran los histogramas de los sistemas manual y con derribadora DSC-18. El segundo se nota más distribuido, lo cual puede explicarse porque se requieren más datos para obtener una distribución más concluyente. Con las evaluaciones realizadas hasta el momento se puede determinar una influencia marcada entre la carga y concentración y el rendimiento con el uso de la máquina, que puede ser también una de las causas que explique la gran variabilidad del rendimiento. Es importante incluir en futuros análisis este componente.

Como consideración final puede decirse que se ha comprobado, hasta el momento, que la máquina DSC-18 es selectiva, que tiene un rendimiento promedio de 2,4 veces la capacidad de los recolectores con el método tradicional, que los frutos dejados en los árboles son menos que los que se requieren para tener control de la broca y que las pérdidas de frutos al suelo son aceptables.

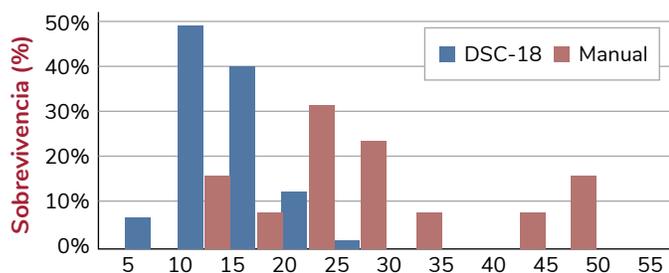
POS101030. Separación de frutos verdes por medios mecánicos. En esta investigación se está evaluando el desempeño técnico de una máquina despulpadora de fabricación comercial, diseñada para despulpar frutos maduros de café con el objetivo de separar los frutos verdes resultantes de la recolección ya sea manual o mecanizada sin utilizar agua. A la máquina de cilindro horizontal se le modificaron los canales del pechero y se instalaron aberturas para la expulsión de los frutos verdes sin deteriorarlos (Figura 56).

En las evaluaciones se consideraron cuatro masas de café con contenidos de frutos verdes de 2,5%, 5,0%, 7,5% y 10%, y cuatro repeticiones cada una. Los porcentajes de daño mecánico en los granos despulpados en cada una de las masas de café evaluadas fueron para los granos mordidos de 1,26% y para los granos trillados de 2,11%, valores levemente por encima de la norma 0,5% y 0,5%, respectivamente, esto debido a los ajustes que se le realizaron en las partes principales de la máquina. Para el rendimiento operativo de la máquina el valor fue de 170 kg h^{-1} de café cereza despulpado, valor inferior al valor especificado por el fabricante de 300 kg h^{-1} . Se registraron valores de eficacia para el despulpado de los frutos maduros despulpados de 84,86% y para la separación de los frutos verdes de 81,26%, muy superiores a los observados en otros

I Tabla 37. Resultados de la cosecha de café con la máquina DSC-18 en tres Estaciones Experimentales de Cenicafé.

No.	R	V	M	P	Estación Experimental	Cosecha	Arreglo m x m	Carga
	(kg h ⁻¹)	(%)	(ud/sitio)	(ud/sitio)				(kg/árbol)
1	22,93	13,5	7,3	5,90	Paraguaicito	3	1,8x1,0	0,67
2	11,95	9,7	5,3	3,40	La Trinidad	5	1,4x1,0	0,38
3	11,54	6,0	3,2	2,00	La Trinidad	3	1,8x1,0	0,69
4	24,61	6,2	2,0	3,60	El Tambo	5	1,7x1,0	2,60
5	29,14	7,2	2,8	4,10	El Tambo	5	1,7x1,0	2,60
6	27,48	5,1	3,0	6,00	El Tambo	2	1,0x1,0	2,44
7	49,39	3,8	6,2	7,60	El Tambo	2	1,0x1,0	2,44
8	46,77	4,5	3,6	5,70	El Tambo	2	1,0x1,0	2,44
9	40,04	5,1	4,3	14,60	El Tambo	2	1,0x1,0	2,44
10	33,64	4,8	5,8	8,40	El Tambo	2	1,0x1,0	2,44
11	25,25	3,9	3,2	8,60	El Tambo	2	1,0x1,0	1,28
12	20,25	3,8	2,2	4,30	El Tambo	2	1,0x1,0	1,28
13	20,92	2,7	4,2	3,90	El Tambo	2	1,0x1,0	1,28
14	15,08	3,0	2,0	5,20	El Tambo	2	1,0x1,0	1,28
	27,07	5,87	4,08	6,01				

R: rendimiento en kg h⁻¹; V: contenido de frutos verdes en la masa cosechada; M: promedio de frutos cosechables dejados en los árboles; P: promedio de frutos dejados en el suelo.

**Figura 55.** Histogramas para la cosecha manual y para la cosecha con derribadora DSC-18.

mecanismos para la separación de fruto verdes, en los cuales se utilizan altas cantidades de agua. Este mecanismo en particular es novedoso porque utiliza las despulpadoras que comúnmente tienen los caficultores y no utiliza agua en el proceso lo cual lo hace amigable con el ambiente. De acuerdo con este resultado si la materia prima contiene el 10% de frutos verdes al pasar por la despulpadora modificada el porcentaje del café verde en el café despulpado podría estar en el rango de 1,5% a 2,5%, que no afecta la calidad organoléptica del café, valores promisorios ya que adicionalmente se recuperaría una masa importante de café.

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

En una primera etapa de la investigación se evaluaron diferentes alternativas para el beneficio de frutos verdes de café, con el objetivo de obtener muestras de café pergamino seco con un valor comercial similar al obtenido por el grano proveniente de la recolección de café maduro. Los resultados de estas evaluaciones evidenciaron presencia de pulpa en el café despulpado, un color negro en la almendra seca obtenida y un factor de conversión de fruto verde a café pergamino seco de diez. Con base en esto se concluyó que los frutos verdes de café no deben procesarse recién cosechados.

A partir de observaciones realizadas en los experimentos, se evidenció que cuando los frutos verdes se almacenan durante determinado tiempo, la pulpa de algunos frutos se torna de color amarillo y rojo, lo cual puede relacionarse con una maduración en el almacenamiento. Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la evaluación de diferentes condiciones de maduración en almacenamiento para los frutos verdes. En dichas evaluaciones, se encontró que la mejor alternativa para la maduración del fruto verde es la utilización de costales de fibra y el



Figura 56. Despulpadora de cilindro horizontal adaptada para separar frutos verdes.

almacenamiento de la masa de frutos verdes durante 15 días, realizando volteos diarios.

De igual manera, se evaluó el proceso de maduración con y sin la adición de madurante. Los resultados mostraron en ambos casos, factores de conversión a café pergamino seco de cuatro. La calidad física promedio del café evaluado en el punto de compra mostró valores de 12,5% de pasilla y 66,5% de almendra sana, con un precio de venta equivalente al 94,8% del valor fijado para un café estándar. Los resultados del análisis sensorial en ambos casos fueron de 43 puntos en la escala SCA. No obstante, es importante notar que cuando se utilizó el madurante se obtuvo menor cantidad de pulpa en el café despulpado.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos hasta el momento, la maduración de frutos verdes en almacenamiento (Figura 57), es una alternativa de manejo para los frutos verdes de café, ya que permite aumentar el precio de venta del grano y mejorar la calidad física.

POS101009. Beneficio de café por vía húmeda con fermentaciones parciales y sobre-fermentaciones usando el método Fermaestro®. Esta investigación sigue un diseño experimental de dos factores que son la temperatura ambiental y la aplicación del método Fermaestro®. Para este informe se trabajó con la temperatura ambiente de 19°C y diez pruebas. La aplicación del método Fermaestro® tiene ocho niveles, cuatro de ellos con fermentaciones parciales (altura del espacio vacío de 41, 61, 74 y 85 mm) y los otros cuatro con sobrefermentaciones de 2 h, 4 h, 6 h y 8 h. La referencia de cada prueba es la altura de 85 mm, la cual es la marca que usa el método Fermaestro® para obtener una degradación de más del 95% del mucílago. Para las pruebas corridas durante este año se incluyó un tratamiento adicional sin remoción de mucílago; es decir, secar el café recién despulpado sin utilizar el dispositivo Fermaestro®.

En la Figura 58 se muestra una fotografía de las muestras durante el proceso de secado. En el lado izquierdo se ven desde el frente del secador hasta el fondo, las muestras de los tratamientos 0 mm, 41 mm, 61 mm y 74 mm de altura del espacio vacío, mientras que en la izquierda se ven desde el fondo hacia el frente del secador, los tratamientos de 85 mm (testigo), dos horas, cuatro horas, seis horas y ocho horas de sobrefermentación.

Hasta el tiempo que corresponde a este informe se realizaron siete pruebas, sin embargo, solamente a cuatro de ellas se les realizó el análisis de calidad en taza en el panel de catación de Cenicafé. La Tabla 38 muestra los resultados de taza de las pruebas realizadas con una temperatura ambiente de 19°C.



Figura 57. Procesamiento de frutos verdes madurados en almacenamiento, a. Frutos verdes, b. Frutos madurados en almacenamiento, c. Café pergamino seco y d. Almendra.

Aunque no es concluyente, del análisis puede considerarse que, en todas las pruebas, al menos hubo un tratamiento en el que se superó la calificación obtenida en la prueba de taza por el café que siguió el proceso testigo. Hubo dos tratamientos en los que se logró un mayor d en el 75% de las veces, cuatro tratamientos en los que se superó la calidad en taza del café testigo en el 50% de las veces, uno en el que se superó en el 33% de las veces y uno en el que se incrementó solamente un 25% de las veces. Los tratamientos que mayor incremento de calificación han logrado hasta el momento son los de 61 mm y 8 horas adicionales de fermentación; sin embargo, sobresalen los puntajes de los tratamientos más 4 h



Figura 58. Muestras en proceso de secado en un secador solar de túnel.

y 61 mm de la prueba 3, en los cuales se obtuvieron más de 2 unidades adicionales de calificación en la calidad en taza con relación al testigo.

En la Tabla 38 se define la variable d como la diferencia entre el puntaje obtenido en el tratamiento y el puntaje obtenido por el café que siguió el proceso de control (Testigo), resaltado con amarillo en la tabla. También se define la variable P como el porcentaje de veces que se supera la calificación del testigo por tratamiento.

El tratamiento con 100% de mucílago adherido es el que más defectos presentó, lo que permite inferir que se corre un alto riesgo cuando se quiere obtener café tipo Honey. También puede inferirse que la mayor consistencia hasta el momento se ha obtenido con el tratamiento que incluye 8 horas adicionales de fermentación, después de haber alcanzado el punto de lavado.

POS101019. Evaluación del efecto de la reutilización de la enzima Zymucil® en la eliminación de mucílago de café. Se realizó la parte experimental correspondiente a las pruebas de procesamiento de café con la aplicación de la enzima pectinolítica, pentin-liasa en dos concentraciones, 50 y 100 mg L⁻¹, para conocer el efecto de su uso y re-uso sobre el tiempo de remoción de mucílago usando el método Fermaestro® y la calidad en taza. Los resultados parciales muestran una disminución del tiempo de proceso entre 21% y 85%, respecto al tiempo de la

Tabla 38. Resultados preliminares de las pruebas de fermentaciones parciales y sobrefermentaciones, con el uso del método Fermaestro®, conducidas a 19°C de temperatura ambiente.

Tratamiento	Prueba 01		Prueba 02		Prueba 03		Prueba 04		P
	Puntaje	d	Puntaje	d	Puntaje	d	Puntaje	d	
0 mm			53,10	-29,78	54,75	-25,00	79,94	0,63	33%
41 mm	80,00	-3,00	80,94	-1,94	80,75	1,00	80,06	0,75	50%
61 mm	80,75	-2,25	83,06	0,19	81,94	2,19	79,31	0,00	75%
74 mm	80,25	-2,75	53,69	-29,19	53,69	-26,06	81,25	1,94	25%
85 mm	83,00	0,00	82,88	0,00	79,75	0,00	79,31	0,00	
Más 2 h	82,50	-0,50	80,31	-2,56	80,63	0,88	79,69	0,38	50%
Más 4 h	82,00	-1,00	82,63	-0,25	82,63	2,88	80,38	1,06	50%
Más 6 h	84,25	1,25	80,44	-2,44	74,63	-5,13	80,25	0,94	50%
Más 8 h	83,50	0,50	81,56	-1,31	80,00	0,25	79,69	0,38	75%

d : diferencia entre el puntaje obtenido en el tratamiento y el puntaje obtenido por el café que siguió el proceso de control (Testigo); P : porcentaje de veces que se supera la calificación del testigo por tratamiento.

fermentación natural o tratamiento testigo (Tabla 39). Se observó una disminución de la actividad enzimática a partir del segundo uso en las dos concentraciones, dado el aumento del tiempo de remoción, que pasó de 3,0 y 4,5 horas en 100 y 50 mg L⁻¹, respectivamente, a 15,5 horas. Lo anterior puede estar relacionado con la disminución en el volumen de drenados después del primer uso.

