



# *Informe anual · 2018*







**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

**Comité Nacional**

Período 1° enero/2015- diciembre 31/2018

José Fernando Montoya Ortega

José Alirio Barreto Buitrago

Eugenio Vélez Uribe

Daniilo Reinaldo Vivas Ramos

Pedro Gonzalo Carrillo Urariyu

Javier Bohórquez Bohórquez

Álvaro Espitia

Ricardo Arturo Hernández Rubio

Jesús Armando Benavides Portilla

Alfredo Yáñez Carvajal

Carlos Alberto Cardona Cardona

Germán Parra Correa

Héctor Santos Galvis

Luis Javier Trujillo Buitrago

Camilo Restrepo Osorio

**Gerente General**

Roberto Vélez Vallejo

**Gerente Administrativo**

Carlos Alberto González Arboleda

**Gerente Financiero**

Juan Camilo Becerra Botero

**Gerente Comercial**

Juan Camilo Ramos Mejía

**Gerente Técnico**

Hernando Duque Orrego

**Director Investigación Científica y Tecnológica**

Álvaro León Gaitán Bustamante

**Comité Editorial Cenicafé**

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé

Paula Jimena Ramos Giraldo

Ph.D. Ing. Electrónica. Poscosecha, 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**

Julieth Sofía Veloza B.

**Fotografías**

Página 37, Luis Miguel Constantino C.

Página 69, Carlos Ariel Ángel C.

Archivo Cenicafé

**Impreso por**

Editorial Javegraf

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.

# Contenido

## Resumen ejecutivo

5



## Disciplinas de investigación

15

Agroclimatología

17

Biometría

26

Calidad

26

Economía

36

Entomología

37

Experimentación

58

Fisiología Vegetal

59

Fitopatología

69

Fitotecnia

78

Mejoramiento Genético

80

Poscosecha

107

Suelos

112



## Disciplinas de apoyo a la investigación

127

Divulgación y Transferencia

129

Tecnología de Información y Comunicaciones

131



## Recursos humanos y financieros

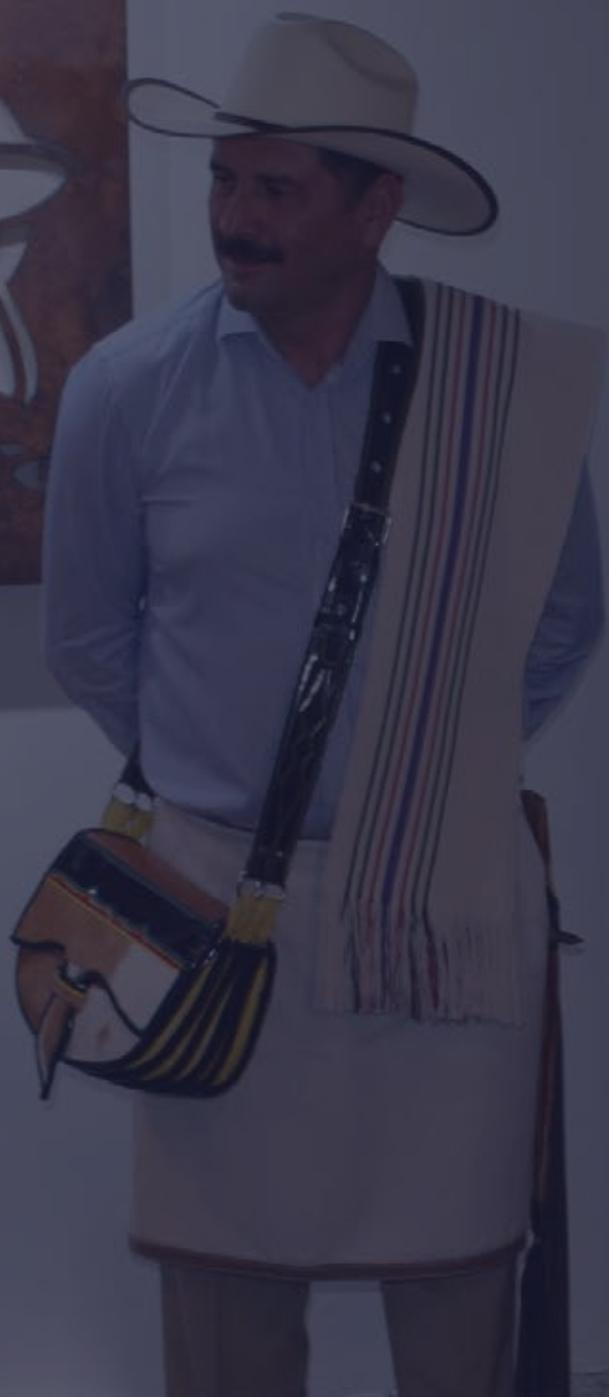
133







## Resumen ejecutivo



# Resumen ejecutivo

## Centro Nacional de Investigaciones de Café

Las investigaciones de Cenicafé generan nuevos conocimientos y tecnología de acuerdo con los lineamientos del Plan Estratégico de la Federación de Cafeteros y en concordancia con las directrices de la Gerencia Técnica. Durante el año 2018 se adelantó el Plan Operativo con investigaciones que apuntaron a los tres componentes de la rentabilidad económica del cultivo: aumentos de la productividad, eficiencia en el uso de insumos y mano de obra, y mejora en la calidad. En este sentido se condujeron 144 proyectos y actividades de investigación, dentro de las cuales se destacan los siguientes resultados.

### Impactos directos en la generación de mayor valor a los caficultores

**Caficultura resiliente con entrega de semilla mejorada y desarrollo de nuevas variedades.** En este período se distribuyeron 77.873 kg de semilla, con un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio entre Cenicafé y los Comités Departamentales de Cafeteros del 92%. Por variedad, el 50% fue Castillo® General, seguido



de las variedades regionales Castillo® El Tambo (16 %), Castillo® El Rosario (7 %) y Castillo® Naranjal (6%). Igualmente se entregaron 4.639 kg de semilla de Cenicafé 1 y 7.224 kg de semilla de las nuevas variedades Castillo® Zonales. El uso de variedades mejoradas le evita al caficultor, costos adicionales en la compra de insumos (fungicidas) y la contratación de mano de obra, o el uso de su propio tiempo para realizar las aplicaciones.

El programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé tiene en el campo 208 progenies bajo evaluación, que están evidenciado la introducción de nuevos genes de resistencia a roya, base fundamental para mantener esa condición hacia el futuro. Entre las progenies se observan altos niveles de producción, buenas calidades de taza y alturas de planta a los 24 meses similares a la variedad Caturra, referencia por su porte bajo. Estas plantas están siendo probadas en diversos ambientes en el país, y aquellas seleccionadas por su buen comportamiento en todos los aspectos agronómicos y de calidad, conformarán las nuevas variedades que responderán por la productividad y contribuirán a la rentabilidad de la caficultura.

**Reducción de costos de fertilización con nuevas formulaciones de grados cafeteros.** Se entregaron dos grados de fertilizantes para los cultivos de café de Colombia, 26-4-22 y 23-4-20-3, que resultaron del estudio de los registros históricos de análisis de suelo y de la determinación de las tendencias de la fertilidad en el espacio, para todos los departamentos productores. Durante este período se complementó el estudio con los datos de Santander, conformada por 9.261 registros, obtenidos durante los años 2004 a 2016, que se sumaron a los 255.019 del resto del país. Estos grados permiten preparar mezclas

simples de fuentes de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, con las que pueden hacerse ahorros de hasta 1 millón de pesos por hectárea al año, cuando se comparan con otros grados no óptimos para café, y asegurando una máxima respuesta en productividad cuando no se tiene el análisis de suelo.

**Nuevas opciones para el manejo de la roya del cafeto.** Para aquellos caficultores que aún poseen lotes con variedades susceptibles a la roya del cafeto, se entregaron dos herramientas para mejorar el control de la enfermedad. Por un lado, la utilización de la información de las épocas de floración para ajustar los momentos de aplicación de los fungicidas según el comportamiento del clima, y de otro, un nuevo producto comercial que contiene la mezcla de flutriafol y azoxystrobin (Authority 250SC), que se suma a la lista de productos evaluados para el control de la roya, y le permite al caficultor tener más opciones.

**Mejora en la eficiencia de la cosecha.** Con la Gerencia Técnica de la FNC, Cenicafé realizó la promoción en días de campo de la técnica de cosecha manual usando lonas, apoyados por los resultados obtenidos en las Estaciones Experimentales El Tambo, La Catalina y Naranjal, donde se encontraron rendimientos promedio 1,5 veces más eficientes cuando se realizó recolección manual por parejas y usando lonas. Con respecto al uso de equipos para cosecha asistida, en el primer semestre de 2018 se hicieron pruebas en la Estación Experimental El Tambo con prototipos avanzados de la derribadora selectiva de café de la compañía Brudden (Brasil). Con esa máquina se obtuvieron resultados contundentes en favor de la semi-mecanización de la cosecha de café, pues en condiciones poco favorables de carga y concentración de frutos maduros, se observaron aumentos mayores al 100% en los kilogramos de cereza recolectados por día por persona, con contenidos de frutos verdes en la masa cosechada menores del 10%, lo que permitirá que se reduzcan tanto la cantidad de mano de obra requerida así como el costo de recolección de café, con ganancia tanto para el recolector como para el caficultor.

**Hacia un beneficio del café con cero contaminación.** La reducción de la cantidad de agua requerida en la fermentación y el lavado del café (consumo específico de 0,5 L kg<sup>-1</sup> de café pergamino seco, usando la tecnología Ecomill®), se utilizó en la evaluación de la adición a la pulpa de las aguas residuales del lavado del café (ARL), como estrategia para eliminar la producción de vertimientos. Se observó que con una relación de pulpa de café y ARL de 2:1 (2,0 kg de pulpa: 1,0 L de

ARL) se retiene en las primeras 24 h entre el 62,7% y el 76,6% del volumen adicionado, y un 100% si se hace una segunda aplicación posterior de esos mismos drenajes a la pulpa. De acuerdo con estos resultados, puede realizarse el beneficio húmedo del café sin generar vertimientos, haciendo un ahorro significativo en los costos de producción al no tener que montar sistemas de tratamiento de aguas, que requieren además de análisis químicos para certificar la calidad ante la autoridad ambiental, antes de su liberación al medio ambiente.

Como parte de esta tecnología, se liberó al público el equipo Ecomill® LH300, diseñado para productores pequeños de cafés especiales que manejen volúmenes pequeños, con un consumo específico de agua de 0,7 L kg<sup>-1</sup> de café pergamino seco, con un daño mecánico causado a los granos que no sobrepasa el 0,20% y con una reducción importante en el requerimiento específico de energía eléctrica de 70% a 92,9%, permitiendo el uso de energía solar como fuente eléctrica a partir de una baja inversión, tal y como se demostró en un día de campo nacional llevado a cabo en Cenicafé.

**Nuevos materiales para la construcción de secadores solares tipo túnel.** Para responder al problema de la corta duración (1 a 3 años) de los secadores por calor solar, se entregaron los resultados de las evaluaciones de nuevos diseños, que utilizan tubos metálicos de bajo peso y plásticos reforzados usados en invernaderos, que aunque secan el café a la misma velocidad que los diseños actuales, son mucho más durables y le permitirá a los caficultores un importante ahorro en gastos de combustible, ya sea en el pre-secado del café antes de entrarlo a secadores mecánicos, o en el secado completo con calor solar.

**Cenicafé cumple 80 años entregando tecnología para mejorar la caficultura.** Este año Cenicafé celebra ocho décadas cumpliendo la misión encomendada por los caficultores de ser el soporte científico para la toma de decisiones en los campos de producción. Hoy es, sin lugar a dudas, el primer centro de investigación en la agronomía del cultivo del café en el mundo, no solo por el grado de profesionalismo de su equipo de trabajo y por el desarrollo de tecnologías ajustadas a las condiciones propias de los productores colombianos, sino por la manera de interactuar con el Servicio de Extensión de la Federación de Cafeteros, bajo una estrategia común trazada por la Gerencia Técnica, que en conjunto han conseguido el cambio técnico que ha requerido la caficultura a lo largo de los años, para hacerla cada vez más competitiva, rentable y sostenible.

## Información complementaria de avances en investigación que contribuyen a mejorar la productividad, la sostenibilidad y la rentabilidad

**Desarrollo de variedades.** Con el propósito de generar variedades de café adaptadas a la geografía cafetera colombiana que sean resistentes a la roya, altamente productivas, de buena calidad física del grano y calidad en taza, que nos representa a nivel mundial, se contó con un plan operativo compuesto por 22 investigaciones que giran en torno a los 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. El primer objetivo es conservarla y, para ello, se realizó el inventario y análisis de la diversidad contenida en ella. Paralelamente, se avanza en la caracterización de la CCC por sus atributos agronómicos y tolerancia a déficit hídrico, encontrando introducciones promisorias para cada una de estas características.

Como resultado de trabajos colaborativos entre Cenicafé y la Universidad de Cornell (NY, USA) se obtuvo el genoma completo de *C. arabica* variedad Caturra y de *C. eugenoides*, además de borradores de los genomas de *C. liberica* y del Híbrido de Timor (*C. arabica* x *C. canephora*). La versión actual del genoma de *C. arabica* contiene cada uno de los sub-genomas de los ancestros *C. eugenoides* y *C. canephora*. El tamaño calculado del genoma de Caturra es de 1.100 Mb, de los cuales se ensambló el 99,48%. Se identificaron 89.656 genes, los cuales siguen bajo estudio para asociarlos a las características de interés para la caficultura del país.

Con relación al desarrollo de variedades, se continúa con el avance generacional de poblaciones mejoradas que están siendo seleccionadas por su productividad, calidad en la bebida, calidad física del grano, resistencia a la roya y al CBD y adaptación climática. Algunas de estas poblaciones poseen fuentes de resistencia a la roya de origen diferente a las del Híbrido de Timor, lo que permite continuar con la diversidad como estrategia para el desarrollo de variedades con resistencia durable a esta enfermedad. Se implementó la selección asistida por marcadores moleculares para identificar tempranamente progenies resistentes al CBD y a la roya (SH3). Actualmente, se están evaluando 208 progenies avanzadas en pruebas regionales, en 15 municipios, de ocho departamentos cafeteros del país.

Se obtuvieron los derechos de obtentor de variedad para las siguientes progenies de la variedad Castillo®: CU1812, CU1855, CU199, CX2848, CX2197, CX2385, CX2720, CU1843, BH1247 y Cenicafé 1: CX2866. Adicionalmente, se radicó la solicitud de obtención de derechos de obtentor de variedad para las progenies CU1872 y DH004, pertenecientes a las variedades Castillo® Zonales.

**Sistemas productivos.** Para cumplir con el propósito, de evaluar y validar prácticas agronómicas en sistemas de producción de café, actualmente se continúan investigaciones comprendidas en cuatro

proyectos relativos a cada fase del ciclo de vida del cultivo: fase vegetativa, fase productiva, renovación del cultivo y cultivos asociados al café. Las investigaciones están relacionadas con el fortalecimiento de los sistemas de producción de café bajo sombra y a libre exposición solar, generando aplicaciones prácticas que incrementen la producción.

Este año se concluyó la evaluación del efecto de los métodos de renovación (zoca común, poda pulmón y poda calavera) en la biomasa de raíces, donde se presentó pérdida de raíces con relación a la evaluación inicial, pero al año de la intervención los métodos de renovación por medio de poda calavera y pulmón presentan recuperación de la biomasa de raíces, caso contrario a lo encontrado en zoca común, donde la pérdida de raíces fue del 62,7% y 73,1%, a 25 y 50 cm de distancia horizontal, respectivamente.

Dado que la variabilidad climática exige que el caficultor haga más robusto su sistema de producción para minimizar los riesgos, mediante un convenio suscrito con el Centro de Investigación Internacional de Desarrollo de Canadá-IDRC, se terminó el monitoreo de fincas de los municipios de Salamina en el departamento de Caldas y Balboa y Santuario en el departamento de Risaralda, donde se implementaron prácticas de adaptación de la caficultura, como la siembra a mayores densidades, la renovación con variedades resistentes a enfermedades, la recuperación de sitios perdidos y fertilización con base en el análisis de suelos. Los resultados mostraron que la producción se incrementó entre 13% y 43%; los ingresos netos por mayor producción también aumentaron,

entre uno y dos millones de pesos anuales adicionales por hectárea, y los cultivos mostraron un mejor vigor vegetativo y potencial productivo. Paralelamente, se logró una mayor capacidad de respuesta a la variabilidad climática por medio del establecimiento de sistemas agroforestales, manejo integrado de arvenses, manejo y conservación de suelos y siembra de cultivos intercalados y asociados. Se empoderó al caficultor y su familia en la protección de los recursos naturales como agua y suelo, además de contribuir a la seguridad alimentaria con el establecimiento de cultivos intercalados como maíz y en asocio como plátano.