El pH fue la variable que mayor relación tuvo con los procesos de los tratamientos, debido a la acidificación de la masa tanto del testigo como de los tratamientos correspondientes al segundo y tercer uso de los drenados.

Con los resultados parciales del análisis sensorial de las muestras analizadas se observó que los tratamientos que corresponden al tercer uso de los drenados, en los que se utilizó una concentración de 100 mg L⁻¹ (1 mL de enzima/10 kg de café despulpado), no tienen efecto negativo sobre la calidad en taza; sin embargo, debe realizarse el análisis sensorial a las muestras correspondientes a todos los bloques de los experimentos para obtener los resultados finales. Es necesario realizar el análisis de la actividad enzimática de los drenados, para relacionar con los resultados de tiempo de remoción de mucílago.

POS104003. Evaluación de productos químicos para el tratamiento de aguas residuales del café. Se determinó el tipo y dosis de neutralizante apropiado para el tratamiento primario de los lixiviados provenientes de la mezcla pulpa-mucílago de café y la dosis y tipo de sal química adecuada para realizar su tratamiento secundario. Se encontró que el hidróxido de calcio a concentraciones de 5.000 mg L⁻¹ es el apropiado para el tratamiento primario de los

lixiviados, con Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 12.900 mg L⁻¹, permitiendo una remoción en la DQO de los lixiviados del 47,31% y de Sólidos Suspendidos Totales (SST) del 62,73%. Para lixiviados con una concentración de DQO de 24.560 mg L⁻¹ el mejor neutralizante fue el hidróxido de calcio a concentraciones de 8.000 mg L⁻¹, permitiendo una remoción en la DQO de los lixiviados del 42,86% y de SST del 56,49%.

Para el tratamiento secundario de los lixiviados con DQO de 12.900 mg L⁻¹ el mejor tratamiento fue el que involucró la adición de cloruro de aluminio a una concentración de 2.000 mg L⁻¹, que permitió una remoción del 66,72% de la DQO y del 89,16% de los SST, contribuyendo en remover un 36,84% de la DQO y un 70,92% de los SST respecto a la remoción ya realizada por el hidróxido de calcio. Para el tratamiento secundario de los lixiviados con DQO de 24.560 mg L⁻¹ el mejor tratamiento fue el que involucró la adición de sulfato de hierro a una concentración de 4.000 mg L⁻¹, que permitió una remoción del 66,90% de la DQO y del 95,52% de los SST, contribuyendo en remover un 42,07% de la DQO y un 89,70% de los SST respecto a la remoción ya realizada por el hidróxido de calcio.

POS104009. Validación de filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales del café. Se está evaluando la efectividad de los filtros verdes bajo condiciones de invernadero, utilizando pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) como material vegetal para el manejo de las aguas residuales del café, con el objetivo de no generar ningún tipo de vertimiento (Figura 59). Para ello se están evaluando unidades experimentales de 1 m², alimentadas con tres tipos de aguas residuales (mieles del Ecomill, lixiviados de la

Tabla 39. Tiempo promedio de remoción de mucílago con el uso y re-uso de la enzima para el desmucilaginado del café.

Tratamiento	Concentración de enzima	Número de uso	Tiempo según Fermaestro®	D.E.	Diferencia de tiempo con el primer uso	Diferencia de tiempo con el testigo
1	50	1	4,31	0,36	---	15,89
2		2	15,53	0,59	11,23	4,66
3		3	5,58	0,75	1,27	14,62
4	100	1	2,93	0,50	---	17,27
5		2	15,83	0,50	12,91	4,36
6		3	5,51	0,80	2,59	14,68
7	Testigo		20,19	1,07	---	---

mezcla pulpa+mucílago y aguas residuales del tanque tina), a 20 mm, 40 mm y 60 mm, y dos tipos de testigo, uno relativo como filtros verdes con vetiver, alimentados con el agua limpia utilizada en el beneficio del café y un testigo absoluto, filtros verdes con vegetación natural, alimentados con el agua limpia utilizada en el beneficio del café.

En promedio, las parcelas alimentadas con agua limpia y sembradas con pasto vetiver mostraron un volumen retenido y evapotranspirado de agua de $35,6 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$, las parcelas alimentadas con agua limpia y sembradas con vegetación natural mostraron un volumen retenido y evapotranspirado de agua de $36,2 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$. Para las parcelas sembradas con pasto vetiver y alimentadas con aguas residuales del beneficio del café los valores promedio fueron de: $37,3 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$ para las parcelas alimentadas con aguas residuales del tanque tina, de $36,0 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$ para las parcelas alimentadas con lixiviados y de $37,2 \text{ L m}^{-2}\text{-d}^{-1}$ para las parcelas alimentadas con mieles del Ecomill®.

En promedio, el agua residual del tanque tina mostró un valor de DQO de 27.700 mg L^{-1} y un pH de 3,84; los lixiviados, un valor de DQO de 65.750 mg L^{-1} y un pH de 3,38 y las mieles del Ecomill un valor de DQO de 49.350 mg L^{-1} y un pH de 3,45. Los drenados obtenidos de las parcelas alimentadas con aguas residuales del tanque tina presentaron un valor promedio de DQO de 6.720 mg L^{-1} y un pH de 4,72; de los lixiviados, un valor promedio de DQO de 26.300 mg L^{-1} y un pH de 4,09 y de las mieles del Ecomill® un valor promedio de DQO de 26.010 mg L^{-1} y un pH de 4,01.



Figura 59. Validación de filtros verdes para tratamiento de aguas residuales de café.

POS103006. Evaluación del efecto de la temperatura del aire de secado en la calidad del café durante el almacenamiento. Se cuenta con un cuarto de almacenamiento para mantener las condiciones de temperatura y humedad relativa de 16°C y 65%, respectivamente, durante el tiempo que requiere el desarrollo experimental. También se realizaron los bloques que permitieron obtener el café por los diferentes métodos de secado para llevar a almacenamiento. En la determinación de color inicial de los granos de café en almendra no se observaron diferencias por efecto de los métodos de secado empleados. Después de dos meses de almacenamiento se obtuvo mayor magnitud en el cambio de color para el café obtenido por secado solar, representado principalmente en la coordenada L^* que se relaciona con la luminosidad, reflejando un color más claro al inicialmente obtenido (Figura 60). Este mismo tratamiento trajo como consecuencia una menor cantidad de defectos, contrario a los resultados obtenidos con secado mecánico a 50°C , el cual, a su vez aumentó el número de defectos después de dos meses de almacenamiento. Igualmente se observó que la calidad sensorial mejoró con el almacenamiento para el café obtenido con secado mecánico a 40°C y secado solar.

Las pruebas relacionadas con la calidad fisiológica del grano han demostrado un deterioro marcado en el café obtenido con secado mecánico a 50°C , evidenciado en el porcentaje de germinación, el contenido de grasa y la conductividad eléctrica, resultados que podrían relacionarse con el aumento en el número de defectos y la baja calidad obtenida en este tratamiento.

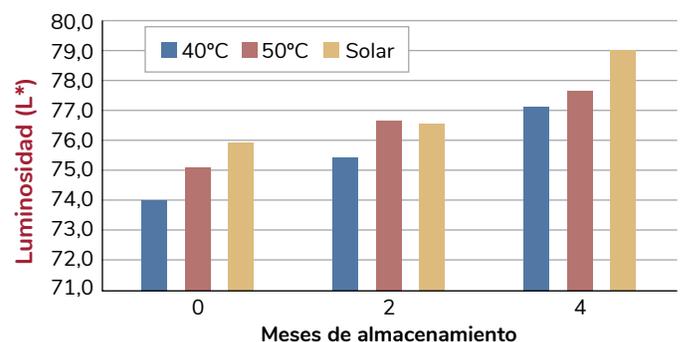


Figura 60. Comportamiento de la luminosidad (L^*) de los granos de café en almendra obtenido a diferentes condiciones de secado durante el almacenamiento.



Suelos

SUE102001. Caracterización regional de la fertilidad del suelo. Los registros históricos de análisis de suelo pueden utilizarse para conocer las tendencias de la fertilidad en el espacio. El desarrollo de esta investigación tiene como objetivo caracterizar regionalmente la fertilidad del suelo en la zona cafetera mediante el uso de la información histórica. Durante este período se analizaron nuevas bases de datos, correspondientes a los departamentos de Antioquia (Seccional Salgar), Bolívar, Cesar, La Guajira y Risaralda, conformadas por 30.762 registros y obtenidos durante rangos de tiempo de 4 a 30 años.

En la Seccional Salgar (Antioquia), el 81% de las muestras analizadas exhibieron algún grado de acidez (pH bajo y alto aluminio-Al), los contenidos de materia orgánica (MO), fósforo (P) y potasio (K) fueron bajos en más del 55% de ellas en tanto que el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y la Capacidad de Intercambio Catiónico (CICE) no presentaron mayores limitaciones. En el departamento de Bolívar más del 90% de las muestras analizadas presentaron problemas de acidez y bajos contenidos de MO, P, K y Ca, y la frecuencia de muestras con rango crítico para el Mg fue del 76% y 35% para CICE. En el 57% de las muestras analizadas en el departamento del Cesar se detectaron valores de pH menor de 5,0; sin embargo, menos del 30% de estas exhibieron altos niveles de Al. En el Cesar fueron bajos los contenidos de MO, P, K, Ca, Mg y CICE. En La Guajira no se identificaron problemas generalizados por la acidez, P, Ca, Mg y CICE, lo que no ocurrió con la MO y el K (74% y 68%, respectivamente). En Risaralda se identificaron limitaciones menos fuertes por el pH (43%), al igual que por el Al y la saturación de este elemento (21% y 10%, respectivamente); en este departamento, más del 65% de las muestras presentaron niveles altos de MO, Ca, Mg y CICE, mientras que el P y K fueron predominantemente bajos.

SUE102004. Establecer una recomendación regional para la nutrición de las plantas de café en las etapas de establecimiento, crecimiento, y producción en función de sus necesidades. Con el propósito de caracterizar la fertilidad de los suelos de la región cafetera de Huila se tomaron 6.000 muestras para el análisis de las propiedades químicas y 1.000 para las físicas, y además se realizaron pruebas de incubación con cal y se midió la retención de

fósforo en 60 muestras. En el 92% de las muestras se presentaron niveles bajos de materia orgánica (menor de 8%), en el 53% algún grado de acidez y en el 41% valores bajos de fósforo (menor de 10 mg kg^{-1}). En el 19% de los lotes se detectaron niveles bajos de potasio (menor de $0,20 \text{ cmolc kg}^{-1}$) y en el 39% niveles medios ($0,20$ a $0,40 \text{ cmolc kg}^{-1}$). En la mayoría de los casos los contenidos de azufre fueron bajos, mientras que solo el 4% de las muestras analizadas presentaron niveles muy bajos de calcio y magnesio intercambiables ($0,75 \text{ cmolc kg}^{-1}$ y $0,30 \text{ cmolc kg}^{-1}$, respectivamente). Con respecto a los micronutrientes, los contenidos de hierro fueron elevados, los de cobre, manganeso y zinc tuvieron valores medios, y los de boro fueron bajos.

Con respecto a las variables físicas, el 36% de los lotes presentó densidades aparentes mayores de $1,2 \text{ g cm}^{-3}$, el 28% texturas catalogadas como críticas (Ar, A, L, ArA y AL) y el 60% una reducida capacidad para el almacenamiento de agua. De acuerdo con los resultados se generaron recomendaciones para el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de los cafetales a escala departamental, zona agroecológica y municipal. Además,

(<https://agroclima.cenicafe.org>) se diseñó un aplicativo para visualizar el resumen de los resultados, bien sea como tablas o mapas.

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

Con el objetivo de determinar la capacidad de almacenamiento de agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera colombiana, desde 2015 se está desarrollando una investigación en los departamentos que mayor área tienen sembrada en café. En los meses de octubre a febrero se realizó el muestreo y el análisis de las unidades de suelo 200, Suroeste y Venecia, presentes en los municipios de Fredonia y Santa Bárbara en Antioquia. De marzo a la fecha, la investigación se enfocó en las unidades cartográficas de suelo más representativas del departamento de Tolima, en las que se está cuantificando la capacidad de almacenamiento de agua para cuatro de las cinco unidades cartográficas de suelo más comunes, en los seis municipios con mayor área sembrada en café. Además, se midieron otras variables edáficas secundarias, tales como textura, contenido de materia orgánica, densidad aparente y real, conductividad hidráulica y distribución de agregados.

Las unidades cartográficas de suelo más representativas en área (97,8%), para la región productora de café en Tolima son San Simón (43,9%), Mendarco (28,6%), Gualí (10,4%), Líbano (4,1%) y Anaime (3,3%) y las unidades Gualí-Mendarco-Líbano-San Simón y San Simón-Mendarco-Líbano (7,5%) (Tabla 40). Los resultados muestran que las porosidades totales de los suelos para la región cafetera

de Tolima están entre 75,08% y 40,38%, (Figura 61a), los contenidos de materia orgánica entre 14,95% y 3,38% (Figura 61b), la densidad aparente entre 1,43 y 0,52 g cm⁻³ y la real entre 2,78 y 1,85 g cm⁻³ (Figuras 61c y 61d), la estabilidad de agregados al agua entre 3,39 y 1,21 mm de diámetro medio ponderado (Figura 61e) y la conductividad hidráulica entre 1,60 y 0,05 cm h⁻¹ (Figura 61f).

SUE102021. Estudio de la adopción del análisis de suelos en la zona cafetera colombiana.

Este estudio tuvo como objetivo conocer el nivel de adopción de los análisis de suelos en la zona cafetera colombiana e identificar los posibles factores que la favorecen o la limitan. Se desarrolló a través de una encuesta aplicada a 1.533 caficultores de 748 distritos, pertenecientes a 20 departamentos. En el aspecto social, se encontró que el 31% de los caficultores presentaban escolaridad secundaria o superior; un alto porcentaje (66%) de ellos son residentes en la finca y el 76% cuentan con experiencia mayor a 10 años como caficultor. Desde el punto de vista de los sistemas de producción, en el 70% de los casos correspondieron a fincas que tienen menos de 5 hectáreas, sembradas con variedades resistentes a la roya predominantemente y a una densidad que, en el 98,2%, se encuentra por encima de los 5.000 árboles/ha. Del 93% de los caficultores (n:1.432) que respondieron afirmativamente realizar fertilización, la mitad lo hacen con mezclas físicas y los demás a través de complejos granulados. El 38% aplica más de 1.000 kg de fertilizante y lo fracciona en dos y tres épocas al año principalmente. De los caficultores

Tabla 40. Ubicación de los puntos de muestreo por unidad de suelo y municipio en la zona cafetera del departamento de Tolima.

Unidad de Suelo	Materia parental	Municipio	Vereda
Mendarco	Arenisca de grano grueso	Planadas	El castillo
		Ataco	Versalles
		Chaparral	Lagunilla
San Simón	Granito hornbléndico biotítico	Rovira	San Pedro
		Chaparral	La Argentina
		Ibagué	Loma Cocora
Gualí	Esquisto moscovítico	Líbano	Mateo
		Líbano	La Marina
		Líbano	San Fernando
Líbano	Cenizas volcánicas	Líbano	Las Rocas
		Líbano	La Esperanza
		Líbano	La Florida - Agualimpia
Anaime	Cenizas volcánicas	Ibagué	Curalito
		Ibagué	El Ingenio
		Ibagué	Moral

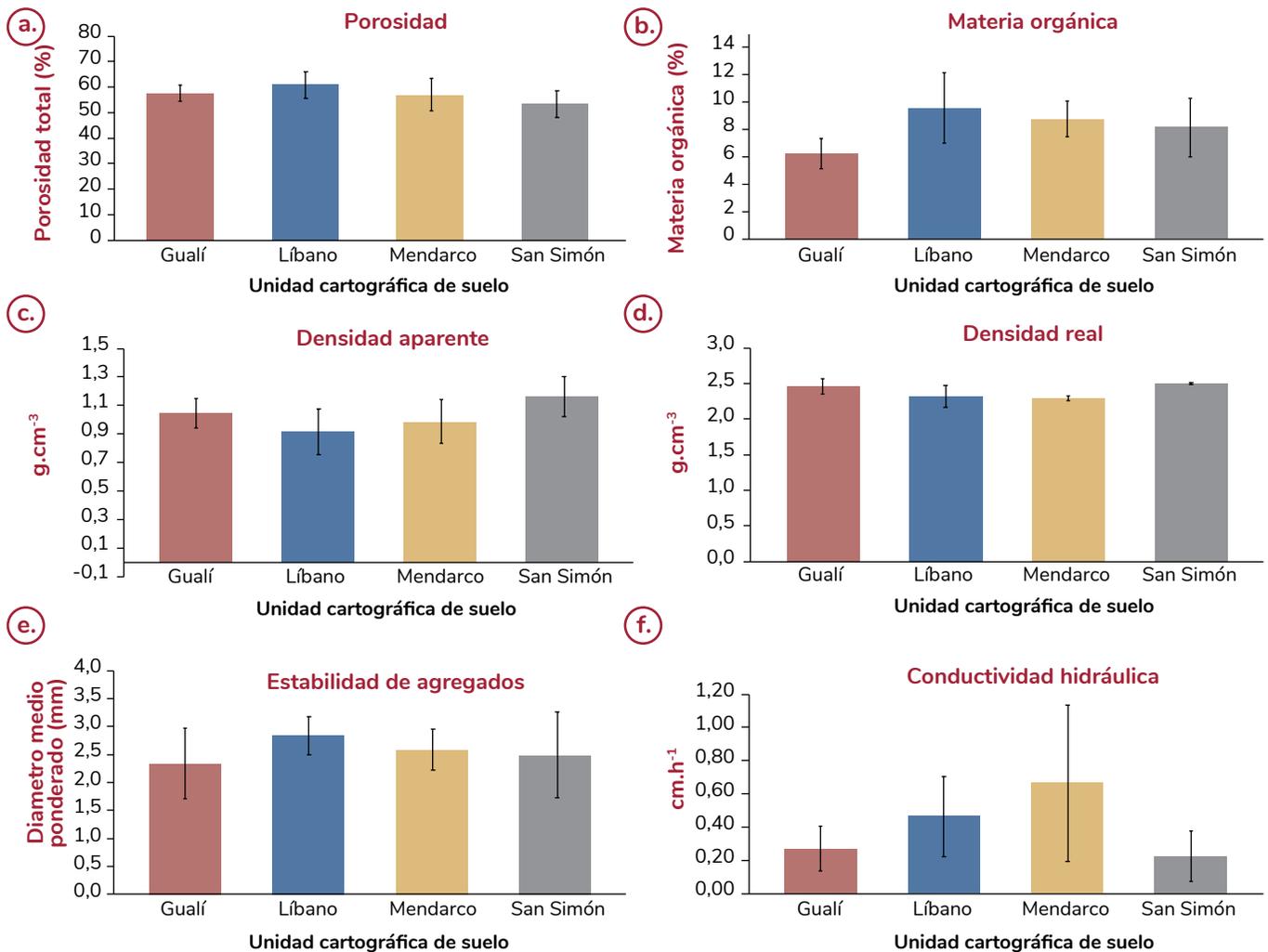


Figura 61. Propiedades físicas analizadas para las unidades cartográficas de suelo de la región cafetera del Tolima. **a.** Porosidad total; **b.** Contenido de materia orgánica; **c.** Densidad aparente; **d.** Densidad real; **e.** Estabilidad de los agregados del suelo; **f.** Conductividad hidráulica saturada.

encuestados, el 55,6% (n:853) manifestó haber hecho alguna vez análisis de suelos, pero sólo el 61% de quienes respondieron afirmativamente (n:522), lo han realizado en los dos últimos años. Finalmente, considerando sólo aquellos caficultores usuarios del análisis de suelos en los últimos dos años (n:522), pudo determinarse que el 67% de ellos son adoptantes, dado que siguen totalmente las recomendaciones, en tanto que el 31%, pueden considerarse como medianamente adoptantes, puesto que implementan dichas recomendaciones de manera parcial, es decir, con alguna modificación respecto a lo recomendado. En síntesis, del total de los caficultores encuestados, el 22% son usuarios y adoptantes del análisis de suelos (Figura 62). Adicionalmente, pudo establecerse que aquellos que no hacen uso de esta tecnología aducen como principales razones, que dicha práctica es costosa e innecesaria; estas y otras respuestas relacionadas, se detallan en la Tabla 41.

SUE102022. Evaluación de las enmiendas de uso común en la caficultura colombiana para corregir la acidez. Dado que una de las principales limitantes de la producción de café en Colombia es la acidez del suelo, el encalamamiento se convierte en una práctica fundamental que precisa el uso de enmiendas con la calidad suficiente para neutralizar la acidez y aportar nutrientes como calcio (Ca) y magnesio (Mg). Actualmente, los caficultores aplican productos de los que no se dispone de información suficiente acerca de su calidad, razón por la cual, se evaluaron las propiedades de algunas enmiendas de uso común. Se seleccionaron 33 productos entre los que se destacan carbonatos de calcio, dolomitas, cales apagadas, rocas fosfóricas, yesos agrícolas y productos mezcla de varios compuestos. Se evaluaron el poder de neutralización (PN), la eficiencia granulométrica (EG), la humedad (H), el poder relativo de neutralización total (PRNT), el

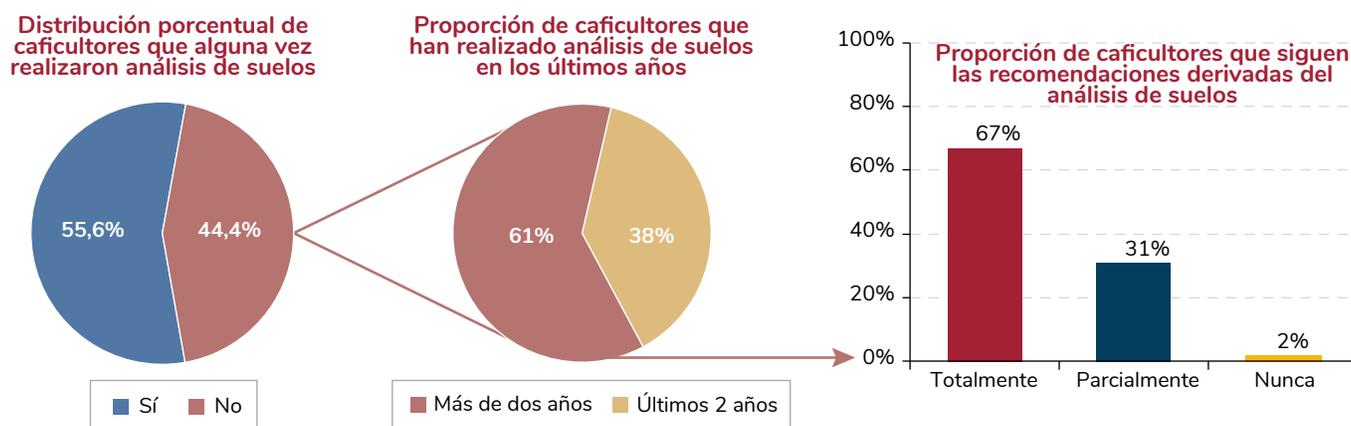


Figura 62. Caficultores usuarios y adoptantes de los análisis de suelos.

Tabla 41. Razones por las cuales los encuestados no realizan análisis de suelos.

Razones para no realizar análisis de suelos	Encuestados (%)
Es costoso	23
Lo considera innecesario	19
Desconoce los beneficios	17
Demorado tiempo entrega - recepción resultados	9
No sabe cómo tomar la muestra	2
No queda satisfecho con la recomendación	2
No cuenta con asesoría para la interpretación	0
Otra razón	28

fósforo (P) soluble y el contenido total de Ca, Mg y P. Adicionalmente, se determinó el efecto de los productos evaluados en la corrección de la acidez de un suelo y el aporte de nutrientes. Se encontró que no todas las enmiendas que se comercializan como correctivos de acidez del suelo tienen la capacidad para aumentar el pH y neutralizar el aluminio intercambiable (Al^{3+}) (Tabla 42). En general, las cales agrícolas, dolomita y apagada, se destacaron como los productos con mayores valores de PRNT (entre 62% y 115%). Las enmiendas resultantes de la mezcla de carbonatos y silicatos de Ca y Mg, yeso y rocas fosfóricas, presentaron valores de PN entre 59% y 61%, y PRNT entre 46% y 52%, por lo que es necesario aplicar mayores dosis para lograr resultados similares a los que se obtienen con las cales. Las rocas fosfóricas mostraron una baja capacidad para corregir la acidez del suelo (PN entre 3% y 22% y PRNT entre 9% y 16%), al igual que los yesos agrícolas (PN entre 14% y 32% y PRNT entre 8% y 23%). Por lo anterior, y teniendo en cuenta las deficiencias de Mg en los suelos cafeteros del país, se esperan mejores resultados con el uso de dolomita y, en el caso de que dicha deficiencia no se presente, con el uso de cal agrícola.