**Sanidad vegetal.** En el estudio de la enfermedades del café, se trabajaron seis temas principales: 1) evaluación de alternativas para manejo químico de enfermedades en el campo, con prioridad en roya, mancha de hierro y mal rosado, 2) monitoreo de incidencia y severidad de roya en genotipos con resistencia incompleta derivados de Caturra x Híbrido de Timor 1343, tanto experimentales como en los componentes de las variedades Castillo® y Cenicafé 1 en diferentes estaciones experimentales, 3) investigaciones sobre epidemiología y desarrollo de alertas para roya y muerte descendente y su manejo en el departamento del Huila, 4) evaluación preliminar de inductores de resistencia en la planta para el manejo de enfermedades en almácigo como modelo previo, 5) estudios de la microbiota nativa en suelos del Huila (micorrizas arbusculares), biorregulación de patógenos aéreos del cafeto causantes de mancha de hierro, antracnosis y muerte descendente con el controlador biológico *Trichoderma harzianum*, y validación de trabajos de bionutrición usando bacterias fijadoras de N, y 6) investigaciones sobre biología, patogenicidad y epidemiología del hongo causante de la gotera u ojo de gallo del cafeto en dos zonas endémicas donde es importante.

Se destaca la recomendación del criterio de aplicación del control químico de roya en variedades susceptibles con base en la ocurrencia de floraciones principales del cultivo, de tal manera que se realicen dos a tres aplicaciones, a partir de los 60 días después de ocurridas y máximo hasta los 180 días. Se incorporó a las recomendaciones para el control de roya el fungicida azoxystrobin + flutriafol (Authority 250SC), registrado y disponible en el mercado, y se culminó la investigación sobre triadimenol (Bayfidan DC250), aún pendiente de registro por el fabricante. Finalmente, se realizaron desarrollos para estudios microclimáticos, epidemiológicos y en ambientes controlados de cámaras climáticas.

En cuanto a la investigación de plagas que afectan el cultivo, se obtuvieron resultados de investigaciones de la broca del café como el ensamble completo de su genoma. Se identificaron 17.295 genes modelo, que incluyeron familias de genes repertorio de proteínas quimosensoriales, receptores de olor y gustativos, diferenciados entre machos y hembras. Estos hallazgos son clave en el entendimiento de la determinación sexual en la broca y su posible aplicación en control del insecto.

Para mejorar el manejo integrado de la broca, se obtuvo la concentración letal media de broca no expuestas a clorpirifos, con el fin de avanzar en una estrategia de vigilancia de líneas resistentes en Colombia. Se continuó con la generación de mapas de vulnerabilidad para el daño causado por la broca del café en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca. Se renovaron plantas híbridas en el campo con potencial de resistencia a broca. Para el control de la broca se evaluaron en el campo los depredadores *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena*, y se observó un control hasta del 76% de la broca al interior de almendras de café. Se obtuvo el prototipo de un producto natural con potencial de control curativo de la broca y microcápsulas, y emulsiones de cafeína que controlan adultos de broca. Se obtuvieron resultados de residuos de pesticidas en la caficultura y se concluye que no se detectan trazas si se siguen las recomendaciones dadas por Cenicafé y se respetan los períodos de carencia. Se evaluaron nuevos equipos para aplicar insecticidas en el campo con disminuciones de volúmenes de más de 40%, esto se reflejaría en menores costos por producto y aplicación en el campo. Se validó el manejo integrado de la broca en Pitalito en el departamento del Huila y se corrobora que el control cultural es la base para mantener la broca por debajo del nivel de daño económico.

En cuanto a la segunda plaga más común en Colombia, se identificaron más de 23 especies de cochinillas de las raíces del café y se corrobora que *Puto barberi* es la que más daños causa en la caficultura colombiana. Las especies que enquistan y matan árboles de café van en aumento y requieren estrategias nuevas de control. El zoqueo de los cafetales infestados por cochinillas de las raíces reduce las poblaciones hasta por 9 meses. Se validará una estrategia de control de esta plaga en el campo en cafetales zoqueados. Se identificaron cinco especies de avispa que controlan naturalmente a *Puto barberi* y se seleccionó una cepa del hongo *Metarhizium robertsii*. Esto requiere ajustes en los métodos de aspersión en el campo. La validación del manejo de cochinillas en el campo ha demostrado ser eficaz.

Con respecto a la chamusquina del café, se criaron y evaluaron dos especies de depredadores que la controlan: *Zelus vespiformis* y *Arilus gallus*. Adicionalmente se seleccionó una cepa del hongo *Beauveria bassiana* y se validó en condiciones de campo. Este hongo estaría listo para ser producido y aplicado en el campo. Se mantiene un cepario de hongos entomopatógenos con 324 cepas preservadas y almacenadas. En estudios sobre las abejas asociadas a sistemas cafeteros, se evalúan los visitantes florales del café en Colombia y del balso negro en Santander. De este último se concluye que estas flores de balso soportan especies de aves, murciélagos y mamíferos arbóreos.

**Cosecha y poscosecha.** En este período se tuvieron varios logros que apuntan a mejorar la rentabilidad del caficultor y la sostenibilidad del negocio cafetero. Después de varios años de trabajo se lanzaron las lonas para hacer más eficiente la recolección manual de café y se consiguió, a través de un trabajo conjunto con una empresa brasileña, tener la máquina Brudden DSC-18 para asistir la recolección de café con impacto positivo sobre la disminución de costos de recolección. Se lanzó la tecnología Ecomill® LH-300 para que los pequeños caficultores tengan la posibilidad de utilizar tecnología ecológica para el beneficio de café de manera individual y se construyeron siete beneficiaderos comunitarios con tecnología 100% ecológica, con el fin de favorecer a cerca de 100 familias cafeteras. Se obtuvo un gran avance en el entendimiento de los procesos de fermentación, mediante el control de variables y de tiempos entre etapas, para obtener cafés especiales a través de fermentación natural, lo mismo que significativos progresos en el tratamiento de las aguas residuales del café a través de métodos químicos y naturales, es especial con la identificación de floculantes químicos y naturales de bajo costo, y el uso de filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales, de manera que los cafeteros puedan cumplir con la legislación actual.

**Adaptación a la variabilidad climática.** Bajo la concepción de entender el comportamiento del clima y su efecto en la caficultura mediante la construcción de series de datos meteorológicos, se adelantaron las actividades e investigaciones con el fin de darle continuidad al registro y control de calidad de información de la Red Meteorológica Cafetera, con 205 estaciones convencionales y 137 automáticas. La información se divulgó públicamente en tiempo real en la plataforma [agroclima.cenicafe.com](http://agroclima.cenicafe.com), y mensualmente con la elaboración de los boletines agrometeorológicos. Así mismo, se publicó el Anuario Meteorológico Cafetero de 2017.

Se consolidó, estructuró y normalizó la fuente de información asociada al criterio de zonificación agroecológica cafetera (ZAE), en escenarios de variabilidad para el departamento del Huila. Igualmente, se desarrolló una aplicación mediante la cual se combinan procesos automáticos y verificación experta para el control de calidad de la información a nivel diario. Adicionalmente, usando la información meteorológica y de suelo, se implementó la rutina de balance hídrico decadiario (cada diez días), para un cultivo en producción, y se obtuvieron los valores de disponibilidad hídrica, herramienta necesaria para generar alertas tempranas por condición hídrica. Se implementó un algoritmo para el cálculo de la evapotranspiración de referencia para fortalecer el aplicativo de balance hídrico, usando el método de Penman – Monteith. Usando los resultados del índice de disponibilidad hídrica se generó

un mapa de alta precisión para toda la zona cafetera del departamento de Caldas, para el período comprendido entre marzo y septiembre de 2018 a nivel decadiario.

En algunos municipios cafeteros de los departamentos de Caldas y Risaralda se identificaron los factores de amenaza, asociados a condiciones hídricas, en áreas por debajo de 1.400 m de altitud. Igualmente, se obtuvo un modelo de desarrollo propio, consistente en la reproducción de estados secos, húmedos y muy húmedos en las estaciones de la zona cafetera de Caldas, que tienen precipitaciones anuales por encima de 1.100 mm, y fue determinada la evapotranspiración del cultivo a través de las mediciones del balance de energía y, por relación entre esta y la evapotranspiración potencial, fue hallado el coeficiente del cultivo (Kc), valor importante en el entendimiento anual de la producción de café, y en la generación de alertas tempranas por condiciones hídricas.

**Agregación de valor, calidad y origen.** Entendiendo la necesidad del caficultor por preservar y mejorar la calidad final de su café y así obtener una mayor rentabilidad, se ha continuado con el fortalecimiento de la investigación en la innovación en el desarrollo de procesos para agregar valor al café y asegurar su calidad.

En este sentido, en 2018 se ejecutaron ocho proyectos: tres en evaluación de la calidad del café en fincas, dos sobre la influencia de la temperatura de tostación en la calidad sensorial y composición química del café producido por fermentación a temperatura controlada, dos acerca de la calidad y la composición química de las variedades, y uno sobre las características físico-químicas

del defecto reposo. También se formularon nuevas investigaciones relacionadas con la tostación de variedades, la actividad del agua del grano y la detección indirecta de la composición química del grano mediante espectrofotometría de infra-rojo cercano (NIRS), para café verde y tostado. Se consolidó un grupo interno de catación en Cenicafé, certificado como *Q-grader*, que ha estado apoyando la caracterización en taza de defectos y atributos asociados a los experimentos que se adelantan en el Centro.

### Gestión de recursos naturales.

En cuanto al recurso suelo, se determinó la vulnerabilidad del suelo frente al cambio climático en tres municipios cafeteros, obteniéndose un modelo para determinar la susceptibilidad a los movimientos en masa al nivel de cuenca hidrográfica cafetera ante eventos La Niña y, en el marco del Proyecto GIA, se culminaron las intervenciones para restaurar predios afectados por erosión y movimientos masales en las 25 microcuencas. Se caracterizó la fertilidad del suelo de los departamentos de Huila y Santander, y se determinó la capacidad de almacenamiento de agua para las unidades cartográficas más comunes de Antioquia.

En el tema de biodiversidad, mediante técnicas de biología molecular se identificaron los microorganismos asociados al ciclo de nitrógeno y su relación con la fertilización química y orgánica. Para la etapa de almácigo se determinó el efecto de la humedad del suelo en el crecimiento de las plantas de café y se evaluaron 40 alternativas dirigidas al manejo de la fertilidad de tres unidades cartográficas representativas de suelo en el departamento de Antioquia; así mismo, se determinó

el efecto de herbicidas pre y post-emergentes en el control de arvenses. Se avanzó en el estudio de la calidad de las enmiendas de uso común en la caficultura colombiana y su efecto en algunos suelos representativos de la zona cafetera, así como también se lograron avances acerca de los requerimientos de cal (dosis y fuentes) al momento de la siembra y durante la etapa productiva, y se determinó la movilidad de la caliza dolomítica en el perfil del suelo y su relación con la corrección de la acidez. Finalmente, se evaluaron dos equipos portátiles para la aplicación de fertilizantes granulados durante la etapa de levante y producción de café y se estableció una parcela experimental para medir la respuesta del cultivo de café a riego y al fertirriego, y se dio inicio al estudio de la adopción del análisis de suelos en la zona cafetera colombiana.

Mediante la aplicación de la metodología *Social Return On Investment-SROI*, se analizaron, cuantificaron y monetizaron los cambios generados por el Proyecto Manos al Agua – Gestión Inteligente del Agua – GIA en la microcuenca Edén-Bareño ubicada en el municipio de Aguadas (Caldas). Los resultados indicaron que, por cada peso invertido en la ejecución de los seis planes de trabajo de GIA evaluados, el retorno en términos sociales, ambientales y económicos fue de 5,06 pesos. Este cálculo evidenció la importancia y rentabilidad de invertir en proyectos de conservación de recursos naturales acompañados de planes integrales, que complementen aspectos sociales y económicos, los cuales inciden en el desarrollo productivo y comunitario de los cafeteros en Colombia.

Adicionalmente, dentro del Proyecto GIA se identificaron las oportunidades del sector cafetero colombiano como ambiente propicio para la provisión de servicios ecosistémicos. En la medida que se integren acciones de conservación con el sistema de producción se podrán proporcionar servicios como protección de microcuencas, captura de carbono, conservación de la biodiversidad y de suelos, belleza paisajística, polinización y fijación de nutrientes. Un mecanismo óptimo para integrar este tipo de acciones es la implementación de esquemas de Pago por Servicios Ambientales – PSA, como instrumento de compensación voluntaria entre las partes interesadas en la conservación ambiental.

**KfW.** En la investigación silvicultura como alternativa de producción en la zona marginal de la región cafetera del Proyecto KfW uno de los productos principales es un modelo de intervención mejorado que pueda ser replicado en microcuencas cafeteras, durante el 2018 se realizaron actividades encaminadas a crear los mecanismos de recopilación de información que permitan generar este modelo y a evaluar los indicadores que se estén utilizando. Con respecto a la evaluación y ajuste de los indicadores, se propuso el uso de un índice de conectividad ecológica alternativo, el cual fue calculado para evaluar los cambios en una de las microcuencas intervenidas. El índice PC arrojó un cambio de 0,05 a 0,10 como resultado de las siembras especies nativas de nativas en la microcuenca evaluada; además, será calculado para cuatro microcuencas más antes de finalizar el año.

### Divulgación y transferencia

Durante esta vigencia se realizó la edición, diagramación y publicación de los Avances Técnicos 479 al 486, la Revista Cenicafé Vol. 68 No. 2 y Vol. 69 No. 1, el Anuario Meteorológico 2017, el Informe Anual de Actividades de Cenicafé del año 2017, y 15 libros del Proyecto

Gestión Inteligente del Agua. Adicionalmente, se publicaron los libros “La adopción de Tecnologías Agrícolas, bases para su comprensión” y “Clima de la caficultura en Colombia”, como parte de la serie conmemorativa de los 80 años de Cenicafe. Este material se encuentra disponible en forma digital en la página [www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org), y adicionalmente se despacharon a los Comités más de 185.000 ejemplares impresos de las publicaciones mencionadas.

Dentro de las actividades más importantes desarrolladas por los Investigadores de Cenicafe, en el marco del Sistema de Gestión Integral, ligado al Acuerdo de Nivel de Servicio: Construir y Utilizar Espacios de Interacción, se encuentran las 47 actividades de capacitación de los Extensionistas de todo el país, a las cuales asistieron 2.657 colaboradores del Servicio de Extensión, desde octubre de 2017 hasta septiembre de 2018. En esta misma interacción, en Cenicafe se realizó el Encuentro de Coordinadores de Extensión durante los días 5 y 6 de julio, en los cuales se realizó la capacitación y profundización en la agronomía de la caficultura y programas de la Gerencia Técnica, para 220 profesionales del Servicio de Extensión.

Así mismo, para los caficultores del país, Cenicafe realizó cuatro días de campo en las instalaciones de Planalto y Naranjal en los temas “Más Agronomía Más Productividad”, “Cosecha con Lonas”, “Energía solar en la finca cafetera”, así como el “Encuentro Corporaciones Autónomas Regionales”, con 821 asistentes en total.

Cenicafe y el Servicio de Extensión participaron en la Feria de Cafés de Colombia expo 2018 en el stand de la Gerencia Técnica Más Agronomía Más Productividad, con las minipresentaciones de Cosecha del café con lonas, Ecomill para el beneficio del café, y minipresentaciones sobre los componentes de Más Agronomía Más Productividad, que también contaron con el apoyo del Profesor Yarumo. Se atendieron más de 2.000 visitantes interesados en las tecnologías y conocimientos puestos a disposición de los caficultores de Colombia.

Finalmente se recibieron visitas de caficultores para mirar temas específicos, bajo la coordinación de los Comités Departamentales, con un total de 1.393 personas, y se atendieron visitas solicitadas por la Gerencia Comercial, con clientes y socios estratégicos nacionales e internacionales.

Como estrategia web para la divulgación de las publicaciones y tecnologías de Cenicafe y eventos de transferencia desarrollados en el Centro, se activó el Twitter de Cenicafe (@Cenicafe), a través del cual se han publicado 319 Tweets y ya cuenta con más de 1.600 seguidores.

**Álvaro L. Gaitán B.**  
Director Cenicafe  
Noviembre de 2018





**Disciplinas de investigación**



# Disciplinas de investigación

## Agroclimatología

Se realizaron las actividades e investigaciones en función de la continuidad en la operación, registro o captura y control de calidad de información de la Red Meteorológica Cafetera, la actualización de contenidos de los aplicativos y la verificación de los instrumentos de control de calidad incorporados en la Plataforma Agroclimática Cafetera, la continuidad en caracterización agroclimática para identificación de zonas agroecológicas en el departamento de Huila, la observación de los cambios en dinámicas de cobertura y factores de amenaza en departamentos de la cuenca alta del río Cauca, el desarrollo de una estrategia de monitoreo climático en función de la generación de alertas tempranas por disponibilidad hídrica y la determinación de los componentes de ecuaciones que permiten establecer las necesidades hídricas del cultivo de café.

La Red Meteorológica Cafetera operó con 205 estaciones convencionales y 137 automáticas, se coordinó al menos una inspección meteorológica anual.

Se consolidó, estructuró y normalizó la fuente de información asociada al criterio de zonificación agroecológica cafetera (ZAE) en escenarios de variabilidad, para



el departamento del Huila, se validaron las ZAE y se desarrolló e implementó un aplicativo en la plataforma agroclimática.

Se desarrolló una aplicación de control de calidad con apoyo de la disciplina de TIC, mediante la cual se combinan procesos automáticos y de verificación experta para el control de calidad de la información a nivel diario. Esta aplicación es operada por la disciplina de Agroclimatología desde la plataforma <http://estaciones.cenicafe.org>.

Usando la información meteorológica y de suelo se implementó la rutina de balance hídrico decadiario (cada diez días) para un cultivo en producción, y se obtuvieron los valores de disponibilidad hídrica, herramienta disponible para generar alertas tempranas por condición hídrica. Se implementó un algoritmo para el cálculo de la evapotranspiración de referencia para fortalecer el aplicativo del balance hídrico, usando el método de Penman – Monteith. Con los resultados del índice de disponibilidad hídrica se generó la interpolación con una precisión de 0,82 para toda la zona cafetera del departamento de Caldas, para el período comprendido entre marzo y septiembre de 2018, a nivel decadiario.

En algunos municipios cafeteros de los departamentos de Caldas y Risaralda se identificaron los factores de amenaza, asociados a condiciones hídricas, en áreas por debajo de 1.400 m de altitud.

Se obtuvo un modelo de desarrollo propio consistente en la reproducción de estados secos, húmedos y muy húmedos en las estaciones de la zona cafetera de Caldas que tienen precipitaciones anuales por encima de 1.100 mm.

Se determinó la evapotranspiración del cultivo (ETc) a través de las mediciones del balance de energía y, por relación entre la evapotranspiración potencial (ETo) y la ETc se halló el coeficiente del cultivo (Kc). A partir de los 19 y hasta los 45 meses de edad del cultivo, la ETc fue de 4,14 mm H<sub>2</sub>O día, el Kc fue de 0,80.

**ACL102007. Monitoreo meteorológico y servicio agroclimático.** En el presente año la red operó con 205 estaciones convencionales (Figura 1A) y 137 automáticas (Figura 1B); de las primeras 47 son principales, 7 heliopluiográficas, 8 pluviográficas y 143 pluviométricas.

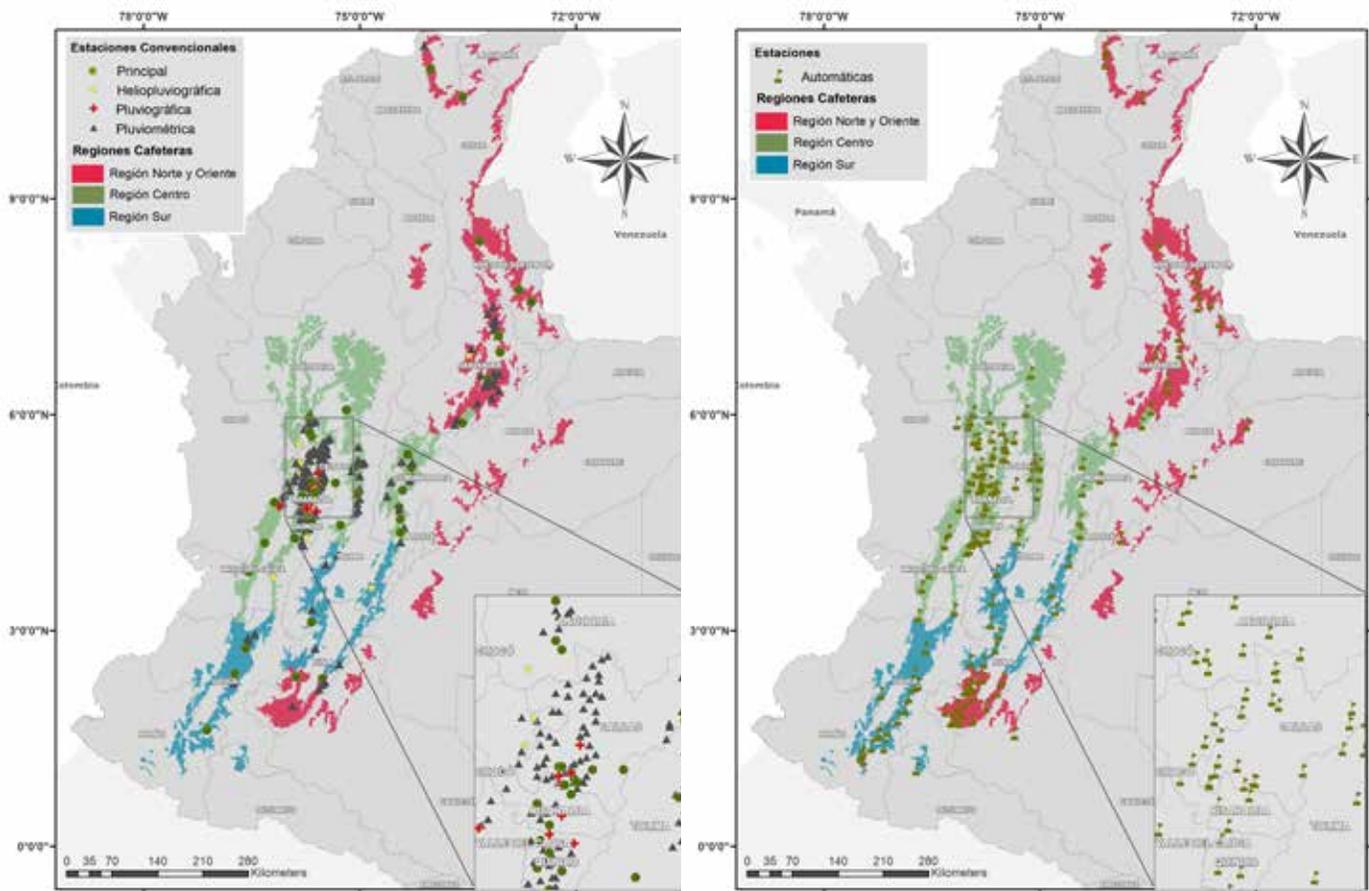
Se coordinó la gestión de inspección meteorológica con la Unidad de Gestión de bienes y Servicios-Mantenimiento (BSM) y la disciplina de Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC).

Algunas novedades se presentaron en la red, las cuales determinaron la desinstalación de seis estaciones automáticas y tres convencionales y la inactividad por problemas de comunicación en tres automáticas. En la actualidad se realizan

gestiones con los Comités de Cafeteros respectivos para el proceso de reubicación de las estaciones meteorológicas automáticas, que permitan dar continuidad a la toma de información meteorológica en los municipios cafeteros sin cobertura.

Como soporte a la actividad preventiva, se diseñó un instrumento de Lista de Chequeo para las estaciones meteorológicas automáticas, el cual fue aplicado por el Servicio de Extensión, que permitió evidenciar algunas condiciones que interferían en el correcto funcionamiento y a partir de ellas, planificar las acciones correctivas o preventivas en las visitas de inspección programadas.

**ACL102002. Herramientas para la toma de decisiones en la caficultura del Huila.** En la primera fase de la actividad se instalaron ocho estaciones agroclimáticas que miden las variables de temperatura del aire, humedad relativa, lluvia, radiación global, radiación fotosintéticamente activa, humedad del suelo y velocidad del viento. Además, ocho micro-estaciones dentro de los cultivos de café, las cuales miden temperatura del



**Figura 1.** Distribución espacial de la Red Meteorológica Cafetera. **a.** Estaciones automáticas; **b.** Estaciones convencionales.

aire, humedad relativa, radiación fotosintéticamente activa, radiación neta, humedad de la hoja, precipitación y humedad del suelo; para estas estaciones fue necesario instalar cerramientos que aseguren los equipos propios de la estación. En la Figura 2 se muestra la cobertura actual de la red meteorológica automática cafetera del departamento del Huila.

Durante este período se definió la metodología para la instalación de las dos estaciones meteorológicas faltantes, para cumplir con los objetivos planteados en la investigación, se establecieron seis fases:

1. Definir la zona representativa según los fines investigativos.
2. Preselección de los sitios por parte del Comité Departamental de Cafeteros para la posible implementación de la estación meteorológica automática.
3. Visita de Cenicafé para identificar los sitios escogidos por el Comité y realizar las pruebas de comunicación.
4. Trámite del comodato.
5. Construcción de la obra civil o cerramiento de la estación meteorológica.
6. Instalación de la estación meteorológica.

Durante el proceso se preseleccionaron dos municipios, Paicol y La Argentina, y dentro de ellos tres fincas candidatas. Después de la inspección por parte de los técnicos de Cenicafé, se seleccionaron las fincas Armenia, vereda Lourdes en La Argentina y, Lote Palanqueros 1, vereda El Carmen de Paicol. Posteriormente, se tramitó el comodato y

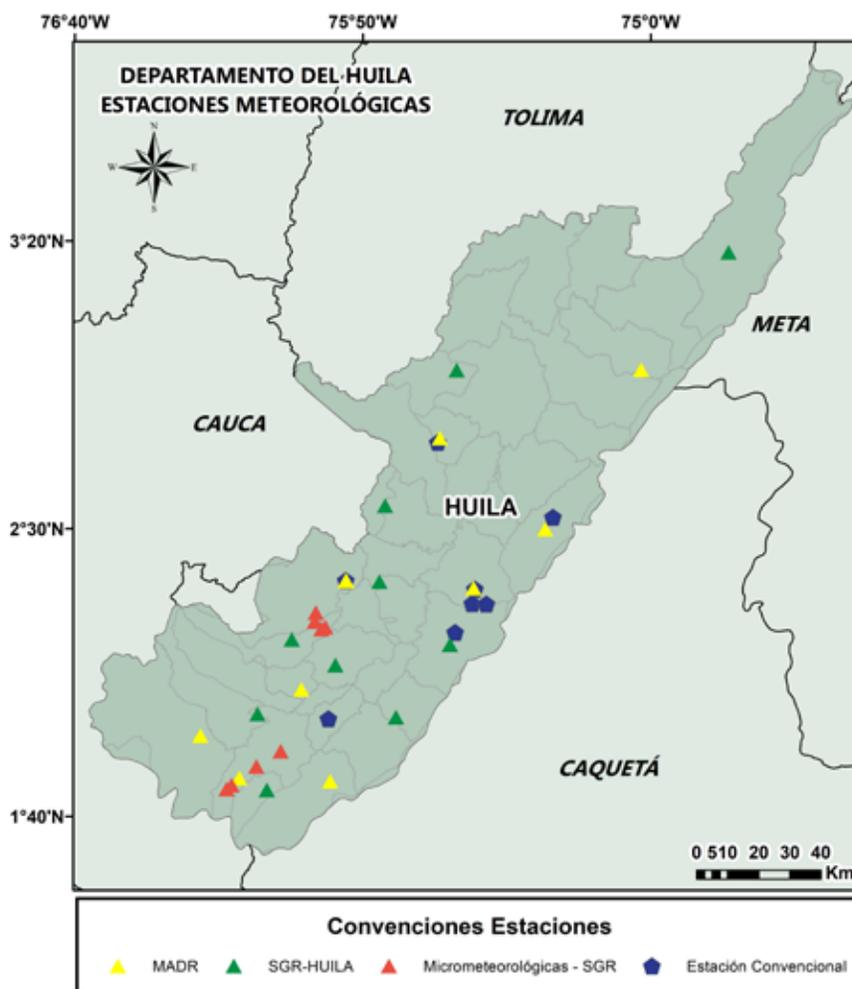
se contrató una empresa de ingeniería para la realización de la obra civil. Las estaciones se instalaron en febrero de 2018.

Se realizaron visitas de inspección meteorológica para las diez estaciones y ocho micro-estaciones, con el objetivo de realizar mantenimientos de tipo correctivo y preventivo, para garantizar la calidad de los datos registrados. En las actividades realizadas como rutina de mantenimiento correctivo se localizaron y repararon los defectos observados en los equipos, mientras en los preventivos se corrigieron y previnieron averías.

En el desarrollo de las visitas se tuvo acompañamiento del Servicio de Extensión y de los propietarios de las fincas.

Una actividad complementaria en el marco de la investigación fue la obtención de muestras de suelo en los lotes cercanos a cada estación, con el propósito de calibrar los sensores de humedad del suelo y ajustar parámetros del balance hídrico en cada sitio.

Se realizaron actividades de capacitación, en las cuales se dio a conocer la cobertura actual de la red meteorológica, la información que se despliega y la plataforma de visualización.



**Figura 2.** Cobertura de la Red Meteorológica Cafetera en el departamento del Huila.

**ACL104002. Identificación de las zonas agroecológicas para la caficultura del Huila (CT&I SGR).**

Se revisó la información climatológica y se complementó con nueva información proporcionada por el Ideam. Se generó un nuevo set de información para los años 1997, 1998, 1999 y 2015, y se obtuvo un promedio multianual histórico actualizado.

Se generó la segunda versión de la Capacidad de Retención de Humedad (CRH) para la zona cafetera del departamento del Huila, con el apoyo de la actividad liderada por la disciplina de Suelos, con el uso de los 420 análisis físicos de suelo (Figura 3).

Se realizó una nueva rutina de interpolación asociada a los elementos de temperatura, brillo solar y precipitación diarios, en el entorno de la zona cafetera. Para la precipitación diaria,

dado que se tuvo mayor cantidad de estaciones (115), se dividió el proceso en ecorregiones: la zona del macizo colombiano en el Sur, la vertiente Occidental de la cordillera Oriental y la vertiente Oriental de la cordillera Occidental.

El nuevo conjunto de datos meteorológicos e indicadores bioclimáticos se asoció a la información de las condiciones del sistema productivo de las fincas cafeteras del departamento del Huila. A su vez, este grupo de datos se constituyó como información de consulta en el aplicativo <https://agroclima.cenicafe.org/zonas-agroecologicas>, desplegado de manera restringida al Servicio de Extensión del Comité Departamental de Cafeteros del Huila, para generar la validación de la metodología de Zonificación Agroecológica para la zona cafetera del departamento del Huila.

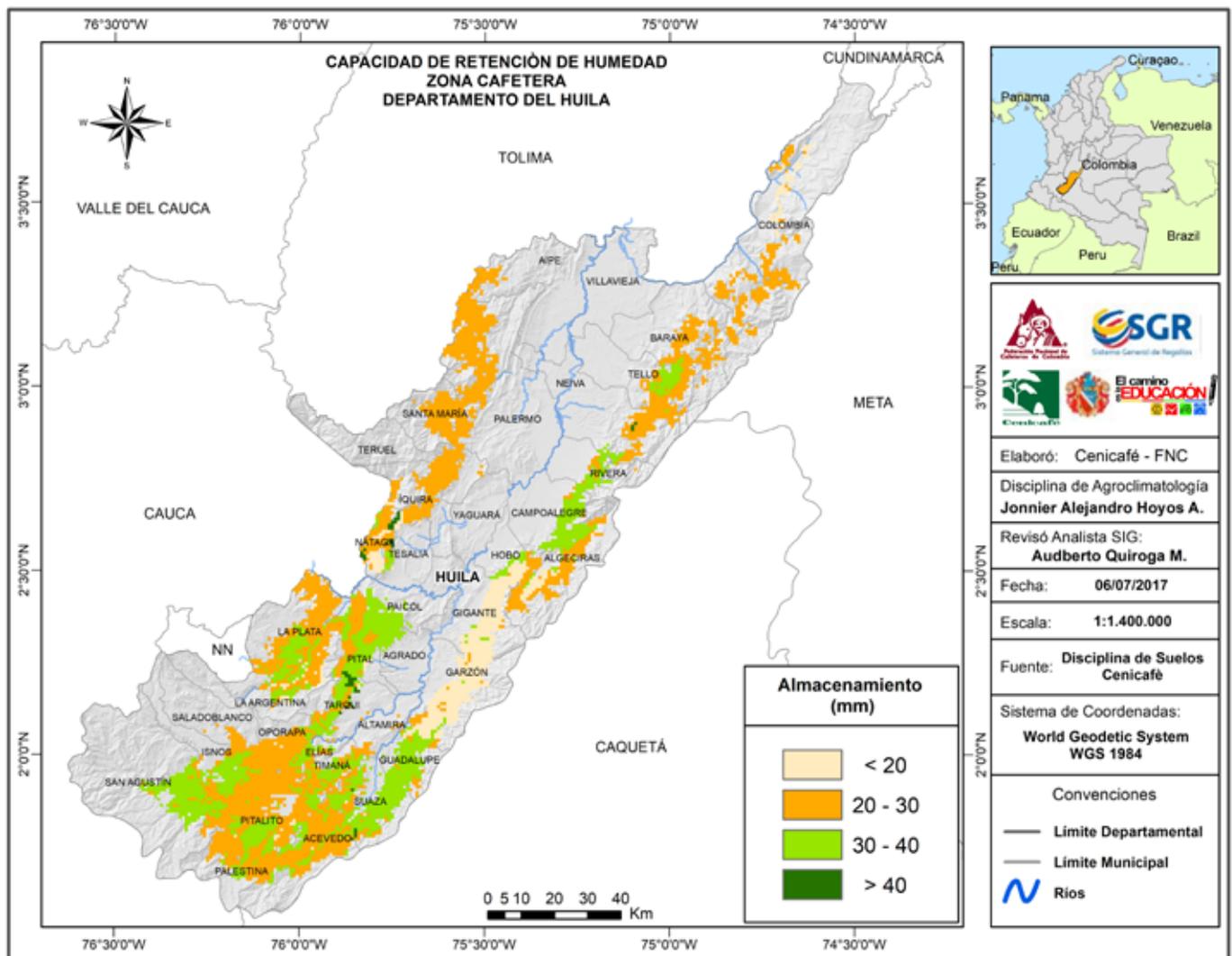


Figura 3. Mapa de capacidad de retención de humedad de los suelos de la zona cafetera en el departamento del Huila.