SUE104004. Evaluación del efecto del encalamiento, realizada al momento de la siembra, en el crecimiento y producción.

Entre las prácticas determinantes de la producción de café al momento de establecer el cultivo está la corrección de la acidez del suelo. Este

estudio tuvo como propósito determinar el efecto del manejo de la acidez del suelo antes de la siembra en la producción de café. La segunda y última fase de la investigación, se realizó en la Estación Experimental Paraguacito (Quindío) durante los años 2016 y 2018. Como tratamientos se evaluaron tres dosis de dolomita (60, 120 y 240 g/hoyo) incorporadas al suelo antes del trasplante del colino, siendo las dimensiones del hoyo 20 x 20 x 30 cm (volumen=120 decímetros cúbicos). La acidez del suelo asociada al pH y aluminio intercambiable se corrigió conforme a las dosis suministradas, en tanto que los contenidos de Ca, Mg y K se incrementaron hasta alcanzar niveles relativamente altos para café. Se presentó efecto significativo de los tratamientos en la producción de café cereza durante la primera cosecha (año 2017), más no en la segunda (año 2018), resultado que revela un efecto residual de la enmienda menor de dos años y sugiere realizar una nueva aplicación superficial uno o dos años después de haber efectuado el encalado antes de la siembra. En cuanto a la dosis, fueron suficientes 60 g de dolomita para un hoyo de 20 x 20 x 30 cm. Al expresar la producción de café cereza en función del pH del suelo se asociaron los mayores

Tabla 42. Valores de poder de neutralización (PN), eficiencia granulométrica (EG), humedad (H), poder relativo de neutralización total (PRNT), y contenidos de calcio, magnesio, fósforo total y fósforo soluble en ácido cítrico de las enmiendas evaluadas.

No.	Producto	PN (%)	EG (%)	H (%)	PRNT (%)	CaO (%)	MgO (%)	P total (P ₂ O ₅ %)	P soluble (P ₂ O ₅ %)
1	Cal agrícola	99,93	61,70	0,00	61,66	56,65	3,02	N.A.**	N.A.
2	Cal agrícola	98,01	75,53	0,00	74,02	56,24	2,00	N.A.	N.A.
3	Cal agrícola	96,38	96,12	0,13	92,52	56,23	2,09	N.A.	N.A.
4	Cal viva	112,95	92,22	0,94	103,18	41,30	0,30	N.A.	N.A.
5	Cal agrícola (Calciprill)	97,83	-*	0,40	-	55,37	1,62	N.A.	N.A.
6	Cal dolomita	103,27	77,33	0,13	79,75	34,73	16,29	N.A.	N.A.
7	Cal dolomita	101,55	76,20	0,40	77,07	34,87	13,97	N.A.	N.A.
8	Cal dolomita	92,85	74,63	0,07	69,25	21,70	11,72	N.A.	N.A.
9	Cal dolomita	92,68	77,06	0,07	71,38	36,38	5,26	N.A.	N.A.
10	Cal dolomita	99,38	89,14	0,00	88,59	34,49	16,44	N.A.	N.A.
11	Cal dolomita	100,32	80,21	0,00	80,46	59,03	2,27	N.A.	N.A.
12	Cal dolomita	92,73	79,14	0,13	73,29	34,94	9,91	N.A.	N.A.
13	Cal dolomita	102,60	79,26	0,00	81,32	35,69	15,42	N.A.	N.A.
14	Cal dolomita (Magprill)	99,45	-	0,60	-	35,50	15,33	N.A.	N.A.
15	Cal apagada	119,53	96,07	0,00	114,84	62,76	3,99	N.A.	N.A.
16	Cal apagada	116,35	80,04	0,00	93,13	62,85	0,33	N.A.	N.A.
17	Cal magnesiana	86,33	77,84	0,13	67,12	34,74	17,11	N.A.	N.A.
18	Dolfos	94,62	88,06	0,20	83,15	18,85	10,80	2,53	0,04
19	Abono Paz del Río	68,79	88,27	0,60	60,36	35,76	2,81	11,75	9,00
20	Olafos-S	3,47	-	5,71	-	27,07	0,60	18,45	9,87
21	Fosfoenmienda inorgánica	22,13	72,85	1,21	15,95	5,18	5,18	21,53	6,51
22	Fosfoabono 25%	15,47	92,57	1,01	14,17	34,21	0,23	21,05	6,60
23	Fertifoscal 30%	15,38	92,66	1,01	14,11	36,28	0,21	29,05	5,97
24	Fosfoindustrial 35%	14,67	69,09	0,60	10,07	35,56	0,28	27,30	5,30
25	Fosforita	14,48	71,44	1,21	10,22	33,88	0,21	20,50	7,99
26	Fosforita 26P	12,47	76,87	0,81	9,51	25,90	0,14	19,47	6,62
27	Enmienda triple 30	61,07	76,37	2,11	45,65	20,52	11,90	4,18	0,14
28	Mejicorrectio	58,80	93,41	5,34	51,99	18,89	17,85	2,30	0,05
29	T-FOS	38,17	70,91	0,74	26,86	22,18	10,38	16,72	6,97
30	Oxidol	89,88	71,53	0,27	64,12	51,40	22,58	4,50	0,40
31	Yeso agrícola	32,43	74,54	3,95	23,22	24,14	4,41	N.A.	N.A.
32	Yeso agrícola	14,02	65,24	19,24	7,53	23,57	2,72	N.A.	N.A.
33	Yeso agrícola	13,98	69,66	19,62	8,53	16,33	2,50	N.A.	N.A.

*-: son productos granulados, razón por la que no es posible medir la EG, y, por consiguiente, calcular el PRNT.

**N.A.: no aplica determinación de P.

rendimientos con valores cercanos a 5,1. Además, un procedimiento similar indica que, contenidos de aluminio intercambiable- Al^{3+} mayores a $0,91 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ o en su defecto, porcentajes de saturación de Al^{3+} superiores a 28%, tienden a reducir el rendimiento del cultivo. Con respecto a la saturación de bases, calculada a partir de la Capacidad de Intercambio Catiónica-CIC $[(Ca+Mg+K)/CIC]$, valores mayores de 20% parecen ser adecuados.

SUE104006. Evaluación de estrategias para el manejo de la acidez del suelo en la producción de café. La acidez del suelo ha sido considerada una de las limitantes de la producción de café en la mayoría de las regiones de Colombia. La práctica más común para el manejo de este problema y hasta el momento la más efectiva consiste en el uso de enmiendas, principalmente cales. Esta investigación desarrollada desde el año 2014, en la Estación Experimental La Catalina (Risaralda), tiene como objetivo evaluar estrategias para el manejo de la acidez del suelo. Los tratamientos consisten en: testigo sin la corrección de la acidez, 120 g/hoyo de dolomita incorporada al suelo antes de la siembra, 120 g/hoyo de roca fosfórica incorporada al suelo antes de la siembra y 800, 1.600, 2.400, 3.200 y 4.000 kg ha^{-1} de dolomita aplicada superficialmente en toda el área del terreno a los 12 y 36 meses después de la siembra. En la tercera cosecha (año 2018) no se detectaron efectos significativos de la incorporación de la dolomita o la roca fosfórica al suelo del hoyo en el momento de la siembra (Tabla 43). Un caso contrario se registró para el acumulado de la producción de los tres años (Tabla 43), respuesta que se relaciona tanto con el efecto significativo obtenido durante la primera cosecha (año 2016) como la suma de resultados

parciales en las demás cosechas; en este sentido, el promedio obtenido con la dolomita fue mayor al de la roca fosfórica. La aplicación superficial de la dolomita realizada uno y tres años luego de la siembra tuvo efectos significativos en la producción de la tercera cosecha (Figura 63). Para este ciclo resultan suficientes dosis entre 800 y 1.600 kg ha^{-1} , las cuales son más bajas que las registradas durante el año pasado (2.400 kg ha^{-1}).

SUE104008. Extracción de nutrientes por el café. La absorción de los nutrientes por las raíces y su posterior acumulación en los diferentes órganos varía de acuerdo a la edad de las plantas, la etapa fenológica y las condiciones ambientales (suelo y clima). Este estudio tiene como objetivo determinar la extracción de nutrientes por el café en la región cafetera de Colombia. Durante esta vigencia se analizó la extracción de nutrientes por plantas de café Variedad Castillo® en la Concentración Jorge Villamil (Huila) (plantaciones de 48 y 60 meses) y en la Estación Experimental Paraguaicito (Quindío) (plantaciones de 36 y 60 meses). En Huila la materia seca total de órganos vegetativos de las plantas (hojas, ramas, tallo y raíces) fue de 32 y 42 t ha^{-1} para cultivos de 48 y 60 meses de edad, respectivamente (Tabla 44). En Quindío se registraron valores de 38 y 59 t ha^{-1} para las plantaciones de 36 y 48 meses, respectivamente. Para las dos localidades, se registraron valores de caídas de las hojas a través de tiempo entre 25% y 44%, siendo mayores las cantidades en Huila. El tallo representó entre 19% y 27% de la biomasa total, encontrando promedios más altos en plantas de mayor edad. En la Estación Paraguaicito, se registró un porcentaje de 13% del peso de la raíz, independiente de la edad del cultivo.

La cantidad de elementos esenciales acumulados en los órganos vegetativos de una plantación de café Variedad Castillo®, luego de cinco años de siembra en el campo (60 meses), fluctuó entre los siguientes valores (kg ha^{-1}): 573 y 760 de N, 47 y 65 de P, 616 y 692 de K, 393 y 523 de Ca, 58 y 79 de Mg, 3,0 y 6,7 de Fe, 3,7 y 34,4 de Mn, 0,411 y 0,413 de Zn, 0,47 y 0,58 de Cu y 1,04 y 1,31 de B. Para todos los nutrientes la cantidad acumulada en las hojas fue mayor que los demás órganos, en particular cuando se tienen en cuenta las hojas que se han desprendido (Figura 64). En Quindío se registró una mayor extracción de todos los nutrientes que en Huila, a excepción de Mn y B.

SUE104009. Respuesta de café al suministro de fertilizantes y enmiendas durante la etapa de almácigo. Anualmente se renuevan por siembra cerca de cuatro mil hectáreas de café en el departamento de Antioquia, práctica que se considera fundamental para

Tabla 43. Producción de café cereza obtenida durante el año 2018 y el acumulado 2016 a 2018, en respuesta a la incorporación de enmiendas al suelo en el momento de la siembra.

Tratamiento	Año 2018		Años 2016 a 2018	
	Promedio	E.E.*	Promedio	E.E.*
Testigo sin cal	94,9	4,2	345,0	9,88
Dolomita (120 g/hoyo)	100,0	3,5	384,4	19,14
Roca fosfórica (120 g/hoyo)	88,6	2,1	327,7	3,92

* Error estándar

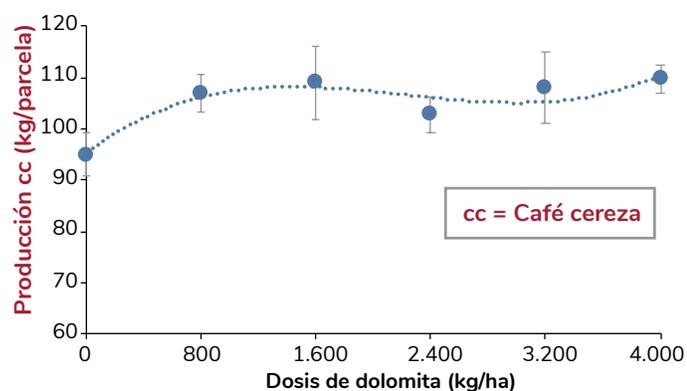


Figura 63. Producción de café durante la segunda cosecha en respuesta a la aplicación de dolomita. Las barras indican el error estándar.

mantener o incluso aumentar, la productividad de los cultivos. Al respecto, una consideración importante consiste en llevar al campo plantas vigorosas con el fin de contribuir a su permanencia en los siguientes 15 o 20 años. Entre los aspectos determinantes para lograr este propósito están el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas durante la fase de almácigo. Esta investigación, tuvo como objetivo determinar la respuesta de café al suministro de fertilizantes, enmiendas y micorrizas, durante la etapa de almácigo, en las diferentes regiones cafeteras del país. A continuación, se presentan los resultados generados para tres de las unidades cartográficas del departamento de Antioquia (Salgar, Oriente y 200).