Con la información climática de los datos anuales de 80 estaciones pluviométricas de la zona cafetera colombiana, con registros de temporalidad superiores a los 25 años, se establecieron los rangos óptimos de los indicadores agroclimáticos para la precipitación, el brillo solar, la acumulación térmica, los déficits hídricos y la pendiente.

Se generó la estadística descriptiva para cada una de las seis zonas agroecológicas (Figura 4), se revisó la distribución de los predios cafeteros y de las principales variables agroecológicas del departamento del Huila. Los

valores promedio y la calificación asociada a los indicadores del cultivo por zona agroecológica (Tabla 1), en escenarios de variabilidad climática, se muestran en la Tabla 2.

### Validación de la zonificación agroecológica cafetera.

Se estructuró una encuesta de la actividad ZAE para el departamento del Huila, con el objetivo de realizar la validación de las variables agroclimáticas para el departamento del Huila que soportan la zonificación, la cual fue aplicada en predios cafeteros del departamento, producto de una muestra seleccionada bajo

parámetros de muestreo aleatorio simple, con los estadísticos proporcionados de la primera encuesta realizada en 2016.

Se generó el análisis estadístico de 421 encuestas, realizadas por el Servicio de Extensión a los caficultores del departamento del Huila, entre los meses de febrero, marzo y abril de 2018. En la aplicación de la encuesta, caficultores y extensionistas validaron el comportamiento histórico anual de la lluvia y el brillo solar, así como la duración y meses de las etapas fenológicas de floración y cosecha, identificaron las vulnerabilidades que presenta

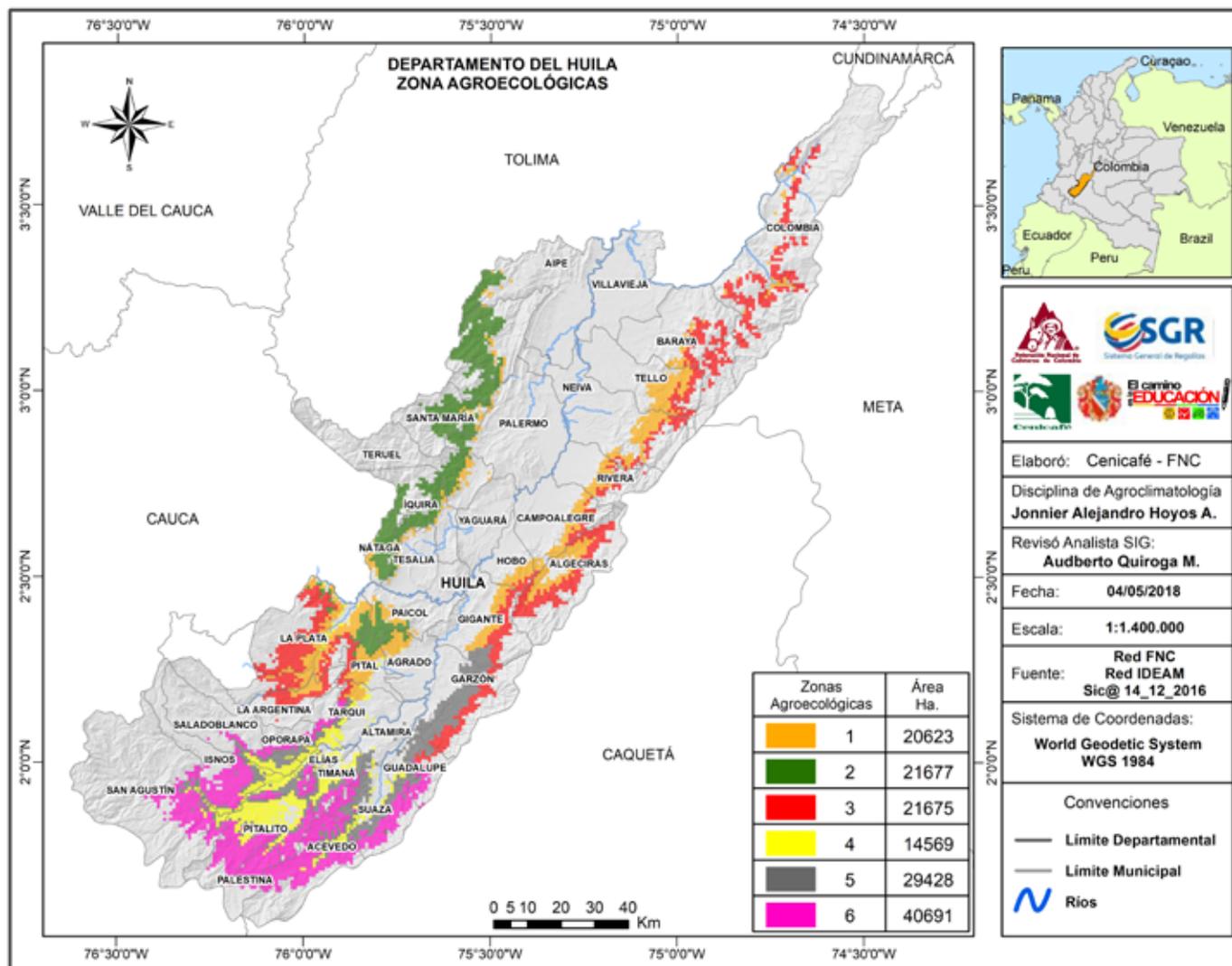


Figura 4. Zonas agroecológicas cafeteras del departamento del Huila.

**Tabla 1.** Rango de los indicadores agroclimáticos cafeteros y categorización.

Indicadores Agroclimáticos	Unidad	Bajo	Adecuado	Alto
Precipitación anual	mm	Menor que 1.400	Entre 1.400 y 2.900	Mayor que 2.900
Brillo solar	horas año <sup>-1</sup>	Menor que 1.400	Entre 1.400 y 1.800	Mayor que 1.800
Amplitud térmica	°C	Menor que 8	Entre 8 y 11	Mayor que 11
Tiempo térmico (prefloración)	grados - día	Menor que 1.000	Entre 1.000 y 1.400	Mayor que 1.400
Tiempo térmico (desarrollo del fruto)	grados - día	Menor que 2.200	Entre 2.200 y 2.800	Mayor que 2.800
Déficit hídrico (prefloración)	Días	Menor que 20	Entre 20 y 80	Mayor que 80
Déficit hídrico (desarrollo del fruto)	Días	Igual a 0	Entre 0 y 90	Mayor que 90
Pendiente del terreno	Grados	Menor que 10	Entre 10 y 40	Mayor 40

**Tabla 2.** Promedio y cualificación de los indicadores agroclimáticos más representativos, de las zonas agroecológicas cafeteras identificadas en el departamento del Huila, en escenarios de variabilidad climática.

Escenario	Zona Agroecológica	Altitud	Lluvia anual acumulada	Déficit hídrico floración	Déficit hídrico desarrollo del fruto	Brillo solar anual acumulado	Tiempo térmico floración	Tiempo térmico desarrollo del fruto	Amplitud térmica promedio anual	Pendiente terreno
		m	mm	días	días	horas	grados - día	grados - día	%	grados
Promedio multianual histórico	1	1.477	1.433	94	76	1.438	1.244	2.547	8,4	51
	2	1.695	1.758	110	24	1.374	1.043,1	2.143	7,9	50
	3	1.743	1.675	50	53	1.302	1.014,4	2.067	7,5	51
	4	1.316	1.351	82	89	1.551	1.428	2.777	9,9	37
	5	1.461	1.508	71	59	1.486	1.302	2.530	8,9	43
	6	1.644	1.977	56	5	1.466	1.167,8	2.234	8,8	46
El Niño	1	1.477	1.234	93	162	1.508	1.258	2.534	9,5	51,7
	2	1.695	1.345	78	153	1.452	1.106	2.184	8,3	50,6
	3	1.743	1.424	89	153	1.383	1.047	2.097	8,4	51,4
	4	1.316	1.121	76	191	1.698	1.378	2.658	10,3	37
	5	1.461	1.178	68	183	1.603	1.260	2.480	9,9	44,4
	6	1.644	1.365	53	160	1.571	1.118	2.177	9,4	46,6
La Niña	1	1.477	2.008	79	101	1.282	1.206	2.382	8,5	51,7
	2	1.695	2.282	87	66	1.120	1.026	2.044	7,4	50,6
	3	1.743	1.907	67	121	1.079	993	2.005	7,9	51,4
	4	1.316	1.698	58	145	1.532	1.329	2.703	9,8	37
	5	1.461	1.920	49	133	1.392	1.211	2.466	9,1	44,4
	6	1.644	2.174	49	97	1.308	1.084	2.210	9,1	46,6

el sistema productivo cafetero del departamento del Huila y definieron algunas estrategias de adaptación del cultivo.

En la sección de la encuesta, en la cual se consultó sobre la información agroclimática recopilada en el aplicativo ZAE, el 80% de los meteorogramas de lluvia y 84% de los de brillo solar presentaron coherencia con la distribución percibida en el campo, no obstante, las diferencias entre los meses de mayor o menor oferta de lluvia o de brillo solar, entre los que respondieron **no**, fueron en su mayoría de un mes. Con relación a la fenología del cultivo asociada a los meses y la duración de las etapas de floración y desarrollo del fruto, el 87% de los encuestados consideró que se ajustaban a las de sus zonas.

Con relación a algunas de las preguntas que se enfocaban a la vulnerabilidad del sistema productivo, pudo corroborarse que las fuertes pendientes, el exceso y el déficit hídrico, se identifican como los de mayor repercusión.

Los resultados permitieron identificar a la floración y el desarrollo y la productividad del cultivo, como los factores que se favorecen en escenario El Niño, mientras que las condiciones que presentan la mayor restricción sobre el mismo escenario son la disminución en la calidad de la cosecha y el desarrollo y manejo del cultivo. En el escenario La Niña, los factores que favorecen el cultivo son el desarrollo del mismo, la calidad de la cosecha y la productividad, para el mismo escenario climático las condiciones de restricción son la disminución en la floración, la baja productividad y desarrollo del cultivo.

Las estrategias prioritarias de adaptación identificadas en la

encuesta, indican que los sistemas agroforestales presentan el 32% de las opciones más relevantes para los caficultores, seguida de variedades resistentes, el manejo de la pulpa de café con el fin de incorporarla como enmienda edáfica y el manejo integrado de arvenses para disminuir la erosión del suelo.

Con base en el análisis de la encuesta y en las recomendaciones de los expertos se realizaron los ajustes a la zonificación agroecológica y al aplicativo que muestra la información en un portal interactivo (<https://agroclima.cenicafe.org/zonas-agroecologicas>).

#### **ACL102005. Desarrollo, implementación y mantenimiento de la Plataforma Agroclimática Cafetera (*agroclima.cenicafe.org*).**

**Aplicativo de control de calidad de datos meteorológicos.** Como parte de las actividades de seguimiento a la información meteorológica se encontró que los registros provenientes de las estaciones automáticas presentan inconvenientes como presencia de registros consecutivos iguales (especialmente en la variable precipitación), registros faltantes y valores atípicos. Teniendo en cuenta que muchas de las estaciones automáticas no cuentan con información de referencia, se seleccionaron estaciones convencionales de la FNC y del Ideam, que cuentan con diez o más años de registros diarios, y se definieron zonas cafeteras distribuidas a lo largo de diferentes cuencas hidrográficas. Se utilizaron 484 estaciones del Ideam y 223 de la FNC. Se establecieron rangos climatológicos para las variables precipitación, temperatura y humedad relativa,

a partir de los valores máximos y mínimos absolutos diarios de cada variable y el percentil 2 y 98. Para el caso de la precipitación, se establecieron el percentil 98 y el máximo absoluto de la precipitación mensual y los rangos fueron definidos a nivel mensual. Los rangos climatológicos de temperatura se establecieron por zona y rango altitudinal.

Como resultado de la aplicación de pruebas de rangos fijos, comparaciones con la climatología y pruebas de consistencia temporal, los datos de precipitación, temperatura y humedad son marcados o “bandereados” con diferentes etiquetas según el tipo de inconsistencia que presenten.

En la plataforma <http://estaciones.cenicafe.org>, se realizó un aplicativo para el seguimiento de los registros meteorológicos y control de calidad. En este se muestran las fechas en las que se presentaron inconvenientes y la etiqueta que indica el tipo de inconveniente fue encontrado (Figura 5). El usuario experto puede realizar diferentes acciones como corrección de datos, identificación de estaciones cercanas, verificación de datos diarios y horarios, y activar o desactivar sensores o estaciones.

#### **Aplicativo de balance hídrico y pruebas de interpolación.**

Se realizó la validación y seguimiento a los resultados del balance hídrico presentado en el aplicativo de la Plataforma Agroclimática, se realizaron algunas correcciones relacionadas con la visualización del Índice de Disponibilidad Hídrica (IDH) y las décadas de cada uno de los meses. Utilizando el método de Penman-Monteith y la información de temperatura máxima y mínima, radiación neta, humedad relativa y velocidad del viento, se calculó la

Código	Estación	Departamento	Municipio	Fecha	Variable	Tipo
10019	Gramate	Norte de Santander	Gramate	2018-10-10	Humedad relativa	LIMITES
10074	Almacén Juntas	Caldas	Muzo	2018-10-10	Humedad relativa	LIMITES
10080	La Esperanza	Tolima	Bagué	2018-10-04	Humedad relativa	LIMITES
10077	La Trinidad	Cauca	Petitard	2018-09-25	Temperatura	LIMITES
10077	La Trinidad	Cauca	Petitard	2018-09-19	Temperatura	LIMITES
10095	Fila Barray	Caldas	Belalcázar	2018-09-18	Temperatura	LIMITES
10019	Gramate	Norte de Santander	Gramate	2018-05-03	Temperatura	LIMITES
10019	Gramate	Norte de Santander	Gramate	2018-05-01	Temperatura	LIMITES

Figura 5. Aplicativo de control de calidad. Tabla de registros con inconvenientes de calidad.

evapotranspiración de referencia a nivel diario y decadiario como insumo para el balance hídrico.

Con el fin de ampliar la resolución del balance hídrico se realizaron pruebas de interpolación, basados en un modelo de elevación digital de 1,0 km, usando el software Anusplin 4.4 para el departamento de Caldas. A partir del valor de IDH calculado en el aplicativo, utilizando 17 estaciones, 70% para generar la interpolación y el 30% para validarla, se generaron matrices de pixeles (ráster) del IDH para cada década (10 días), desde marzo de 2018 hasta la primera década de septiembre.

En la Figura 6 se presenta la década tres del mes de junio como ejemplo de los resultados de la interpolación. El desempeño general de la interpolación para las cinco estaciones de validación durante todo el período de análisis, expresado en términos del coeficiente de determinación  $R^2$  fue de 0,58, con un error de 0,16. El coeficiente de regresión fue de 0,62 estadísticamente igual a 1,0 según la prueba t al 5%. La precisión de la interpolación para clasificar de forma adecuada los estados “seco”, “normal” y “húmedo”, fue de 0,82 con un intervalo de confianza del 95%.

Con base en los resultados obtenidos y a partir de la validación experta, la interpolación

representa adecuadamente la condición hídrica de la zona cafetera del departamento de Caldas, sin embargo, debe continuarse con pruebas y uso de otras fuentes de información de clima y suelo, que puedan mejorar su desempeño, así como realizar ejercicios para otros departamentos.

**ACL101003. Determinación de la probabilidad de períodos secos y húmedos en la zona cafetera de Colombia (Caldas).**

Una necesidad recurrente de los caficultores colombianos consiste en la previsión decadiaria (período de diez días) de la lluvia para proyectar las actividades agrícolas en la finca. Este trabajo propuso dos metodologías para dar una predicción decadiaria de los períodos secos, húmedos y muy húmedos en la zona cafetera del departamento de Caldas, ambas basadas en métodos estocásticos. La primera de ellas utilizó un modelo de cadena de Markov de segundo orden para simular la aparición de precipitación, y una distribución teórica de probabilidad para simular cantidades diarias de precipitación (Suemulador). La segunda empleó una cadena de Markov de primer orden para simular la aparición de décadas húmedas, muy húmedas y secas, teniendo en cuenta matrices de transición trimestrales (modelo de desarrollo propio).