En cuanto al uso de la pulpa de café, en todas las unidades de suelos, el mayor crecimiento de las plantas se registró con nueve partes de suelo por una de pulpa (Figura 65). La aplicación de fósforo aumentó la biomasa de las plantas, siendo iguales los promedios obtenidos con DAP y MicroEssential-SZ (Tabla 45). En la unidad 200 los valores más altos se obtuvieron con 2 g/planta de fósforo (P_2O_5) y en las otras dos unidades fue suficiente 1 g/planta. El empleo de micorrizas, suministradas en diferentes combinaciones con pulpa y fósforo, no favoreció el crecimiento de las plantas. La incorporación de la dolomita al suelo tampoco generó efectos significativos cuando se aplicó sin la pulpa, respuesta que se relacionó con el suministro de fósforo; en contraste, una mezcla de suelo y pulpa en relación 9 a 1, combinado con 2,5 o 5,0 g dm^{-3} de dolomita contribuyó a la obtención de colinos

de mayor peso. La biomasa seca obtenida con escorial Thomas fue menor que la alcanzada con DAP, en tanto que la aplicación de la roca fosfórica no generó efecto alguno, resultado que sugiere la aplicación de fuentes solubles de fósforo para esta etapa del cultivo.

SUE104025. Respuesta del café a riego y fertirriego.

Con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de café a riego y fertirriego, en 2018 se inició una investigación en la Estación Experimental Paraguaicito (Quindío) en un lote de 0,2 ha, con diez progenies de café Variedad Castillo® Paraguaicito de 36 meses de edad y distancia de siembra de 1,0 x 1,4 m.

En el experimento se evalúa la producción de café cereza acumulada en respuesta a la aplicación de tres tratamientos: i) fertilización convencional sin riego, ii) fertilización convencional más riego por goteo y iii) fertirriego. Las dosis que se aplicaron a los tratamientos son las máximas recomendadas por Cenicafe para la etapa de producción a plena exposición solar. La aplicación de la fertilización convencional, tanto para el tratamiento 1 como el 2 se realizó semestralmente en los meses de marzo - abril y septiembre - octubre. La fertilización líquida (tratamiento 3) se realizó mensualmente, en dosis de igual proporción (dosis del año dividida en 12) para nitrógeno, potasio y magnesio, y el fósforo se aplicó trimestralmente debido a la baja cantidad que se requiere. Las fuentes utilizadas para la fertilización sólida y líquida son las mismas, con el fin de evitar ruido en la investigación por la utilización de fuentes más solubles de fósforo y potasio en el fertirriego.

Tabla 44. Biomasa seca de órganos de café Variedad Castillo®, evaluada en los departamentos de Huila y Quindío, en plantaciones con edades entre 36 y 60 meses.

Órganos de la planta	Huila		Quindío	
	48 meses	60 meses	36 meses	60 meses
Hojas caídas	12.392	18.360	9.668	19.990
Hojas de ramas primarias	3.282	2.660	3.816	1.342
Hojas de ramas secundarias	2.990	3.051	4.964	4.595
Ramas primarias	5.188	6.165	5.397	5.642
Ramas secundarias	792	1.849	2.093	3.421
Tallo	7.573	9.676	7.482	16.225
Raíz	Sin dato	Sin dato	5.041	7.835
Total	32.216	41.761	38.462	59.050

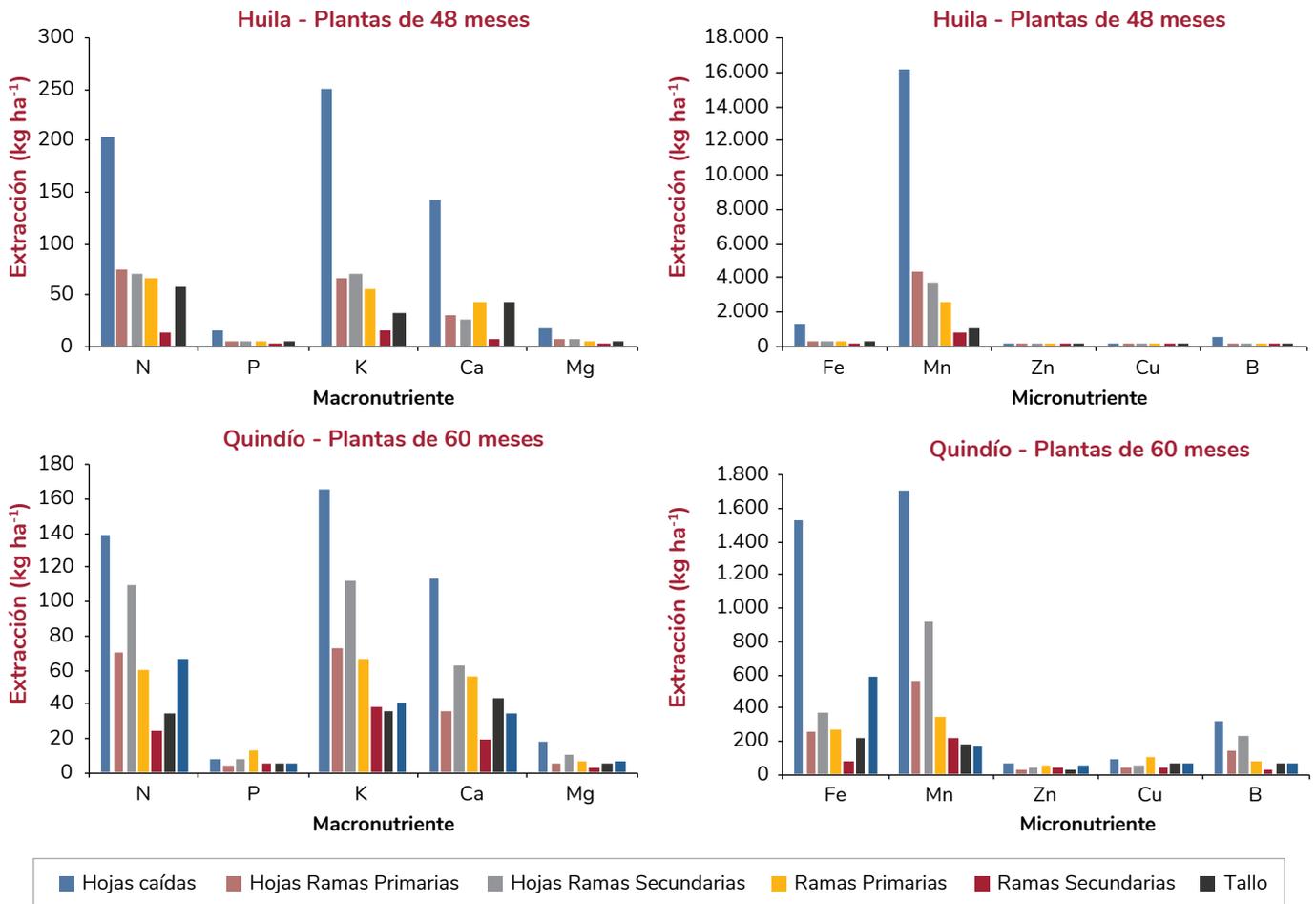


Figura 64. Acumulación de nutrientes en órganos vegetativos de café Variedad Castillo®, evaluada a los 48 y 60 meses después de la siembra, en los departamentos de Huila y Quindío.

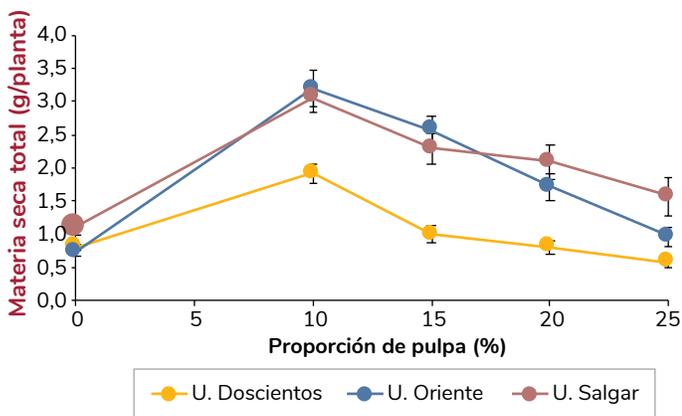


Figura 65. Materia seca total de café durante la etapa de almácigo en respuesta a la pulpa de café, obtenida en tres unidades de suelos de Antioquia. Las barras indican el error de estimación.

La preparación de las soluciones nutritivas se realizó un día antes de la fecha programada para la aplicación, con el fin de que los fertilizantes se disolvieran completamente. La preparación consistió en la dilución por separado de las fuentes

y el día de la aplicación en el lote se mezclaron urea, KCl y sulfato de magnesio, en una caneca de 100 L, mientras que el fósforo se aplicó solo, generalmente una semana después de la aplicación de los otros nutrientes. Las aplicaciones se realizaron mediante un sistema tipo Venturi.

La aplicación del riego se monitoreó con tensiómetros ubicados a 25 cm de profundidad (Figura 66) y además se llevó el registro de la tensión del suelo a 40 y 60 cm en diferentes partes del lote y se está tomando la información de la producción de café cereza en respuesta a los tratamientos de riego y fertirriego.

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

El objetivo de esta investigación es evaluar la fertilización fosfórica en almácigos de café con hongos formadores de micorrizas (HMA) y hongos solubilizadores de fosfatos (HSP). Para lograr el

Tabla 45. Materia seca total de café durante la etapa de almácigo en respuesta a dosis y fuentes de fósforo, obtenida en tres unidades de suelos de Antioquia.

Unidad de suelo	Dosis de fósforo (P ₂ O ₅)	Fuente de fósforo	Materia seca total (g/planta)	Error estándar (g/planta)
200	0,00	Testigo	0,81	0,04
200	1,00	DAP	2,21	0,08
200	2,00	DAP	2,92	0,15
200	1,00	MicroEssential-SZ	1,92	0,19
200	2,00	MicroEssential-SZ	2,57	0,24
Oriente	0,00	Testigo	0,74	0,06
Oriente	1,00	DAP	2,14	0,21
Oriente	2,00	DAP	2,33	0,13
Oriente	1,00	MicroEssential-SZ	2,25	0,13
Oriente	2,00	MicroEssential-SZ	2,49	0,18
Salgar	0,00	Testigo	1,11	0,14
Salgar	1,00	DAP	2,06	0,13
Salgar	2,00	DAP	2,49	0,24
Salgar	1,00	MicroEssential-SZ	2,35	0,20
Salgar	2,00	MicroEssential-SZ	2,55	0,25

objetivo se vienen seleccionando suelos en la zona cafetera de Meta, Caldas y Santander, que presenten diferente potencial de fijación del elemento y a la vez tengan un nivel de P disponible (P-Bray II) inferior a 10 mg kg⁻¹. Paralelo a esto se hace seguimiento, en condiciones de laboratorio, a diferentes inóculos comerciales de HMA en algunos componentes de calidad (No. de esporas/g y % de viabilidad) con el fin de seleccionar el producto más adecuado para las aplicaciones en el campo. El mismo procedimiento se viene efectuando con el HSP y se están realizando las pruebas de crecimiento y verificación de la cepa, requeridas para su formulación.

SUE104037. Efecto del potencial mátrico del suelo en el crecimiento de las plantas de café en etapa de establecimiento. Con el objetivo de identificar el potencial mátrico del suelo a partir del cual se afecta de forma negativa el crecimiento de la planta de café en etapa de establecimiento, se inició una investigación bajo condiciones de casa de malla en las instalaciones

de Cenicafé, Planalto. En esta investigación se está evaluando el efecto de cuatro potenciales mátricos (1 bar, 3 bar, 5 bar y 16 bar) frente a un testigo (0,33 bar), en plantas en etapa de levante variedad Cenicafé 1.

A la fecha se está trabajando en el ajuste metodológico y se ha avanzado en la determinación de la manera de mantener los contenedores con la humedad de cada tratamiento. Para ello se realizó la curva de humedad del suelo de la Unidad cartográfica Chinchiná, extraído de la Estación Experimental Naranjal, que será utilizado para llenar materos cilíndricos tipo lisímetro de acero inoxidable de 40 cm diámetro por 40 cm de alto, y que fue utilizado para poner a punto la metodología.