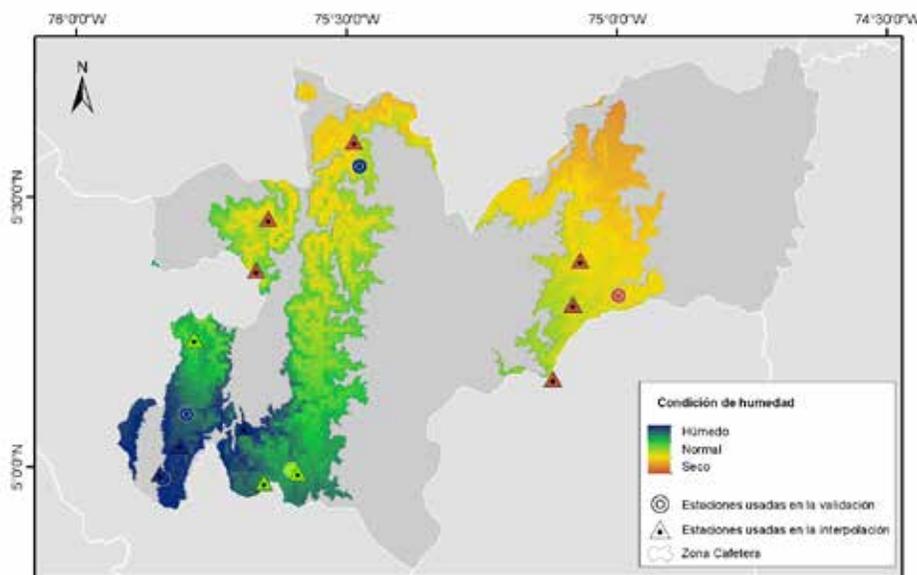


Figura 6. Mapa del índice de disponibilidad hídrica de la tercera década del mes de junio para el departamento de Caldas.

Se realizó un análisis espacio temporal de la lluvia para encontrar regiones con patrones de lluvia similares que permitieran el uso de los métodos por región. El modelo de desarrollo propio basado en la cadena de Markov de primer orden, simula la aparición de décadas húmedas, muy húmedas y secas, teniendo en cuenta matrices de transición trimestrales. Cuando se revisaron los resultados de Suemulador, década por década con respecto a lo observado, se concluye que hay independencia entre lo simulado y lo observado.

El modelo de desarrollo propio es consistentemente mejor que el Suemulador, en la reproducción de estados secos, húmedos y muy húmedos en las estaciones que tienen precipitaciones anuales por encima de 1.100 mm. Los resultados indican que el rendimiento del modelo propio es dependiente del lugar, y que debe realizarse la validación, sobre todo para estudios en nuevas regiones. Los modelos basados en cadenas de Markov son adecuados para la generación de ocurrencia de períodos secos, húmedos y muy húmedos en Caldas.

#### **ACL102001. Implementación de estaciones agroclimáticas e hidroclimáticas en las microcuencas asociadas al Proyecto GIA.**

Entre los años 2015 y 2017, en el marco del Proyecto Gestión Inteligente del Agua – Manos al agua, como parte de la estrategia de monitoreo climático, se instalaron 25 estaciones meteorológicas automáticas en las microcuencas seleccionadas dentro de los departamentos cafeteros de Antioquia, Caldas, Cauca, Nariño y Valle del Cauca. Con la instalación se generó información climática en el área de las microcuencas y se fortaleció la Red Meteorológica Cafetera, incrementando la cobertura de monitoreo en los departamentos de intervención.

La estrategia de Monitoreo Climático del Proyecto Gestión Inteligente del Agua – Manos al Agua, tuvo como objetivo generar alertas tempranas por condiciones extremas de humedad en el suelo, que pueden afectar el cultivo de café. Para el cumplimiento de dicho objetivo, luego de la instalación de las estaciones meteorológicas, el paso a seguir fue el seguimiento, análisis y validación de la información climática. Para el análisis y validación, se desarrolló y aplicó una metodología de control de calidad que incluyó técnicas, procedimientos y test, que permitieron identificar errores y depurar la información registrada por las estaciones meteorológicas.

Usando la información meteorológica y de suelo, se implementó la rutina de balance hídrico decadiario, para un cultivo en producción, en las estaciones automáticas de los departamentos de Antioquia, Caldas, Valle del Cauca, Cauca y Nariño y se obtuvieron los valores de exceso y déficit hídricos, así como el índice de humedad.

La integración de conocimiento junto con la implementación de la Red Agroclimática Cafetera, permitió el desarrollo de una herramienta que está aún más cerca de la realidad en términos del balance hídrico del suelo en el cultivo del café en Colombia. Con esta herramienta, la información está disponible para una generar una alerta temprana mejorada.

#### **ACL104003. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de café y su relación con la eficiencia fotosintética.**

En un sistema de producción de café a libre exposición solar en la Estación Experimental Paraguaicito de 18 meses de edad, después de haberse aprovechado dos ciclos de maíz durante su primer año de crecimiento, fue determinada la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) a través de las mediciones del balance de energía, mediante la técnica de covarianza de remolinos (*Eddy Covariance*), en el agroecosistema completo. El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) fue hallado a través de la relación entre la  $ET_o/ET_c$ . La  $ET_o$  se determinó con la ecuación de Penman Montith y a través de las mediciones directas de las variables que componen dicha ecuación. A partir de los 19 y hasta los 45 meses de edad del cultivo, la  $ET_c$  promedio fue de  $4,14 \pm 0,08$  mm día<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O, el  $K_c$  promedio fue de  $0,89 \pm 0,023$ . Los mayores valores de  $ET_c$  entre 4,3 y 4,6 mm día<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub>O y de  $K_c$  entre 0,9 y 1,0 se registraron en los períodos previos a las floraciones principales.

Adicionalmente, se implementaron y evaluaron dos predios hidrológicos. Para obtener las proporciones de lluvia neta (lluvia que ingresa al suelo), se clasificaron los eventos en tres rangos y se descartaron los días sin lluvia. Para el rango entre  $> 0,0$  y  $\leq 5,0$  mm de lluvia externa, la proporción de lluvia fluctuó entre 85% y 92%. Para el caso de lluvia externa  $> 5,0$  mm y  $\leq 10,0$  mm, la lluvia neta fluctuó entre 90% y 96%, mientras que, para los valores de lluvia externa, superiores a 10,0 mm, la lluvia neta fue superior a 99%. Se determinó que una lámina de 6,0 mm de riego suplía las necesidades de cultivo, cuando la humedad del suelo se encontraba entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.



**BIO101001- BIO101003.** Se ha trabajado en el ajuste de la estructura del modelo de broca en cuanto al número de generaciones y duración de los estados en función de las unidades térmicas acumuladas y del modelo de producción potencial nivel III.

**BIO103002. Evaluación de métodos estadísticos para la identificación de procedencias del café a partir de la huella espectral.** En cuanto a la evaluación de métodos estadísticos para la identificación de procedencias del café a partir de la huella espectral, en primera instancia, se han programado y aplicado el método discriminante lineal de Fisher y el método de redes Neuronales. Dichos

---

## Biometría

---

métodos, no han permitido identificar la procedencia en más del 40% de las muestras, dado que: el primero de ellos no cumple con los supuestos de varianza homogénea y multinormalidad y el segundo método no fue eficiente con la función de activación lineal. Por lo tanto, el primer método queda descartado y con el segundo método se evaluará un modelo perceptron multicapa (activación sigmoïdal). Paralelo a este análisis se evaluarán los métodos máquinas de vector soporte con función de base radial, Bosques Aleatorios, clasificador Naive Bayes y KNN (k vecinos más cercanos), para seleccionar aquel con el que ese logre una identificación de procedencias mayor del 70%.



La estrategia en la Disciplina de Calidad para la propuesta de valor se basa en la medición y evaluación mediante métodos y pruebas sensoriales, químicas, microbiológicas y físico-químicas de los procesos de beneficio, fermentación, secado, almacenamiento y tostación, con el fin de identificar las variables que pueden influir o diferenciar la inocuidad, calidad física, calidad en taza y la composición química del café.

---

## Calidad

---

En el 2018 en la Disciplina de Calidad de Cenicafé se ejecutaron ocho proyectos: tres en evaluación de la calidad del café en fincas, dos sobre la influencia de la temperatura de tostación en la calidad sensorial y composición química del café producido por fermentación a temperatura controlada, dos acerca de la calidad y la composición química de las variedades, uno sobre las características físico-químicas del defecto reposo.

**CAL106001. Determinación de perfiles de tostación de café para diferentes sistemas de fermentación.** Como control del proceso de la tostación del café se fijaron la temperatura inicial y final. Se produjeron cafés por fermentaciones sumergidas y sólidas a temperatura controlada de 15 y 20°C y se tostaron a temperaturas iniciales (i) de 185, 190 y 195°C y finales (f) de 180 y 185°C. Se midió el tiempo de tostación, la pérdida de peso, el color del tostado, la calificación y el descriptor de la impresión global del café en la evaluación sensorial.

El tiempo medio de tostación entre los sistemas de fermentación varió de 10,4 a 11,1 minutos; la pérdida de masa de 15,5% a 16,9% que corresponde a un grado medio y el color varió de 54 a 62 unidades Agtron. Para cada una de las temperaturas iniciales de tostación se requirió mayor tiempo de tostación y se obtuvo un café de color más oscuro y con mayor pérdida de masa a la temperatura final de 185 que a 180°C.

Hubo diferencias significativas en la impresión global entre las temperaturas de tostación para el café de fermentación sólida a 15 y 20°C y los mejores puntajes de calidad (93,8 y 96,9), que se encontraron en las temperaturas de tostación de 190i-185f °C y 185i-185f °C, respectivamente. En las fermentaciones sumergidas no se hallaron diferencias significativas en el puntaje de calidad de café y las mayores calificaciones (90,6 y 95,0) se obtuvieron en las tostaciones a 185i-185f °C y 195i-185f para las fermentaciones a 15 y 20°C respectivamente (Tabla 3).

Para el café de fermentación sumergida se obtuvo mayor proporción de sabores especiales almendra, frutal, herbal, vino y cítricos, mientras que en los sistemas sólidos se obtuvo sabor a nuez. Mediante el control de las temperaturas en los procesos de fermentación y tostación se obtienen cafés de calidad y sabores especiales.

**CAL106002. Relaciones entre los procesos termoquímicos de la tostación y la calidad de cafés especiales.** El color es la variable más usada para finalizar la tostación del café. En este proyecto se fijaron temperaturas para controlar y culminar este proceso. Se analizaron los compuestos químicos en el café verde que se procesó por fermentación sumergida y se tostó a temperaturas iniciales de 185, 190, 195, 200 y 210°C y finales de 175, 180 y 185°C, (Tabla 4).

A las temperaturas iniciales de tostación no se encontraron diferencias significativas en

los contenidos de lípidos, proteínas, azúcares, alcaloides, ni ácidos quínico, cítrico, málico, fórmico y succínico. Según las temperaturas de tostación cambiaron las concentraciones de los compuestos químicos del café tostado.

Al incrementarse la temperatura inicial disminuyeron los lípidos y el ácido acético y aumentaron los ácidos quínico y cítrico. Con la elevación de la temperatura final aumentaron el tiempo de proceso, la transferencia de masa y los contenidos de ácidos acético, láctico, succínico, fórmico y oxálico; el color del grano se volvió más oscuro y disminuyeron las concentraciones de sacarosa, trigonelina, ácidos cítrico y málico, los aldehídos, alcoholes y ésteres.

**CAL101003. Caracterización del café verde producido en la región del Paisaje Cultural Cafetero de Colombia en Caldas.** En Caldas, 17 municipios hacen parte del Paisaje Cultural Cafetero de Colombia, PCCC. Para contribuir a la diferenciación del café de la región PCCC se recolectaron 1.019 muestras de café pergamino seco en 260 fincas, en cuatro muestreos, de 2015 a 2017. Se evaluó la calidad física del café pergamino y la calidad en taza. El 52% de las fincas se localizaron por encima de 1.600 m de altitud, en el 90% se usó la fermentación y en el 93% el secado al sol.

Se presentaron diferencias significativas en la calidad física del café entre años y rangos de altitud. La mejor calidad en brocado, pasilla y factor de rendimiento en trilla (valores menores) se encontró en las muestras del 2016 y 2017 y en fincas ubicadas por encima de 1.600 m. No hubo diferencias significativas en la calidad en taza del café, entre los años de muestreo. El puntaje SCA del café varió de 43,0 a 88,0 con un promedio de 75,7 (Tabla 5).

El 20,6% de las muestras de café presentaron defectos en taza como fermentos, astringentes y terrosos, asociados a fallas en el beneficio y al daño por broca, que pueden corregirse con implementación de buenas prácticas. En Riosucio, Villamaría y Aranzazu más del 90% de las muestras de café recolectadas presentaron buena calidad. Cuatro fincas en Anserma, Pácora y Riosucio cumplieron todos los criterios comerciales de calidad física y en taza en las cuatro cosechas.

Se capacitaron 2.200 caficultores en cada uno de los 17 municipios PCCC en Caldas, sobre los atributos y valores excepcionales del Paisaje Cultural Cafetero de Colombia, que se declaró en el año 2011 como Patrimonio de la Humanidad por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la cultura, UNESCO.

**Tabla 3.** Puntaje SCA de café producido por fermentación controlada sólido y sumergido a 15 y 20°C, según las temperaturas inicial y final de tostación.

Procesos fermentación y tostación de café		Calidad del café Puntaje SCA		
Sistema de fermentación	Temperatura inicial (i) y final (f) de tostación	Media	Grupos*	Error
Sólido 15°C -16h	Media	estándar		1,3
	185i-180f	90,6	ab	0,0
	185i-185f	85,1	ab	3,8
	190i-180f	93,8	a	2,0
	190i-185f	81,4	b	4,5
	195i-180f	85,1	ab	2,5
	195i-185f	90,6	ab	0,0
Sólido 20°C -16h	Media	90,3		1,2
	185i-180f	90,6	ab	0,0
	185i-185f	96,9	ab	2,0
	190i-180f	90,1	a	3,7
	190i-185f	85,1	a	3,8
	195i-180f	88,8	ab	1,8
	195i-185f	90,4	ab	2,6
Sumergido 15°C- 21h	Media	86,7		1,8
	185i-180f	85,1	a	3,8
	185i-185f	90,6	a	0,0
	190i-180f	86,9	a	3,7
	190i-185f	86,4	a	5,9
	195i-180f	86,9	a	3,7
	195i-185f	84,2	a	7,1
Sumergido 20°C- 18h	Media	88,8		1,7
	185i-180f	81,4	a	6,0
	185i-185f	90,6	a	0,0
	190i-180f	85,1	a	5,5
	190i-185f	90,1	a	3,7
	195i-180f	90,4	a	2,6
	195i-185f	95,0	a	3,5
<b>Total general</b>		<b>88,4</b>		<b>0,7</b>

\*Letras diferentes para cada sistema de fermentación, entre temperaturas de tostación corresponden a diferencias significativas, Tukey 5%.

**CAL101004. Caracterización del café procedente del Oriente de Caldas, por su composición química, física y sensorial.** La zona cafetera del Oriente de Caldas representa el 22,0% del área cultivada en este departamento. Durante las cosechas

principales de 2015, 2016 y 2017 se recolectaron muestras de café pergamino seco, de 65 fincas ubicadas entre 890 y 1.870 m en los municipios de Manzanares, Marquetalia, Marulanda, Pensilvania, Samaná y Victoria. Se evaluó la calidad física y sensorial del café.

**Tabla 4.** Composición química del café Arábica verde y tostado, procesado por fermentación sumergida.

Compuesto químico	Unidad	Café verde				Café tostado			
		Mínimo	Máximo	Promedio	Error estándar	Mínimo	Máximo	Promedio	Error estándar
Lípidos	%	9,04	9,77	9,36	0,16	10,74	14,55	13,11	0,11
Proteína		12,63	12,81	12,72	0,09	14,00	21,19	15,68	0,12
Cafeína		1,01	1,07	1,04	0,03	1,13	1,37	1,28	0,01
Trigonelina		0,88	0,92	0,90	0,02	0,49	0,98	0,82	0,01
Ácido araquídico	% de los lípidos	4,19	4,57	4,44	0,09	3,75	5,15	4,40	0,04
Ácido esteárico		8,51	9,23	8,94	0,17	7,57	9,89	8,86	0,06
Ácido linoleico		30,63	32,75	31,52	0,45	29,31	38,87	33,71	0,33
Ácido oleico		10,42	11,95	11,43	0,34	8,58	12,51	10,66	0,12
Ácido palmítico		38,83	40,13	39,45	0,28	33,94	42,28	38,35	0,26
Sacarosa	%	4,47	4,88	4,69	0,08	0,00	0,36	0,12	0,01
Glucosa	g kg <sup>-1</sup>	nd	nd	nd	nd	0,00	4,02	0,24	0,06
Fructosa		0,61	0,81	0,71	0,05	0,35	4,91	1,17	0,07
Ácido acético		nd	nd	nd	nd	2,35	5,90	4,37	0,08
Ácido cítrico		8,34	8,71	8,53	0,19	5,05	8,76	6,88	0,11
Ácido fórmico		0,00	0,53	0,27	0,27	2,98	11,90	7,36	0,21
Ácido láctico		nd	nd	nd	nd	0,00	0,52	0,11	0,02
Ácido málico		3,77	5,14	4,45	0,68	0,68	6,32	2,89	0,17
Ácido oxálico		0,06	0,12	0,09	0,03	0,08	0,14	0,10	0,00
Ácido succínico (y/o glicólico)		0,58	0,85	0,71	0,13	1,47	9,40	4,87	0,20
Ácido tartárico		nd	nd	nd	nd	0,00	0,05	0,001	0,001
Ácido quínico		3,45	4,48	3,97	0,51	5,33	16,61	10,01	0,31

nd: no detectado

Se encontraron promedios de brocado, pasilla, almendra sana, factor de rendimiento y puntaje SCA de 1,6%, 5,0%, 75,9%, 92,5% y 75,7%, respectivamente. Hubo diferencias significativas en brocado y pasillas, mayor en muestras obtenidas de fincas ubicadas por debajo de 1.300 m de la cosecha 2015, y del municipio de Victoria, y en el puntaje SCA entre municipios; en Marquetalia se obtuvo el mayor puntaje (82,9), allí las fincas se localizaron por encima de 1.600 m (Tabla 6). El 8,8% de las muestras del Oriente presentaron fermento, 3,3% terroso y 7,2% de inmaduros y astringente.

**CAL101001. Aseguramiento de la calidad del café del Huila como único y diferenciado.** El objetivo del proyecto es fortalecer las estrategias para el aseguramiento de la calidad del café del Huila, para lo cual se desarrollan las siguientes actividades: caracterización técnica de fincas, monitoreo y caracterización de la calidad física y sensorial del café, determinación de algunos compuestos químicos del café; mejoramiento de las capacidades de análisis de la calidad del café; capacitación del Servicio de Extensión sobre la calidad del café y las buenas prácticas agrícola; y difusión de la información científica obtenida con los interesados.

Se han realizado cinco muestreos de café pergamino en 123 fincas, ubicadas en los 35 municipios cafeteros del Huila, que participan en el proyecto. El Servicio de Extensión recolectó las muestras de café en cada finca y las entregó para su remisión a Cenicafé. Almacafé realizó los análisis físicos y sensoriales. En la Disciplina de Calidad de Cenicafé se realizó el análisis de la información y se entregaron 248 reportes de la calidad física y sensorial del café, con recomendaciones específicas por finca para el mejoramiento de la calidad y procesos desde la finca.

Este proyecto se ejecuta con recursos del Sistema General de Regalías, Gobernación del Huila y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. En Huila el 87% de las muestras de café de las cosechas 2016 y 2017 alcanzaron buena calidad y no hubo diferencias entre altitudes; pero sí se presentaron diferencias significativas (Duncan 5%) en las variables de la calidad del café del productor, con menores valores medios de brocado, mayores valores de pasillas y mayores valores de acidez en la bebida. El perfil sensorial del café del productor de las cosechas 2016 y 2017 se valoró en promedio con 4,7 y 4,8 respectivamente (escala de Almacafé) (Tabla 7).

Para las otras variables de la calidad no hubo diferencias entre años. Tampoco se presentaron diferencias significativas entre municipios, en la calidad física excepto para la humedad del pergamino que fue mayor en Neiva, con un promedio de 12,8%, diferente de La Argentina, Altamira, Palestina, Hobo, San Agustín, Oporapa, Isnos, Saladoblanco, Teruel, La Plata, Tarqui, Iquira, Rivera, Nataga, Pital y Pitalito, que presentaron en promedio 9,7% de humedad del café pergamino.

**Tabla 5.** Calidad del café de 260 fincas, de 17 municipios de Caldas, del Paisaje Cultural Cafetero de Colombia, Cosechas de los años 2015, 2016 primero y segundo semestres y 2017. (1.019 muestras).

Variables de calidad café del PCCC en Caldas	Mínimo	Máximo	Promedio
Humedad del café pergamino (%)	8,2	14,7	11,0
Merma (%)	14,8	27,5	18,2
Brocado (%)	0,0	43,7	3,8
Pasilla (%)	0,1	76,2	5,5
Almendra sana (%)	17,2	83,9	73,7
Factor de rendimiento en trilla	83,4	406,0	96,9
<b>Puntaje SCA</b>	<b>43,0</b>	<b>88,0</b>	<b>75,7</b>

El café del Huila de la cosecha 2016 y 2017, se describió como dulce en mayor proporción en la cosecha 2017 (35%) y el astringente disminuyó a 19% con respecto a la cosecha del 2016, que presentó 30% de astringencia en taza. Los defectos fermento y fenol también se redujeron en el 2017 y el reposo no se encontró en las muestras de café 2017.

En cuanto a las categorías de calidad por la impresión global, el 1,0% de las fincas presentó muy buena calidad con un promedio de 7,0, el 53% calidad estándar, el 33% calidad regular y el 13% de las fincas presentaron calidad muy mala en taza y defectos fenol, fermento, mohoso, reposo, sucio, humo y madera. El defecto fenol se presentó en siete fincas, el fermento en 13, el reposo en cinco y el moho en dos.

**CAL104003. Caracterización de lípidos, ácidos y cafeína en las variedades de café Castillo®, Tabi y Cenicafé 1, sembradas en Colombia.** De la caracterización física de las variedades Tabi, Cenicafé 1, Castillo® Naranjal, Castillo® El Tambo y Castillo® Pueblo Bello se encontró que la variedad Cenicafé 1 se destaca por el tamaño del grano con la mayor proporción de granos Premium, por encima de 18/64 de pulgada (58,9%), le siguió Castillo® Pueblo Bello con 52,4%. En promedio, las variedades presentaron un factor de rendimiento inferior al 93,3, excepto la variedad Tabi que obtuvo 99,0 atribuidos a la alta proporción de brocados (12%) encontrados en las muestras de la segunda cosecha del 2017, que afectó la taza con calificaciones deficientes (escala Almacafé) y sabores cereal y astringente. Las otras variedades obtuvieron calificaciones en el rango estándar y bueno. Entre las variedades, los lípidos variaron en promedio entre 9,5% y 11,0%, la cafeína de 1,02% a 1,29%, la trigonelina de 0,80% a 0,94%, el ácido oxálico de 0,09 a 0,18 g kg<sup>-1</sup>, el cítrico de 8,65 a 9,71 g kg<sup>-1</sup>, el málico de 3,04 a 4,33 g kg<sup>-1</sup>, el quínico de 3,26 a 4,12 g kg<sup>-1</sup>, el succínico de 0,53 a 0,76 g kg<sup>-1</sup> y el acético de 3,25 a 5,06 g kg<sup>-1</sup> (Tabla 8).

**CAL104009. Caracterización de azúcares, aminoácidos, antioxidantes y ácidos clorogénicos en las variedades de café Castillo®, Tabi y Cenicafé 1, sembradas en Colombia.** Se recolectaron muestras de café en tres pases en la cosecha 2017 de las variedades Tabi, Cenicafé 1, Castillo® Naranjal (zona Centro), Castillo® El Tambo (zona Sur) y Castillo® Pueblo Bello (zona Norte), se analizó la

**Tabla 6.** Calidad del café de 65 fincas, de seis municipios del Oriente de Caldas, en tres cosechas, del segundo semestre de los años 2015, 2016 y 2017 - 181 muestras.

VARIABLES DE CALIDAD CAFÉ DEL ORIENTE DE CALDAS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Humedad del café pergamino (%)	8,4	14,0	10,7
Merma (%)	16,3	23,8	18,5
Brocado (%)	0,0	11,6	1,6
Pasilla (%)	0,2	18,9	5,0
Almendra sana (%)	56,0	82,7	75,9
Factor de rendimiento en trilla	84,6	124,9	92,5
<b>Puntaje SCA</b>	<b>43,0</b>	<b>86,5</b>	<b>75,7</b>

**Tabla 7.** Calidad del café de 123 fincas de 35 municipios del Huila, en dos cosechas de los años 2016 y 2017 - 230 muestras.

VARIABLES DE CALIDAD CAFÉ DEL ORIENTE DE CALDAS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
Humedad del café pergamino (%)	6,5	15,7	10,2
Merma (%)	15,5	21,2	17,9
Brocado (%)	0,0	31,5	1,9
Pasilla (%)	0,0	9,3	0,9
Almendra sana (%)	55,9	83,7	79,7
Factor de rendimiento en trilla	83,9	126,6	89,0
<b>Puntaje SCA</b>	<b>2,0</b>	<b>7,5</b>	<b>4,8</b>

calidad sensorial, la sacarosa, los flavonoides y los ácidos clorogénicos en el grano trillado. Se obtuvieron los siguientes promedios entre variedades 7,2% a 7,8% de sacarosa, 59,8 a 64,8 g kg<sup>-1</sup> de ácido gálico, 84,4 a 86,8 g kg<sup>-1</sup> de catequina y 4,2 a 4,8% de ácidos clorogénicos (Tabla 9).

### CAL103003. Identificación de variables fisicoquímicas y enzimáticas asociadas con el defecto reposo en el café.

Se evaluó la calidad física, sensorial, variables fisicoquímicas y microbiológicas en muestras de café con el defecto reposado y muestras sin este defecto (Tabla 10). El café con el defecto reposo presentó menores calificaciones en calidad (53,2) respecto a las muestras sin este defecto (81,3 SCA). El café reposado presentó mayores valores de factor de rendimiento en trilla (99,3) que los sanos

(92,6). El reposado presentó en promedio 11,9% de lípidos totales y el sano 11,1%, el ácido esteárico presentó valores de 7,9% en el reposado y 7,4% en el grano sin este defecto. No hubo diferencias significativas en los recuentos microbiológicos, los hongos que predominaron en el café fueron *Penicillium* spp. *Aspegillus* spp y *Fusarium* spp.

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

Se revisaron las bases de datos del equipo espectrofotómetro NIRS de muestras de café verde de varias investigaciones y procedencias Cauca, Huila y Nariño, y se revisaron las ecuaciones almacenadas en el equipo. Se encontró un acierto promedio de 83,2% que varió entre 81,0% a 86,0%, Cauca presentó el mayor acierto y Huila el menor. Se contrató al Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de la Información y las Comunicaciones (CINTEL) para analizar la información de la predicción de origen con los datos almacenados en el equipo NIRS, para lo cual se usó el algoritmo Lasso, un modelo de clasificación ajustado en probabilidades, y el análisis de componentes principales PCA con la validación cruzada K. Se encontraron valores de predicción del origen por departamentos de 94%, 76%, 84%, 91% y 91% para los orígenes 1 (Cauca), 2 (Huila), 3 (Nariño), 4 (Tolima) y 7 (Caldas), respectivamente.

**Tabla 8.** Composición química de grano verde de las variedades arábica, cosecha 2017 (11 muestras de Castillo ® El Tambo, seis muestras de cada una de las otras variedades).

Variable	Unidades de medida	Castillo® El Tambo	Castillo® Pueblo Bello	Castillo® Naranjal	Cenicafé 1	Tabi
Lípidos	Promedio	10,34	10,25	9,47	9,60	11,02
	Desviación estándar	0,73	0,58	0,90	0,89	0,80
	Máximo	11,34	11,34	10,38	10,75	12,48
	Mínimo	9,03	9,78	8,30	8,45	10,33
Cafeína	Promedio	1,12	1,29	1,05	1,02	1,11
	Desviación estándar	0,04	0,03	0,09	0,07	0,05
	Máximo	1,18	1,32	1,20	1,14	1,19
	Mínimo	1,06	1,24	0,96	0,96	1,07
Trigonelina	Promedio	0,84	0,80	0,90	0,92	0,94
	Desviación estándar	0,07	0,01	0,03	0,03	0,05
	Máximo	0,95	0,82	0,94	0,96	1,00
	Mínimo	0,74	0,79	0,86	0,87	0,87
Ácido oxálico	Promedio	0,16	0,10	0,09	0,14	0,18
	Desviación estándar	0,05	0,03	0,05	0,03	0,05
	Máximo	0,21	0,13	0,15	0,16	0,23
	Mínimo	0,05	0,06	0,04	0,07	0,11
Ácido cítrico	Promedio	9,63	9,02	9,71	8,65	9,41
	Desviación estándar	0,66	0,88	1,27	0,44	0,70
	Máximo	10,35	9,92	11,80	9,18	10,21
	Mínimo	8,13	7,81	8,30	8,14	8,42
Ácido málico	Promedio	4,33	3,04	3,66	3,62	3,71
	Desviación estándar	1,00	0,68	1,04	0,95	0,84
	Máximo	6,16	3,78	5,12	4,91	4,98
	Mínimo	3,23	2,31	2,68	2,73	2,99
Ácido quínico	Promedio	4,12	4,07	3,56	3,26	3,72
	Desviación estándar	0,67	0,77	1,33	0,94	0,85
	Máximo	4,89	4,68	5,37	4,23	4,75
	Mínimo	2,80	2,66	2,31	2,24	2,28
Ácido succínico y/o glicólico	Promedio	0,57	0,53	0,76	0,66	0,71
	Desviación estándar	0,13	0,18	0,08	0,22	0,17
	Máximo	0,88	0,78	0,86	0,90	0,92
	Mínimo	0,44	0,35	0,67	0,38	0,44

Continúa...

...continuación.

Variable	Unidades de medida		Castillo® El Tambo	Castillo® Pueblo Bello	Castillo® Naranjal	Cenicafé 1	Tabi
Ácido acético	Promedio	g kg <sup>-1</sup>	3,91	3,25	4,63	5,06	3,83
	Desviación estándar		1,11	1,51	2,10	3,24	2,04
	Máximo		5,58	5,49	6,71	9,75	7,62
	Mínimo		2,34	1,37	2,12	2,13	2,21
Ácido palmítico	Promedio	Porcentaje de los lípidos	39,08	38,02	38,47	38,57	39,99
	Desviación estándar		1,91	2,08	2,20	1,76	1,91
	Máximo		43,33	41,03	42,88	40,72	42,83
	Mínimo		37,29	36,55	37,07	35,69	38,06
Ácido linoleico	Promedio	Porcentaje de los lípidos	37,68	38,20	36,39	35,54	34,66
	Desviación estándar		1,18	2,25	1,79	1,32	1,41
	Máximo		39,43	39,94	37,69	37,42	36,00
	Mínimo		36,12	35,27	32,83	33,44	32,91
Ácido oleico	Promedio	Porcentaje de los lípidos	12,02	11,99	11,62	11,88	12,09
	Desviación estándar		0,31	0,68	0,67	0,52	0,31
	Máximo		12,36	12,68	12,14	12,58	12,48
	Mínimo		11,35	10,95	10,32	11,09	11,73
Ácido esteárico	Promedio	Porcentaje de los lípidos	7,86	7,50	9,14	9,12	9,24
	Desviación estándar		0,33	0,55	0,56	0,43	0,41
	Máximo		8,34	8,21	10,09	9,55	9,92
	Mínimo		7,46	6,91	8,55	8,35	8,84
Ácido araquídico	Promedio	Porcentaje de los lípidos	3,99	4,29	4,82	4,78	4,95
	Desviación estándar		0,24	0,43	0,35	0,08	0,27
	Máximo		4,30	5,12	5,45	4,92	5,44
			3,48	3,98	4,58	4,68	4,79

**Tabla 9.** Contenido de ácidos clorogénicos, flavonoides, compuestos fenólicos, sacarosa del grano verde y calidad de variedades arábica, cosecha 2017 (11 muestras de Castillo® El Tambo, seis muestras de cada una de las otras variedades).

Variable	Unidades de medida	Castillo® El Tambo	Castillo® Pueblo Bello	Castillo® Naranjal	Cenicafé 1	Tabi	
Ácidos clorogénicos	%	Promedio	4,23	4,70	4,67	4,39	4,81
		Desviación estándar	0,26	0,24	0,35	0,45	0,25
		Máximo	4,73	4,90	5,59	5,41	5,38
		Mínimo	3,90	4,06	4,15	3,76	4,49
Compuestos fenólicos (ácido gálico)	g kg <sup>-1</sup>	Promedio	59,75	64,76	63,43	63,01	64,50
		Desviación estándar	3,83	2,46	3,47	3,59	3,03
		Máximo	66,26	72,87	74,93	70,37	73,85
		Mínimo	51,85	59,15	55,54	44,21	57,08
Flavonoides (catequina)	g kg <sup>-1</sup>	Promedio	85,16	86,35	86,16	84,85	84,38
		Desviación estándar	6,26	5,59	3,01	4,17	3,94
		Máximo	95,99	96,53	94,68	93,47	92,74
		Mínimo	81,26	83,18	86,67	83,10	82,86
Sacarosa	%	Promedio	7,27	7,74	7,19	7,75	7,49
		Desviación estándar	0,35	0,28	0,19	0,30	0,45
		Máximo	7,56	8,13	7,69	7,94	7,63
		Mínimo	6,85	7,48	6,78	7,59	6,73
Calidad sensorial	Puntaje SCA	Promedio	81,50	80,00	82,50	81,75	81,50
		Máximo	83,75	81,00	84,75	83,25	83,50
		Mínimo	79,25	79,25	80,25	80,25	80,00

**Tabla 10.** Características físicas y sensoriales del café reposado y sin defecto.

Tipo de café			Café reposado			Café sin defecto		
Variables		Unidades de medida	Promedio	Grupos	Desviación	Promedio	Grupos	Desviación
Físicas	Humedad almendra	%	11,81	a	0,24	11,95	a	0,43
	Grano decolorado		5,36	a	1,85	4,06	a	3,32
	Almendra sana		71,19	b	2,63	75,42	a	3,59
	Factor rendimiento en trilla	sin unidad	99,24	a	3,53	93,61	b	4,51
Sensorial	Calidad en taza	Puntaje SCA	53,14	b	0,36	81,37	a	1,11
Físico-químicas	Acidez	mg CaCO <sub>3</sub> /L	1.763,9	a	308,7	1.822,9	a	273,7
	pH	unidades	4,87	a	0,10	4,87	a	0,10
Químicas	Ácidos clorogénicos	%	4,49	a	0,57	4,60	a	0,59
	Lípidos		11,87	a	0,86	11,06	b	1,01
	Proteínas		5,37	a	0,45	5,20	a	0,30
	Ácido linoleico	% de los lípidos	36,34	b	1,37	37,43	a	1,27
	Ácido esteárico		7,89	a	0,38	7,36	b	0,48
	Ácido palmítico		40,28	a	1,00	40,02	a	0,86
	Ácido oleico		11,33	a	0,31	11,35	a	0,71
	Ácido araquídico		4,01	a	0,37	3,85	a	0,23
Enzimática	Polifenol-oxidasa	umol/seg	0,00017	a	0,00008	0,00019	a	0,00008
Micro-biológicos	Hongos	UFC	58.643	a	60.035	107.000	a	0,30
	Levaduras		8.429	a	26.404	31.133	a	0,00
	Bacterias mesófilas		18.571	a	40.765	64.700	a	0,00

\*Letras distintas indican diferencia estadística entre muestras con y sin defecto, según prueba de diferencia mínima significativa, al 5%.