Con la curva de humedad que se ajusta a dos modelos teóricos, logarítmico e inverso de segundo orden, ambos con alta significancia en sus parámetros y los reportes de potencial mátrico del suelo de los sensores MPS-6 ubicados en 20 materos con plantas en etapa de levante variedad Cenicafé 1 (Figura 67), se está determinando la expresión matemática que permita calcular la cantidad de mililitros de agua que deben

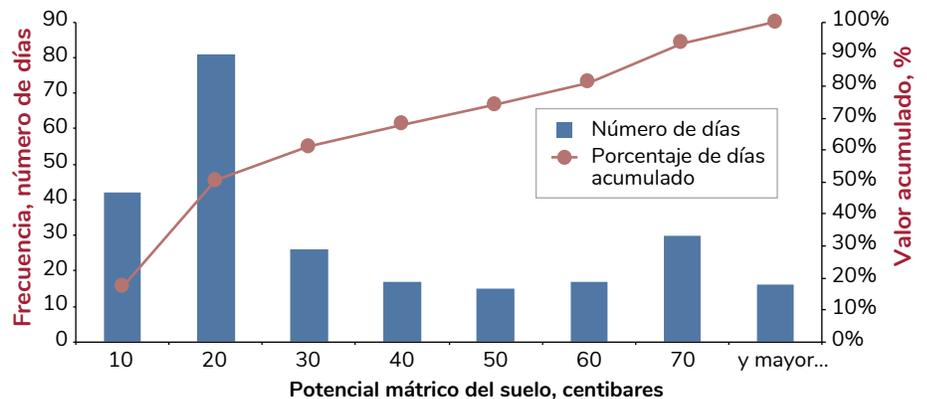


Figura 66. Distribución de los datos del potencial mátrico del suelo a 25 cm de profundidad, medido desde septiembre de 2018 a septiembre de 2019, con un total de 244 días monitoreados.



Figura 67. Ajuste metodológico de control de potencial mátrico del suelo con plantas de café Variedad Cenicafé 1, en etapa de levante.

aplicarse a cada planta para que mantenga en el rango de potencial mátrico establecido en los tratamientos. Además, se está determinando la forma más conveniente de aplicar el agua para que la humedad sea constante en todo el matero.

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

Debido a que algunos caficultores están implementando tanto de forma artesanal como tecnificada sistemas de riego por aspersión y goteo, pero se desconocen las ventajas en producción y calidad del grano que se alcanzan con dichas aplicaciones en cultivos de café bajo sombra, se inició esta investigación 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. El estudio está planeado en cuatro años en la Hacienda El Roble, (Los Santos, Santander), donde hay instalado un sistema de riego por aspersión, evaluando tres condiciones diferentes: i) sin riego, ii) riego por aspersión y iii) riego por goteo. Se determinará la producción total de café cereza, la calidad física y de taza del grano.

A la fecha se seleccionó el lote de 1,10 hectáreas, plantado en abril de 2018 con variedad Castillo® general, con una densidad de siembra de 6.061 plantas/ha. En este lote se lleva el registro diario de la tensión del suelo a 25 cm de profundidad, medido con tensiómetro Irrometer, el cual muestra que el potencial mátrico

del suelo alcanza a estar por encima de 40 centibares (Figura 68), lo que indica que este suelo está en capacidad de almacenar más agua de la que es proporcionada por el ambiente y que de tenerla estaría disponible para la planta.

SUE 103007. Actualización del reconocimiento de arvenses en plantaciones de café.

Un aspecto clave para la implementación del Manejo Integrado de Arvenses (MIA) es el reconocimiento de las arvenses asociadas al cultivo del café. En la actualidad en el cultivo del café existen arvenses que han aumentado su capacidad competitiva y otras que no son reconocidas por los extensionistas y caficultores, por esta razón durante este período se inició una actividad con el objetivo de actualizar el reconocimiento de arvenses en plantaciones de café. La actividad se lleva a cabo principalmente en Cenicafé – Planalto. El reconocimiento de arvenses en cultivos de café y en su entorno (fincas cafeteras) se realiza en las regiones cafeteras, Norte, Centro y Sur, se toman fotografías de alta calidad de las arvenses y se identifican por medio de consulta en bases de datos especializadas y en herbarios. Actualmente, se está elaborando una base de datos de especies de arvenses en el programa Microsoft Access® (2013) que incluye criterios taxonómicos (género, especie, familia), botánicos (características de hojas, tallos, flores, frutos, semillas), descriptivos (nombre común, características benéficas y adversas) y de grado de interferencia con el café (alta, media, baja, baja-noble), reporte de resistencia a herbicidas, ubicación. Se ha avanzado en el registro de 260 especies de arvenses, de las cuales se han tomado las fotografías correspondientes a 241 especies y se logró la descripción completa de 210 especies.

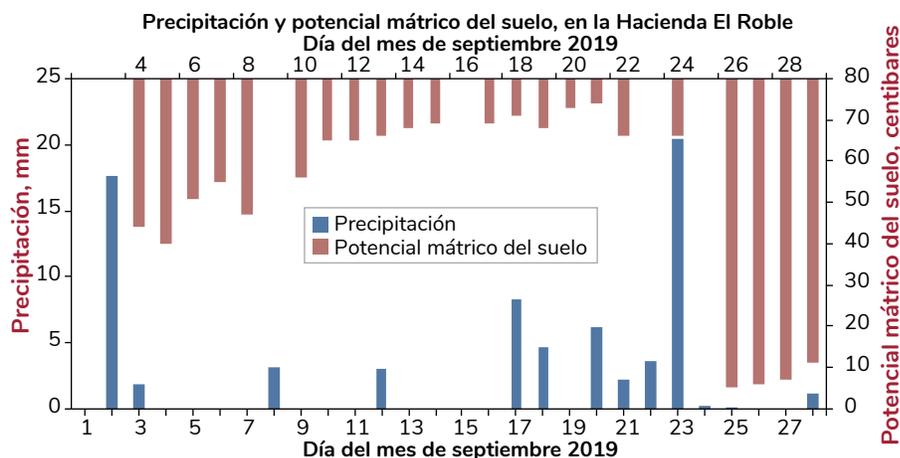
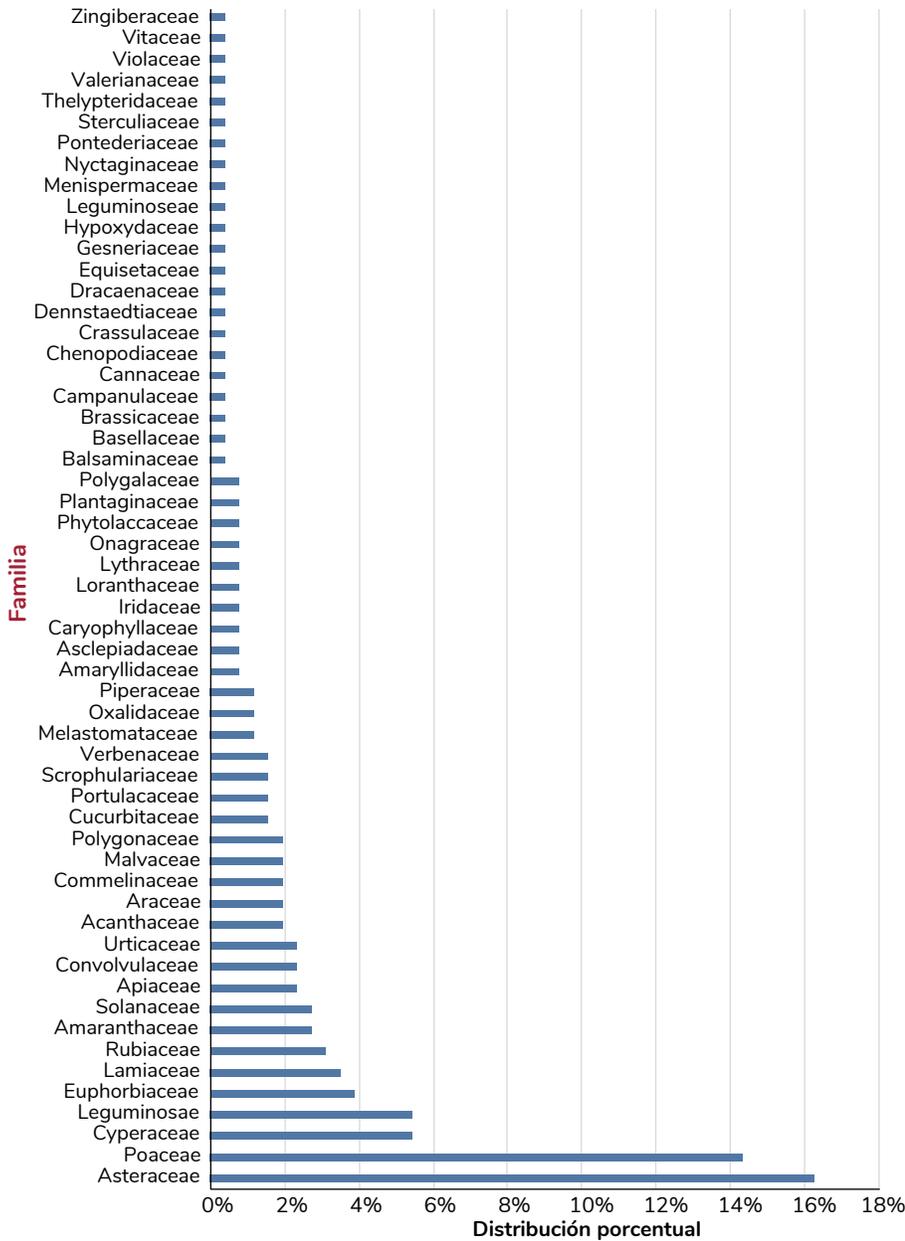


Figura 68. Reporte de la precipitación diaria en la Hacienda el Roble, tomada del portal Agroclima Cenicafé y mediciones del potencial mátrico del suelo en el lote seleccionado para el estudio de caso.



Se registraron 56 familias de arvenses (Figura 69), las familias predominantes fueron Asteraceae (16,3%), Poaceae (14,3%), y Cyperaceae (5,4%), Leguminosae (5,4%), Euphorbiaceae (3,9%), Lamiaceae (3,5%) y Rubiaceae (3,1%). En cuanto al grado de interferencia de las arvenses con el cultivo de café se registró el 42% de interferencia media, 32% de interferencia alta, el 10% de interferencia baja y 16% (44 especies) clasificadas como arvenses nobles.

Figura 69. Distribución porcentual de arvenses de la zona cafetera, según la familia.



DISCIPLINAS DE APOYO A LA INVESTIGACIÓN





Divulgación y Transferencia



Durante la vigencia se publicaron los Avances Técnicos No. 487 al 496, la Revista Cenicafé Volumen 69 No.2 de 2018 y Volumen 70 No. 1 de 2019, el Boletín Técnico No. 42, los libros "Árboles nativos importantes para la conservación de la biodiversidad" y "Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila" y el Informe Anual de Cenicafé del 2018, se publicaron los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 38 al 49, con la información climática y las recomendaciones técnicas para el cultivo del café, de acuerdo con cada zona cafetera del país.

Dentro de los eventos y actividades se desarrollaron diez cursos intensivos de capacitación para los Extensionistas, en los cuales participaron 540 extensionistas, que recibieron 280 exposiciones orientadas por 30 investigadores, los cuales actualizaron 28 temas de interés para la caficultura.

En el 2018 en Cenicafé se celebraron los 80 años del Centro con la participación de más de 250 personas. Se realizó el Día de campo "Lanzamiento derribadora selectiva de café" con la asistencia de más de

350 personas. En el 2019 se tuvo el 5° Encuentro de Coordinadores de Extensión, donde se desarrolló la capacitación y profundización en la agronomía de la caficultura y programas de la Gerencia Técnica, para 220 profesionales. Adicionalmente, se realizaron siete actividades de capacitación al Servicio de Extensión en las instalaciones de Cenicafé y la Estación Experimental Naranjal, con 313 asistentes. También se llevaron a cabo dos días de campo en la Estación Experimental Naranjal para la capacitación de los Servicios de Extensión de Caldas y Risaralda. Adicionalmente, se realizó la celebración de los 60 años del Servicio de Extensión con una agenda académica y la participación de más de 300 personas, así como la segunda Feria de Maquinaria Agrícola con la participación de 19 empresas expositoras y la asistencia de más de 400 visitantes y el Día de campo donde se hizo la entrega del nuevo híbrido de maíz para la zona cafetera de Colombia, con la participación de 345 caficultores y el Ministro de Agricultura.

Entre octubre de 2018 y septiembre de 2019 se atendieron 150 actividades y visitas en Cenicafé a las cuales asistieron 7.020 personas aproximadamente, resaltando la visita de los siete grupos del programa de "Niños Pilos", con la participación de 420 niños y 70 acompañantes.

Como estrategia para la divulgación de las publicaciones y tecnologías de Cenicafé y eventos de transferencia desarrollados en el Centro, en el Twitter de Cenicafé (@Cenicafe) se han publicado 165 Tweets y se alcanzó un total de 2.825 seguidores. Se activó la cuenta de Cenicafé en Instagram (Cenicafe), a través de la cual se han publicado 22 mensajes de la historia del Centro, alcanzando los 1.000 seguidores.