### **ECO104005. Evaluación social y económica del Proyecto Gestión Inteligente del Agua-GIA metodología SROI.**

Mediante la aplicación de la metodología *Social Return On Investment* – SROI, se analizaron, cuantificaron y monetizaron los cambios generados por el Proyecto GIA en la microcuenca Edén-Bareño ubicada en el municipio de Aguadas, en el departamento de Caldas. Los resultados alcanzados se obtuvieron a partir de datos cuantitativos y cualitativos, a través de entrevistas a caficultores, técnicos especializados, investigadores de Cenicafé e información secundaria, con una relación de 5,06 entre el valor de los cambios identificados y el total de los recursos invertidos, es decir, por cada peso invertido en la ejecución de los seis planes de trabajo evaluados en el Proyecto GIA, el retorno en términos sociales, ambientales y económicos fue de 5,06 pesos colombianos. Este cálculo evidenció la importancia y rentabilidad de invertir en proyectos de conservación de recursos naturales acompañados de planes integrales que complementen aspectos sociales y económicos, los cuales inciden en el desarrollo productivo y comunitario de los cafeteros en Colombia.

Adicionalmente, dentro del Proyecto GIA se realizó un estudio sobre la viabilidad de implementar esquemas de pagos por servicios ambientales en las microcuencas del Proyecto, en el cual se identificaron las oportunidades del sector cafetero colombiano como ambiente propicio para la provisión de servicios ecosistémicos. Los resultados muestran que en la medida que se integren acciones de conservación con el sistema de producción podrán proporcionarse servicios como protección de microcuencas, captura de carbono, conservación de la biodiversidad y de suelos, belleza paisajística, polinización y fijación de nutrientes. Un mecanismo óptimo para integrar este tipo de acciones es la implementación de esquemas de Pago por Servicios Ambientales – PSA, como instrumento de compensación voluntaria entre las partes interesadas en la conservación ambiental. Para cada tipo de Servicio Ambiental se describen proyectos ejecutados bajo el esquema PSA o similares, en la zona cafetera colombiana tales como Paisaje Cultural Cafetero®, pago por servicios ambientales hídricos –PSAH, captura de carbono y los programas de cafés especiales, que sirven como mecanismo para incentivar la producción sostenible desde lo económico, social y ambiental.

## **Economía**

### **ECO102003. Evaluación de la viabilidad económica de prácticas agronómicas específicas en fincas de caficultores del Convenio IDRC.**

La variabilidad climática exige que el caficultor adapte su sistema de producción de café para minimizar los riesgos, en ese sentido, la adopción de tecnologías y prácticas agronómicas recomendadas a través de la estrategia FNC Más Agronomía más Productividad, busca mejorar la rentabilidad del caficultor y hacer frente a las variaciones de clima.

Mediante un convenio suscrito con el Centro de Investigación Internacional de Desarrollo de Canadá-IDRC, en fincas de los municipios de Salamina en el departamento de Caldas, y Balboa y Santuario en el departamento de Risaralda se implementaron prácticas de adaptación de la caficultura. Las fincas se seleccionaron con base en información del SICA y del Servicio de Extensión de lotes renovados con variedades resistentes. Las prácticas se monitorearon y evaluaron considerando los aspectos agronómicos, económicos, sociales y ambientales. Mediante la adopción e implementación de las prácticas, los objetivos principales fueron:

1. Incrementar la productividad del cultivo del café a través de: implementación de densidades de siembra mayores, renovación con variedades resistentes a enfermedades, recuperación de sitios perdidos y fertilización con base en el análisis de suelos. Los

resultados obtenidos con estas adopciones fueron: incremento de la producción de café entre 13% y 43%; aumento de los ingresos netos por mayor producción, con valores entre uno y dos millones de pesos anuales adicionales por hectárea; los cultivos mostraron un mayor vigor vegetativo y potencial productivo.

2. Lograr una mayor capacidad de respuesta del cultivo a eventos climáticos por medio del establecimiento de sistemas agroforestales, manejo integrado de arvenses, manejo y conservación de suelos y siembra de cultivos intercalados y asociados.
3. Alcanzar importantes avances en el empoderamiento del caficultor y su familia en la protección de los recursos naturales como agua y suelo, además de contribuir a la seguridad alimentaria con el establecimiento de cultivos intercalados como maíz y en asocio como plátano.

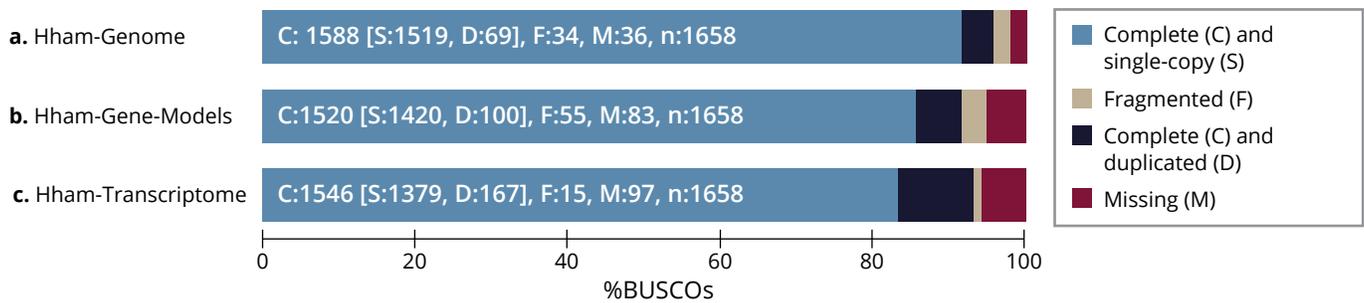
## Entomología

**ENT104008. Ensamble del genoma de la broca del café e identificación de genes de interés para el control del insecto.** El genoma de la broca del café (163 Mb) fue ensamblado utilizando secuencias provenientes de librerías genómicas Illumina y FLX-454 a partir de hembras y machos (Figura 7). Este ensamble fue constituido por 8.142 fragmentos genómicos, N50: 383 Kb siendo el más largo de 4,9 Mb. Adicionalmente, el transcriptoma de la broca (~30 mil transcriptos) fue ensamblado utilizando secuencias provenientes de librerías de ARN Illumina, FLX-454 y Sanger de diversos estados de vida. A partir del genoma de referencia se identificaron 17.295 genes modelo utilizando transcriptos, homología a proteínas y predicción de genes *ab initio*. Cerca de 16.665 genes fueron anotados funcionalmente. La identificación de algunas familias de genes de interés en broca permitió detectar el repertorio de proteínas quimosensoriales compuesta por 52 receptores de olor (ORs), 20 receptores gustativos (GRs), 41 receptores ionotrópicos (IRs) y 25 proteínas de unión a olores (OBPs). Un análisis *in silico* (RNAseq) de la



expresión de algunos genes codificantes para ORs, GRs, IRs y OBPs sugiere la existencia de expresión diferencial entre hembras y machos de broca que pueden estar relacionados con diferencias biológicas entre sexos y búsqueda de la planta de café. La identificación de blancos fisiológicos candidatos para estrategias de control generó la detección de 120 receptores GPCR relacionados con diversos procesos biológicos. Entre ellos, 30 GPCRs de broca son ortólogos a GPCRs en otros insectos identificados como blancos para el desarrollo de futuros insecticidas. Adicionalmente, fueron identificados 155 genes para citocromo P450 (CYP450s) y 29 glutatión S-transferasas (GSTs), familias de genes generalmente asociados con resistencia a insecticidas. Otras familias de genes asociadas con procesos de digestión de compuestos del grano del café también fueron identificadas. A nivel genómico se detectaron diferencias entre machos y hembras. Cerca de 76,5 Kb fueron identificadas como secuencias genómicas específicas de macho y podrían representar el cromosoma. En ellas, fueron identificados genes candidatos relacionados con procesos de modificación de histonas, fosforilación y ubiquitinación que podrían estar involucrados en la heterocromatización del set genómico paterno en el macho. Estos hallazgos son claves en el entendimiento de la determinación sexual en la broca y su posible aplicación en control del insecto.

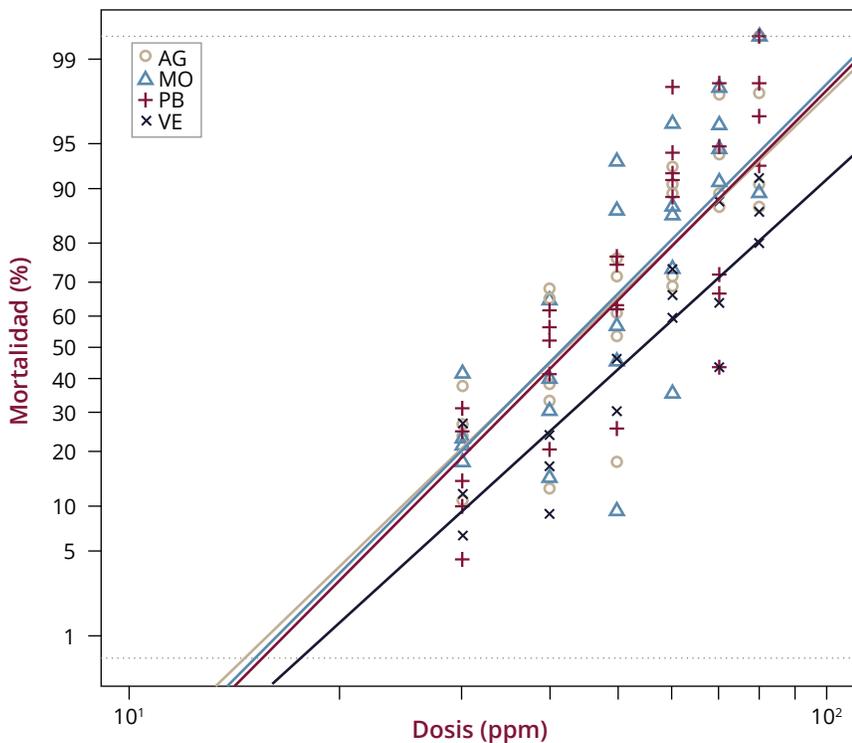
**ENT105010. Selección y caracterización genética de líneas de broca con resistencia al insecticida clorpirifos.** Esta investigación tiene como fin seleccionar y caracterizar líneas de broca de referencia



**Figura 7.** Nivel de completitud del ensamblaje del genoma de la broca del café. La completitud del **a.** genoma, **b.** genes modelos y **c.** transcriptoma fue evaluada por la herramienta BUSCO mediante identificación del set de genes conservados en la clase Insecta.

para el desarrollo de herramientas de diagnóstico y monitoreo de resistencia al insecticida clorpirifos. Se seleccionó una línea de broca susceptible, denominada PB, la cual proviene de una región de Colombia donde no se han usado insecticidas. Para la selección de una población resistente de referencia, se establecieron crías de laboratorio (líneas AG, MO y VE) con brocas recolectadas en tres localidades cafeteras del país, donde el uso de insecticidas ha sido frecuente dados los altos niveles de infestación por broca. Mediante la evaluación de diversos rangos de concentración de clorpirifos (5 a 250 ppm) se diseñó un bioensayo para la estimación de concentraciones letales (CL) a través de análisis

Probit de mortalidad-dosis. Con este bioensayo se estableció la concentración letal media de clorpirifos para la población susceptible PB (CL50 = 43,6 ppm, 95% CI: 40,8 – 46,7 ppm) mediante exposición a superficies tratadas (discos de papel filtro en cajas de petri) con siete concentraciones del insecticida, una de 0 y seis entre 30 y 80 ppm, y lecturas de mortalidad a las 24 horas (Tabla 11). Con el fin de conocer el nivel de resistencia inicial en las líneas de broca AG, MO y VE antes del proceso de selección, grupos de >1.000 individuos de cada población se sometieron al bioensayo para estimación de CL. Las CL estimadas para AG (CL50 = 42,99 ppm, 95% CI: 40,14-46,04), MO (CL50 = 42,18 39, 95% CI: 34-45,22) y VE (CL50 = 54,67, 95%CI: 50,08-59,68) indican que no habría resistencia en las dos primeras dada la similitud con la línea susceptible PB (Factor de Resistencia; FR ≤ 1); sin embargo, se detecta un nivel relativo superior en VE (FR = 1,25) (Figura 8). Con estas líneas de broca se dio inicio al proceso de selección de individuos resistentes mediante la aplicación del primer ciclo de selección con la concentración CL50 (43,6 ppm) de referencia. Los sobrevivientes de esta aplicación se encuentran bajo cría, con el fin de usar sus progenies en los siguientes pasos de selección con dosis de clorpirifos mayores, hasta CL99.



**Figura 8.** Análisis Log-Probit para mortalidad-dosis en las líneas de broca PB (referencia susceptible), AG, MO y VE sometidas a seis diferentes concentraciones (30 a 80 ppm) de clorpirifos. Los símbolos corresponden a las mortalidades registradas en cada concentración. Las líneas corresponden a la regresión lineal Probit estimada para cada población.

**Tabla 11.** Concentraciones letales estimadas por el análisis Log-Probit para mortalidad-dosis con clorpirifos.

Población	Total indiv. <sup>§</sup>	Pendiente ( $\pm$ SE) <sup>&amp;</sup>	CL50 ppm (95%CI) <sup>#</sup>	CL99 (95%CI) <sup>#</sup>	X2(p) <sup>+</sup>	FR50 <sup>§</sup>
PB	1.987	5,62 ( $\pm$ 0,015)	43,63 (40,79-46,66)	133,26 (124,6-142,52)	0,373*	1,000
AG	1.909	5,46 ( $\pm$ 0,015)	42,99 (40,14-46,04)	122,49 (114,36-131,19)	0,186*	0,985
MO	1.889	5,43 ( $\pm$ 0,015)	42,18 (39,34-45,22)	122,95 (114,67-131,82)	0,043	0,967
VE	1.016	5,32 ( $\pm$ 0,019)	54,67 (50,08-59,68)	164,77 (150,94-179,87)	0,069*	1,250

<sup>§</sup>Total individuos incluidos en el bioensayo. <sup>&</sup>Pendiente y error estándar (SE) de la ecuación de regresión lineal Probit. <sup>#</sup>Limites de confianza al 95%. <sup>+</sup>Significancia Chi<sup>2</sup> (X<sup>2</sup>). \*No significancia (p>0.05) indica que los datos se ajustan a la regresión. <sup>§</sup>Factor de resistencia a CL50, FR = CL50<sup>Pop</sup>/CL50<sup>Ref</sup>.

**ENT107010. Generación de mapas de vulnerabilidad para el daño causado por la broca del café.** Con el fin de conocer las áreas de café de mayor vulnerabilidad a la broca del café en Colombia, se generaron mapas para el número potencial de generaciones de la plaga para los departamentos de Antioquia (Figura 9) y Valle del Cauca (Figura 10) para los años El Niño (2015) y Neutro (2012). Para esto se determinó el comportamiento de la temperatura en las zonas cafeteras de los dos departamentos; la distribución de isotermas entre < 20°C a >21°C (Tabla 12) permiten establecer las áreas aptas para el aumento de las poblaciones de broca, lo que se traduce en un mayor número de generaciones, pasando de dos a tres generaciones para 120 días a partir del inicio del período crítico. Con el fin de mejorar la precisión de los mapas, se ajustó el modelo matemático de infestación de broca en función del número de unidades térmicas acumuladas. Para esto se procedió a realizar la biología y tabla de vida de fertilidad del insecto en condiciones térmicas constantes de 16°C y 34°C (Tabla 13). Solo en la temperatura de 16°C se completó el ciclo, dado que en la otra temperatura se presentó mortalidad del 100% desde el estado larval. La tabla de vida de fertilidad solo se pudo construir con la temperatura de 16°C, obteniéndose los parámetros demográficos del insecto (Tabla 14). Para la temperatura de 34°C se registraron posturas por parte de las hembras durante 20 días, pero no hubo desarrollo de larvas.