Durante la vigencia se despacharon más de 106.000 ejemplares de las publicaciones de Cenicafé, y cerca de 10.000 ejemplares al año se entregaron directamente en Divulgación y Transferencia a los visitantes del centro. Adicionalmente, se enviaron más de 120.000 correos a los suscriptores del portal web www.cenicafe.org con las novedades en publicaciones y actividades.



Tecnología de Información y Comunicaciones

Regalías Huila. En el marco del Proyecto de Regalías Huila, desarrollado por la Gobernación del Huila, el Comité Departamental de Cafeteros del Huila y Cenicafé, se implementaron seis aplicativos para la plataforma agroclimática (agroclima.cenicafe.org): zonas agroecológicas, fertilidad de suelo, micorrizas, control de broca y roya, alerta por déficit hídrico y aseguramiento de la calidad del café.

SIGA. Para el SIGA se implementaron los módulos de Inscripción de Iniciativas, Manejo de perfiles y propuestas de investigaciones, Seguimiento a las investigaciones, Infraestructura TIC, Préstamo de equipos e Inventario, los cuales fortalecen los procesos facilitadores y misionales en el Sistema de Gestión de la FNC.

Gerencia Técnica. Se implementó el aplicativo BROYA para registrar el diagnóstico operativo nacional, que periódicamente realizan los 1.175 extensionistas de la FNC sobre el estado de la caficultura en Colombia. Cada extensionista midió en los predios asignados los indicadores de plagas, enfermedades y estimativos de la producción, lo cual permitió el procesamiento de 3.043 muestras.

Atendiendo la solicitud del Congreso Nacional de Cafeteros en la Comisión de Producción, se desarrolló el aplicativo interactivo “Indicadores de rendimiento de mano de obra” para celulares y tabletas, con los sistemas operativos IOS y Android. Dicho aplicativo permite al caficultor disponer de indicadores para las labores de cada etapa del cultivo de su finca, con la posibilidad de almacenarlos en su dispositivo y enviarlos a Cenicafé para generar el consolidado nacional.

Red meteorológica cafetera. En las estaciones meteorológicas automáticas se realizó la metrología de las variables temperatura, humedad relativa y radiación solar. Se consolidó el sistema de transmisión satelital en las zonas de más difícil comunicación y se continuó con las actividades para mejorar la confiabilidad de la red climática automática.

Sistemas de Información Geográfica. Se brindó soporte a las investigaciones de Cenicafé generando los reportes obtenidos de la base

de datos SICA. Se obtuvieron mapas con información de las mismas investigaciones y periódicamente, se elaboraron los mapas para el diagnóstico nacional de broca y roya.

Infraestructura y comunicaciones. Se renovó la red WiFi para mejorar la cobertura y la densidad de usuarios, aumentando la velocidad de móviles y portátiles. Se eliminó la conexión a la red de equipos no autorizados, habilitando un servidor encargado de validar a los usuarios corporativos. Se actualizó el servidor OCS Inventory con la cual se obtiene información del inventario de hardware y software. Se centralizó en el Servidor WSUS la descarga de actualizaciones de productos Microsoft reduciendo el impacto en el uso del ancho de banda del canal de Internet. Se realizó la renovación tecnológica de la telefonía de Cenicafé cambiando de un sistema análogo a digital, que permitirá tener una comunicación unificada en múltiples dispositivos (PC, celulares y teléfonos IP). Actualmente, mediante la plataforma de Helpdesk, se atiende a los usuarios en sus requerimientos e incidentes.



RECURSOS HUMANOS Y FINANCIEROS



Unidad Administrativa y Financiera



Recursos Cenicafé

La principal fuente de recursos de Cenicafé proviene de la transferencia que le realiza la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC), para el desarrollo de los proyectos de Investigación y Experimentación Científica, recursos que, a su vez, le transfiere el Fondo Nacional del Café a la FNC por la prestación de los servicios de investigación.

Para el año 2019, el presupuesto total de Cenicafé ascendió a \$32.672 millones, que correspondieron a \$23.171 millones de recursos transferidos por la FNC, \$4.001 millones de ingresos por aprovechamientos y \$5.500 millones por concepto de convenios de cofinanciación celebrados con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales.

Presupuesto de Cenicafé año 2019 – Recursos Propios

Para el año 2019, el presupuesto de recursos propios ascendió a \$27.172 millones, correspondientes \$23.171 millones de recursos transferidos por la FNC y \$4.001 millones de ingresos

por aprovechamientos, incluidos \$3.320 millones que correspondieron a la entrega de semilla de variedades mejoradas de café a los Comités Departamentales de Cafeteros, ingresos con los que se financiaron los gastos de este Programa (Figura 70).

Los recursos para la nómina fija son los que mayor participación tienen en el presupuesto de Cenicafé (Figura 70).

Convenios de cofinanciación año 2019

Cenicafé gestionó recursos de cofinanciación con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales, para apalancar el desarrollo de actividades de investigación, como complemento a la financiación estratégica realizada por la FNC. Estos recursos se controlaron a través de una contabilidad independiente, por medio de un Centro de Beneficio exclusivo, implementado a partir del año 2015.

En el año 2019 estuvieron vigentes diez convenios, con recursos que suman \$5.500 millones, de los cuales \$1.480 millones se encuentran en gestión. En la Tabla 46 se presenta el presupuesto de los convenios de cofinanciación para el año 2019, por entidad aportante.

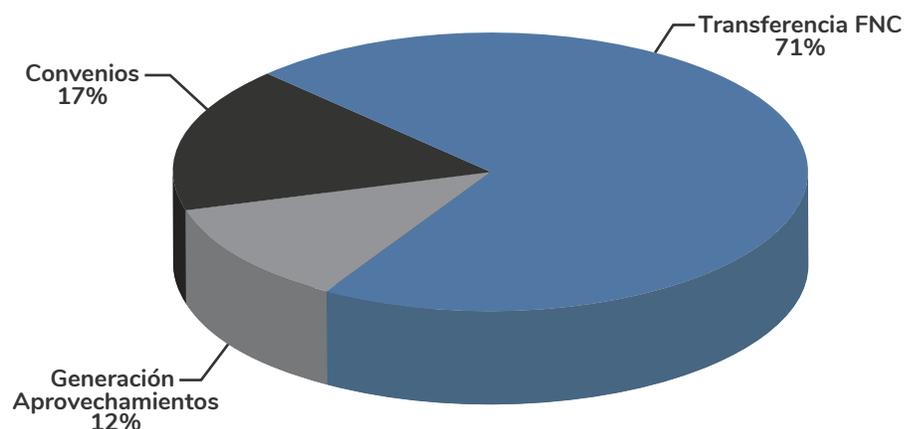


Figura 70. Composición del presupuesto total de Cenicafé 2019.

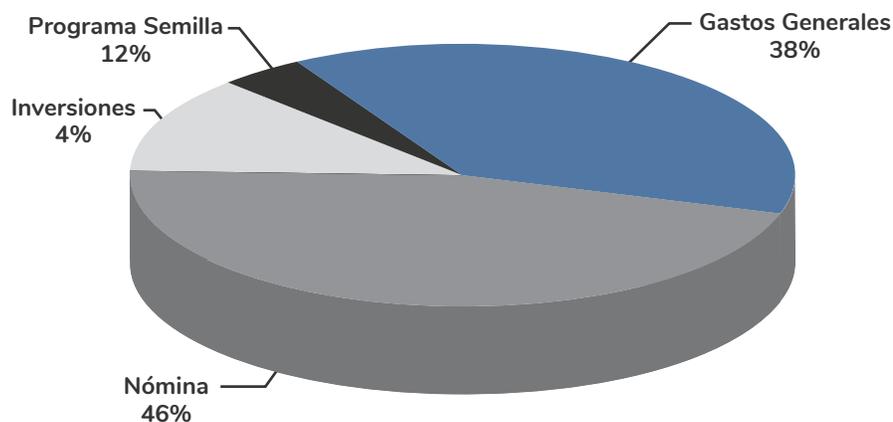


Figura 71. Presupuesto de Cenicafé con recursos propios.

Tabla 46. Convenios nacionales e internacionales.

Entidades nacionales	Convenios	Millones \$ ⁽¹⁾	% Total
Departamento del Huila	1	2.304	41,9%
Ecoflora	1	17	0,3%
Bayer S.A.	1	95	1,7%
Min.Agricultura - Kfw	1	141	2,6%
Colciencias / Sumicol	1	62	1,1%
Subtotal convenios nacionales	5	2.619	48%
Entidades internacionales			
Bayer Ag	1	602	10,9%
ICGEB	1	55	1,0%
York Potash Ltd	1	227	4,1%
NC State University	1	65	1,2%
Mitsui & Co. Ltd.	1	452	8,2%
En Formulación		1.480	26,9%
Subtotal convenios internacionales	5	2.881	52%
Total	10	5.500	100%

⁽¹⁾Incluye saldo del año 2018 por \$1.975 millones; desembolsos estimados convenios vigentes a dic. 31 por \$2.045 millones y presupuesto para proyectos en formulación \$1.480 millones

En el año 2016 se definió que los recursos gestionados directamente con el Sistema General de Regalías (SGR) estuvieran en cabeza de los Comités Departamentales de Cafeteros, Cenicafé brindó el soporte técnico y científico para la formulación de proyectos, acordes a las necesidades específicas de cada Departamento. Cenicafé sólo ha ejecutado directamente los recursos de los proyectos con Regalías de los departamentos de Caldas y Huila.

Administración y depuración de activos fijos

Al 30 de septiembre de 2019, Cenicafé cuenta con 6.124 bienes adquiridos con recursos privados de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, recursos de entidades cofinanciadoras (1.177 activos del MADR y 245 activos de SGR Huila), recursos del FoNC (FON2) y recursos de Oficina Central (Tabla 47).

Durante el período enero-septiembre de 2019 se gestionó la baja de 354 activos los cuales en su mayoría fueron entregados como donación a la Entidad sin Entidad sin Ánimo de Lucro “Corpoinfantil”, quien realiza una disposición final sin contaminar el medio ambiente. Igualmente se realizaron devoluciones al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de bienes obsoletos, deteriorados y/o dañados.

Gestionar Talento Humano

La Gestión del Talento Humano en Cenicafé tiene bajo su responsabilidad la atracción de profesionales competentes, que respondan a la cultura de la organización y posibiliten el cumplimiento de la Estrategia Organizacional. El área se encarga de asegurar la vinculación de los colaboradores en el marco de políticas y procedimientos institucionales, garantes del cumplimiento de la normatividad, de liderar los procesos de formación y desarrollo de su capital humano, de generar condiciones óptimas para el desempeño de su funciones y administrar los diferentes servicios de

I Tabla 47. Activos de Cenicafé al año 2019.

Detalle	Centros de Beneficio					Total	%
	Ofic. Central FON1	Ofic. Central Gest. Proyectos	Ofic. Central FON2	Cenicafé FON1	Cenicafé Convenios		
Total inventariado	339	2	218	3.975	609	5.143	84
Por inventariar	79	0	0	884	18	981	16
Total Activos Fijos	418	2	218	4.859	627	6.124	100

los que se benefician sus colaboradores, posibilitando un ambiente laboral armónico, seguro y saludable.

Al 30 de septiembre de 2019, un grupo de 205 colaboradores hacen parte de las Disciplinas de Investigación y Apoyo del Centro; este grupo está conformado por 67% de hombres y 33% de mujeres.

Formación del personal de nómina de Cenicafé

El Centro cuenta con un equipo humano altamente cualificado para responder a las necesidades de la caficultura; es así como el 60% de los colaboradores del Centro cuenta con formación superior y de estos, el 65% tiene formación de posgrado (Tabla 48).

I Tabla 48. Formación personal nómina.

Nivel Académico	No. Personas
	Sept.2019
Doctorado	19
Maestría	39
Especialización	22
Pregrado	44
Técnicos/ Tecnólogos	29
Bachiller/primaria	52
Total	205

Comisiones de trabajo

Durante el período octubre 2018 a septiembre 2019 los investigadores y personal de apoyo del Centro se desplazaron a lo largo del país para atender las necesidades de la caficultura, desarrollar sus investigaciones, compartir conocimientos con el Servicio de Extensión y demás entidades del Gremio. Se realizaron 1.800 comisiones de trabajo. Adicionalmente, se realizaron participaciones en congresos, reuniones y foros internacionales (14 visitas internacionales).

Gestionar Bienes y Servicios

Compras y Contratación

El objetivo de este subproceso es suministrar bienes y servicios con las condiciones de calidad, precio, oportunidad y relación costo beneficio requeridas por la Federación a través de una relación comercial con los proveedores o contratistas. Una tarea permanente del área de compras y contratación es la búsqueda de nuevos proveedores, con el propósito de disminuir los tiempos de respuesta y ser eficientes en la calidad de los productos y servicios adquiridos; por esta razón, 41 de los 574 proveedores contratados para el período octubre 2018 a septiembre 2019 fueron proveedores nuevos, para un consolidado en los últimos cuatro años de 273 proveedores nuevos.

Evaluación de proveedores. Anualmente se lleva a cabo el subproceso Efectuar Compras y Contratación de evaluación de proveedores, de conformidad con los lineamientos establecidos en el proceso Gestionar Compras y Contratación. Para la actividad se remitió a los supervisores de contratos los formatos electrónicos de evaluación. Para la evaluación se tiene en cuenta una escala entre cero y cinco.

En total, para el año 2018 fueron evaluados 195 proveedores, de los cuales, el 91% obtuvo una calificación destacada, el 7% obtuvo calificación entre 3,0 y 3,9, debido a demoras en la entrega o fallas en el servicio postventa, las cuales no afectaron la calidad del servicio, y tres empresas obtuvieron calificación entre 2,0 y 2,9, presentando fallas considerables en el servicio. Para las empresas que obtuvieron calificación entre 2,0 y 3,9 se les solicitó un plan de mejoramiento y se generó un proceso de seguimiento para constatar los avances.

Reclamaciones Seguros Corporativos. En el período comprendido entre octubre de 2018 y septiembre de 2019 fueron gestionadas dos reclamaciones por motivos de hurto de estaciones climáticas y accidentes de vehículos por un valor total de \$ 57 millones.

Contratación. Durante el período se gestionaron 197 procesos contractuales, comprendidos entre contratos formalizados, liquidaciones y contratos en etapa de perfeccionamiento (precontractuales).

Mantenimiento y servicios

Se gestionaron los requerimientos de los diferentes procesos, los cuales se clasificaron dependiendo del elemento al que se le realiza el mantenimiento. Los servicios ejecutados en Cenicafé son: infraestructura, equipos, parque automotor y red climática.

Servicios de mantenimiento a la infraestructura. Los servicios prestados a la infraestructura fueron gestionados teniendo como base las necesidades de las diferentes Disciplinas de Investigación: servicios de adecuaciones y mantenimiento a la infraestructura y servicios a redes e instalaciones eléctricas (Tabla 49).

Adecuaciones de infraestructura. Se realizaron mantenimientos en diferentes áreas, destacándose los siguientes:

- Adecuaciones civiles y remodelaciones del beneficiadero de semilla.
- Adecuaciones y mantenimiento en el taller mecánico y dificio y laboratorio de Poscosecha.

- Adecuaciones y mantenimientos en el laboratorio de Poscosecha.
- Remodelación de los laboratorios de catación y tosti3n de Calidad.
- Adecuaciones civiles en el auditorio de Cenicafé.
- Instalación de salida de emergencia de Entomología.
- Adecuaciones del Museo Entomol3gico.
- Adecuaci3n v3a porter3a La Granja – Planalto.
- Adecuaciones obras civiles en la Estaci3n Experimental La Catalina.
- Construcci3n bodega de gases de la La Granja.
- Instalaci3n l3nea de vida en la cubierta del edificio 1.

Tabla 49. Mantenimiento infraestructura por 3rea.

3rea de la empresa	Mantenimiento externos	Mantenimiento internos	Total actividades Mantenimiento
Cenicafé	151	99	250
ACL	3	33	36
BSC	7	29	36
CAL	14	59	73
CNT	4	10	14
DIR	9	20	29
DIV	25	59	84
ECO	0	6	6
ENT	20	92	112
EXP	39	28	67
FIS	8	39	47
FIT	1	10	11
MEG	13	67	80
PAT	8	49	57
PFP	0	1	1
POS	63	76	139
SUE	5	33	38
TAL	1	13	14
TES	0	2	2
TIC	8	14	22
UAF	5	4	9
UGP	1		1
Total general	385	743	1.128

- Adecuación de las casas de malla en Planalto.

Adecuaciones eléctricas. Para dar cumplimiento a las normas RETIE:

- Cambio de cableado eléctrico desnudo por cable semi-aislado (ecológico) 13,2 KV.
- Adecuaciones subestaciones eléctricas edificios 1, 2 y 3.
- Adecuaciones instalaciones eléctricas Beneficiadero y taller mecánico Poscosecha.

Gestión metrológica. Con base en la priorización de los equipos a utilizar en el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, y para asegurar la disponibilidad de los mismos en el desarrollo de las investigaciones, se muestra en la Tabla 50 la cantidad de equipos atendidos por disciplina de investigación.

Gestión de la red climática cafetera. El área de mantenimiento tiene como

responsabilidad realizar dos visitas técnicas al año a cada una de las estaciones meteorológicas, así como garantizar la metrología de los instrumentos de medición utilizados en las estaciones.

Para este fin se realizaron visitas a las 129 estaciones automáticas (EMA) y a las 37 estaciones convencionales (EMC). Se proyecta realizar mantenimiento a las estaciones pluviométricas (154).

Tabla 50. Mantenimiento equipos priorizados para investigación

Área de la empresa	Mantenimiento externos	Mantenimiento internos	Total actividades Mantenimiento
ACL	5	2	7
BSM	6	4	10
CAL	7	25	32
ENT	0	17	17
EXP	24	22	46
FIS	5	20	25
FIT	1	1	2
MEG	6	71	77
PAT	6	26	32
POS	4	18	22
SUE	0	46	46
Total general	64	252	316

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.

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

DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

Calidad

Valentina Osorio P., Ing. Alimentos, Esp.

Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola, M.Sc.

Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga

Luz Fanny Echeverry G., Química

Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química

Alexis Urriago Y., Técnico en Producción Agrícola

Paola Andrea Calderón T., Tecnólogo en Producción

Agropecuaria Ecológica

Biometría

Rubén Darío Medina R., Estadístico, M.Sc.

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico, M.Sc.

Hernando García O., Ing. Agroforestal

Luis Carlos Imbachi Q., Estadístico

Nancy Flórez P., Aprendiz

Economía Agrícola

Hugo Mauricio Salazar E., Ing. Agrónomo, M.Sc.

César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.

Juan Carlos Gómez S., Contador, Ing. Agrónomo, M.Sc.

Fisiología Vegetal

José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.

Aristófeles Ortiz, Químico, M.Sc.

Carlos Andrés Unigarro M., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Natalia Catalina Flechas B., Bióloga

Marta Bibiana Escobar P., Tecnóloga Química

Claudia Patricia Valencia V. Técnico en producción de café

Claudia Marcela Mora A.

Mario Franco A.

Juan David Osorio G., Pasante Universitario

Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo, Ph.D.

Hernán González O., Ing. Agrónomo, Ph.D.

Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo, Ph.D.

Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga, M.Sc.

Juan Camilo Rey S., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Vanessa Catalina Díaz P., Química, Esp

Stephania Rincón B., Tecnóloga Química

Sebastián García B. Tecnólogo en Gestión de Recursos Naturales

Arturo Gómez V.

Fitotecnia

Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y Zootecnista, M.Sc.
 Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista, M.Sc.
 Andrés Felipe León B., Ing. Agrónomo
 Cristian Salomón Rodríguez V., 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.
 Hernando A. Cortina G., 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. Mecatrónico
 Marlio Fernando Abella D., Agrónomo
 Mauricio Jiménez S., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Gilbert Rodríguez Q., Técnico Profesional en Desarrollo de Producción Pecuaria
 Jhon Esteban Quintero A., Técnico en Producción de Café
 Hernán Díaz C.
 Cruz Elena Díaz M.
 Omar Villarreal
 Keiner Sebastián Jaramillo T., Pasante Universitario
 Stefania Marulanda R., Pasante Universitario

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, Ph.D.
 Lucio Navarro E., Biólogo, Ph.D.
 Luis Miguel Constantino C., Biólogo Entomólogo, M.Sc.
 Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo
 Mauricio Jiménez Q., Agrónomo
 Jesús Hernando Gómez L., Biólogo
 Juan Diego Maldonado C., Biólogo
 Ferney López F., Ing. Agrónomo
 Laura Alexandra Laiton J., Ing. Agrónomo
 Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café
 Luis Eduardo Escobar S., Tecnólogo en Gestión Agropecuaria
 Juan Carlos Ortiz F.
 Carlos Alberto Quintero A.
 Claudia Bibiana Tabares B.
 Faber de Los Ríos P.
 Diana Marcela Giraldo V.
 José Robín García Castaño

Fernán Santiago Mejía A., Pasante Universitario
 Juan Guillermo Orrego M., Pasante Universitario

Agroclimatología

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo, Ph.D.
 Ninibeth Gibelli Sarmiento H., Ing. Agrícola
 Carolina Ramírez C., Ing. Agrícola, M.Sc.
 Jonnier Alejandro Hoyos A., Tecnólogo en gestión agropecuaria
 Wílmar A. Rendón G., Tecnólogo en Sistemas Informáticos
 Jorge Wilmar Valencia G., Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información
 Luis Gonzaga Henao R.
 Luis Fernando Torres Q.
 Orlando Salazar G.

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 Rivillas O., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Isabel Cristina Ramírez P., Ing. Agrónomo
 Carlos Alberto Zuluaga E., Técnico en Mantenimiento de Computadores y Redes de datos.
 Carlos Arturo González V.
 Jorge Dicksson Ocampo M.
 Jaroliver Cardona G.
 Cindy Michel Ospina G., Aprendiz

Poscosecha

Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico, Ph.D.
 Nelson Rodríguez V., Ing. Químico, Ph.D.
 Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos, 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.
 Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
 Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
 Jorge Alexander Londoño C., Técnico en Soldadura
 Mario Espinosa G.
 Javier Velásquez H.
 Samuel Castañeda
 Camilo Andrés Morcillo S., Pasante Universitario
 José Miguel Jaramillo G., Aprendiz Universitario
 Valeria Barco G., Aprendiz

EXPERIMENTACIÓN

Carlos Gonzalo Mejía M., Administrador de Empresas Agropecuarias, M.Sc.
 José Farid López D., Tecnólogo en Administración Agropecuaria

Alejandra Marcela Garcés G., Tecnólogo en Administración
Agropecuaria
Yolanda Castaño G.

Estación Experimental Naranjal

Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo
Tito Alberto Ramírez S.
Víctor Alfonso Díaz R., 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

Melsar Danilo Santamaría B., Ing. de Alimentos

Estación Experimental La Trinidad

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo

Estación Experimental Paraguaicito

Daniel Antonio Franco C., Agrónomo

Estación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental San Antonio

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

APOYO A LA INVESTIGACIÓN

Divulgación y Transferencia

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónoma, 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
David Antonio Torres C., Aprendiz
Gineth Lorena Gaviria B., 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
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.
José Rubiel Castrillón G., Ing. de Sistemas y
Telecomunicaciones, Esp.
Audberto Quiroga M., Biólogo, Esp.
Juan Camilo Espinosa O., Ing. Topográfico, Esp.
Juan Pablo Carvajal B., Ing. Electrónico
Federico Higuera R., Pasante, Universitario
Miguel Ángel Salamanca Q., Pasante Universitario

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

Luz Miryam Corredor R., Administradora de Empresas,
Contador Público, Esp.
Rufina Perdomo G.
Nancy Elena Pérez M., Contador

Gestión Contable y Tributaria

Martha Elena Vélez H., Contadora, Esp.
Daniela López O., Contadora, Esp.
Jorge Eduardo Dávila M., Contador Público, Esp.
Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público
Lina Marcela Patiño G., Administradora de Empresas
Mariana Osorio L., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios - Compras y Contratación

Juan David Álzate O., Economista, M.Sc.
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.
Laura Vanessa Hernández T., Aprendiz
Natalia Bueno V., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios - Mantenimiento

Paulo Alejandro Arias C., Ing. Electricista, Esp.
Cristian Andrés Chica G., Ing. Mecatrónico
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

Mauricio Londoño V., Tecnólogo en Mantenimiento Eléctrico Industrial
Electrónico e Instrumental Industrial
Uriel López P.
Eduardo Villegas A.
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.
Daniel Castaño G., Aprendiz

Gestión de Tesorería

Jesús Danilo González O., Contador, Esp.

Gestión del Talento Humano

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

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L., Ing. Industrial, M.Sc., PMP®
Valentina Sepúlveda C., Ingeniera Industrial, Esp., PMP®
Juan Manuel Meza S., Administrador de empresas, Esp.
Josué David Espitia F., Economista
Diana Marcela Buitrago R., Administrador de empresas
Cindy Yohanna Salazar V., Técnica en Administración



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org