**ENT104001. Capacidad embriogénica y generación *in vitro* de plantas de híbridos de líneas *C. arabica* variedad Castillo® x etíopes.** Este experimento se realizó con 42 híbridos provenientes de cruzamientos de tres líneas de *C. arabica* variedad Castillo® x diez introducciones Etíopes de *C. arabica*. Los resultados de evaluación de regeneración en condiciones de laboratorio (capacidad embriogénica, número de plantas regeneradas), además de las características agronómicas en el campo de los híbridos (alta producción acumulada, excelente calidad y menor susceptibilidad a la broca del café), permitieron la selección de 14 genotipos con el fin de reproducir a mayor escala.

Con los 14 híbridos se sembraron 1.360 nuevos explantes y se está generando tejido embriogénico y plántulas para ser llevadas al campo y ser evaluadas en diferentes condiciones ambientales. En seis de los 14 genotipos se cuenta con al menos 100 embriones y plántulas, y en dos de los híbridos se cuenta con 300. Adicionalmente, plantas provenientes de cultivo *in vitro* de los híbridos: CU1842xE286, CX2385xE554, CX2385xE286 y CX2848xE554 y la línea control CX2848, junto con plantas provenientes de semilla de Variedad Cenicafé 1 y Variedad Castillo® Naranja, fueron trasplantadas al campo en la Estación Experimental La Catalina, en Pereira-Risaralda (Figura 11). La siembra de las plantas se hizo siguiendo un diseño de bloques al azar, con

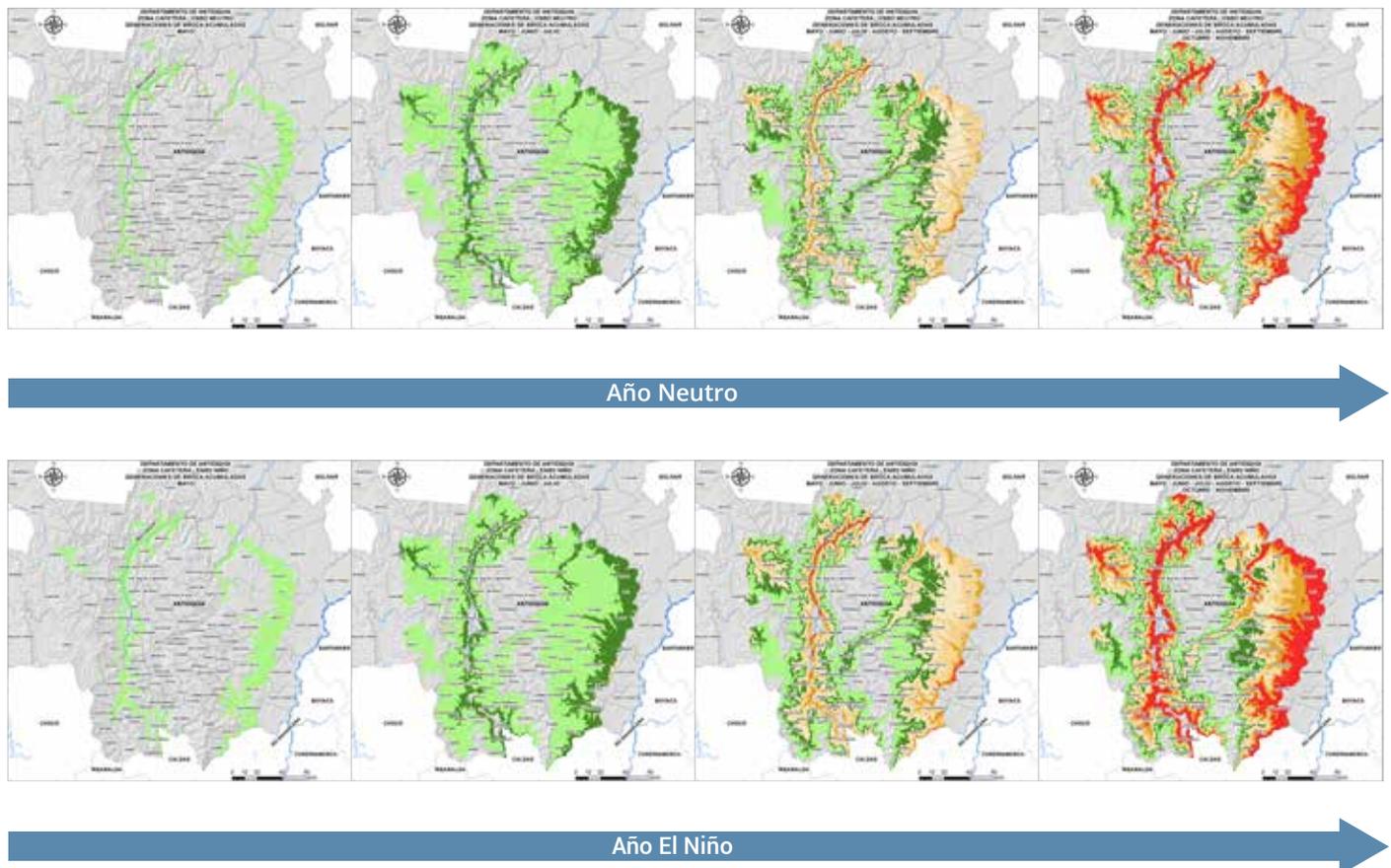
**Tabla 12.** Distribución porcentual del área de café sembrada en los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca en escenarios climáticos Neutro y El Niño en tres rangos de isotermas.

Departamento	Escenario climático	Distribución porcentual del área de café sembrada por isotermas		
		<20°C	20-21°C	> 21°C
Antioquia	El Niño	43%	47%	10%
	Neutro	70%	20%	10%
Valle del Cauca	El Niño	49%	46%	4%
	Neutro	81%	15%	4%

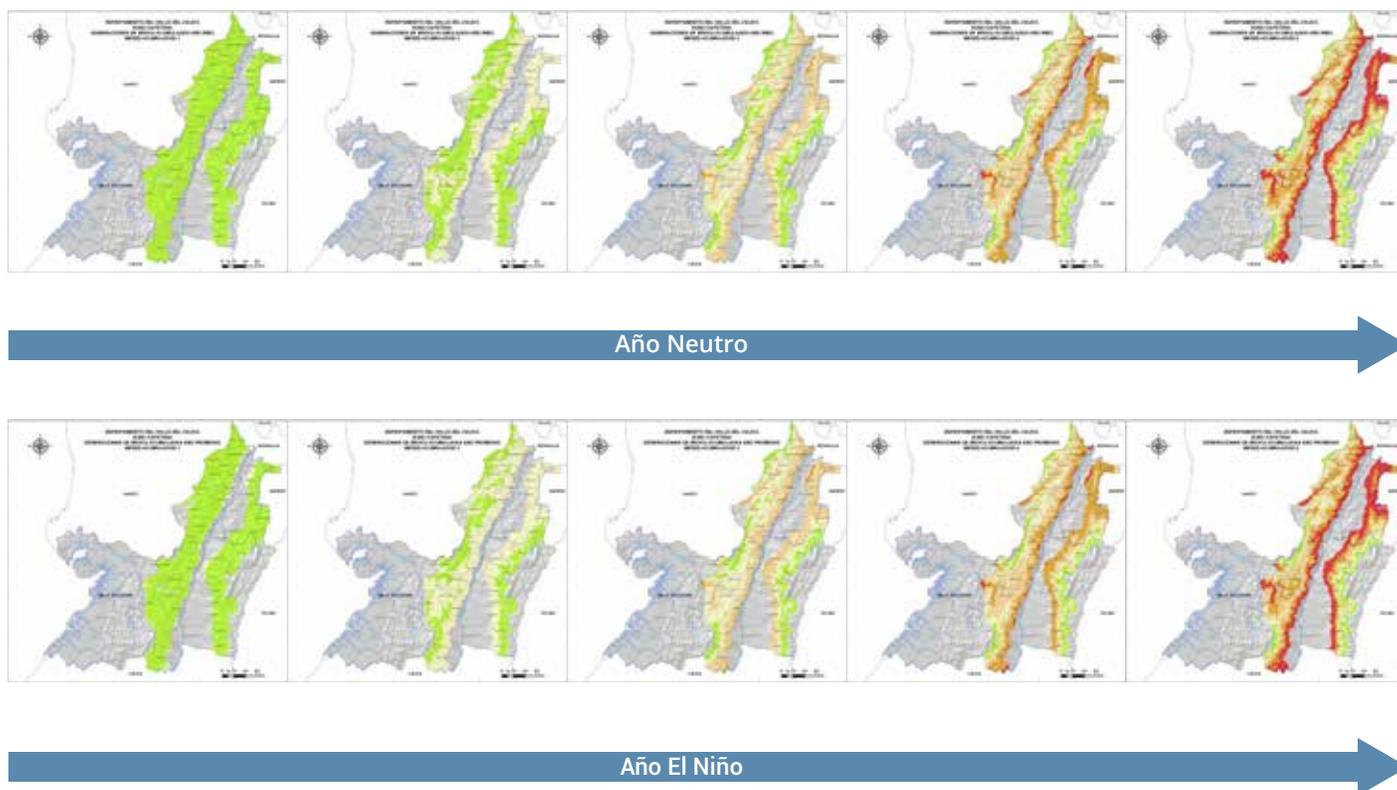
**Tabla 13.** Desarrollo medio (LI-LS) y sobrevivencia de huevos, larvas, pre-pupas, pupas y adultos de *Hypothenemus hampei* en dieta artificial en dos temperaturas constantes, 65±10% H.R. y 24-h de escotofase.

Estado de desarrollo	16°C			34°C		
	N	Duración media días (LI-LS*)	Sobrevivencia %	N	Duración media días	Sobrevivencia %
Huevo	600	21,27 (21,18-21,36)	74	600	5,8 (5,7-5,9)	23
Larva	443	33,01 (32,83-33,18)	60	138	-	-
Prepupa	360	30,91 (30,75-31,08)	45	-	-	-
Pupa	272	26,69 (26,47-26,91)	41	-	-	-
Adulto	245	112,02 (111,79-112,26)	40	-	-	-

\*LI: Límite inferior LS: Límite superior.



**Figura 9.** Número potencial de generaciones de *Hypothenemus hampei* en el departamento de Antioquia en escenarios El Niño y Neutro, a partir del mes de mayo, tomando como base el inicio del período crítico por ataque de broca para la cosecha principal (>120 días después de floración).



**Figura 10.** Número potencial de generaciones de *Hypothenemus hampei* en el departamento del Valle del Cauca, en escenario Neutro y El Niño. Tomándose como inicio del período crítico 120 días después de floración.

**Tabla 14.** Valores medios de los parámetros (95% CI) de la tabla de fertilidad de *Hypothenemus hampei* a 16°C, en frutos de café pergamino variedad Castillo®. 65%±10% HR y 24-h escotofase.

Parámetro	Media (95% IC)
$R_0$	13,32 (2,83–18,77)
$r_m$	0,015 (0,006–0,025)
T	166,25 (137,5–189,9)
$\lambda$	1,02 (1,01–1,03)
DT	44,5 (27,9–62,5)

$R_0$  = Tasa reproductiva neta,  $r_m$  = Tasa intrínseca de crecimiento, T = Tiempo generacional,  $\lambda$  = Tasa finita de aumento, DT= Tiempo de duplicación. Parámetros calculados con análisis bootstrap (10.000 repeticiones).

siete repeticiones. En cada bloque están distribuidos los siete genotipos o tratamientos a evaluar en forma aleatoria. Se está evaluando el desempeño y características agronómicas de estos híbridos. Hasta el momento los híbridos han mostrado un mayor desarrollo con respecto a la línea CX2848, variedad Cenicafé 1 y Castillo® Naranjal. Con el fin de evaluar la susceptibilidad a la broca, se zoquearon en la

Estación Experimental Naranjal, plantas de seis años de edad correspondientes a las líneas maternas: CU1842, CX2385 y CX2848; los parentales etíopes: E286 y E554 y los cruzamientos: CX2848xE554, CU1842xE286, CX2385xE554, CX2385xE286. Se realizarán infestaciones artificiales con brocas usando mangas entomológicas para determinar la población de broca por genotipo, al cabo de 60 días. Se esperará la aparición de los primeros frutos para esto.

**ENT104002. Generación de una variedad de café con resistencia a la broca mediante modificaciones 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 transformadas con genes aislados de *Coffea liberica* correspondientes a patatina (enzima lipolítica acyl hidrolasa), gen Kunits y gen heveina, estos al expresarse constitutivamente en la planta, podrían conferir resistencia a la broca del café y al minador de la hoja de café. La regeneración de estos materiales se obtuvo entre el 2013 y el 2014. En el 2018 se continuó el mantenimiento e incremento de plantas para generar líneas clonales de estos genotipos y la identificación de la presencia de los genes de interés. Se cuenta con plantas madres CX2178, posiblemente



**Figura 11.** a. Híbridos provenientes de cultivo de tejido en invernadero, 6 meses de edad; b. Plantas llevadas al campo a la Estación Experimental La Catalina, a los 7 meses de edad; c. Trasplante de las plantas y estado a los 4,5 meses de realizarse la siembra.

transformadas con el gen de patatina y por cultivo de microestacas se han regenerado 30 plantas. Adicionalmente, se cuenta con plantas conteniendo el gen de Kunits-Miraculina (13) y del gen de Heveina (39). Tanto para el gen patatina como para el de Kunits existen regiones genómicas conteniendo genes parálogos, por lo tanto, la amplificación de los genes introducidos ha sido compleja. Durante este año se realizaron nuevas extracciones de DNA de las plantas de interés y se ha venido trabajando en el diseño de *nuevos primers* y condiciones de amplificaciones de PCR con el fin de seleccionar las plantas transformadas. Se mantienen tres líneas élites transformadas con los genes de quitinasas: endoquitinasa y exoquitinasa. Estas líneas son diferentes a las obtenidas previamente con el genotipo BI625. Se cuenta con plántulas de café *in vitro*, transformadas con el gen endoquitinasa: en total 16 plantas de las líneas 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, 45 en total. Además, se cuenta con 18 plantas transformadas con la proteína GFP (proteína verde fluorescente) de la línea CU1997 y 15 plantas controles.

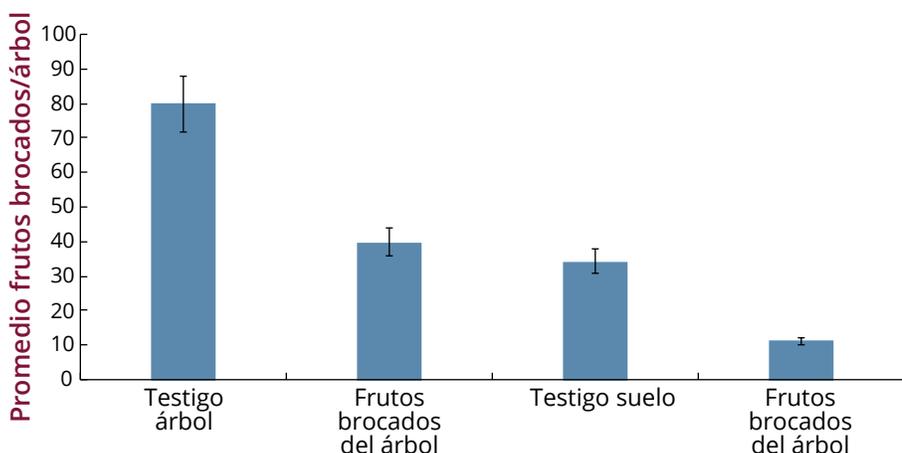
**ENT 103012. Evaluación de la capacidad depredadora de *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena* (Coleoptera: Silvanidae) sobre la broca del café en el campo.** La broca del café es difícil de controlar debido a que su ciclo de vida transcurre dentro de los frutos de café donde se encuentra protegida. Una alternativa es el control biológico mediante el aumento de depredadores capaces de disminuir las poblaciones de broca al interior de los frutos en el campo. Para esto se evaluaron los depredadores *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena* (Figura 12) en la Estación Experimental Paraguaicito (Montenegro, Quindío), los cuales mostraron eficacia en el control de broca

en el laboratorio. Las unidades de trabajo estuvieron conformadas por un árbol de café productivo, encerrados con jaula entomológica. En cada árbol se ubicaron 50 granos de café infestados con broca, por 20 días, colgados de una rama o colocados sobre el suelo. Por cada tratamiento se tuvieron 15 repeticiones y un testigo, con igual número de granos de café brocados, pero sin depredadores. Se liberaron 150 adultos del depredador utilizando una proporción de tres depredadores por grano, evaluando la población de broca y la infestación en el árbol, 50 días después de la liberación. A través de un análisis de varianza al 5% se determinó que hubo diferencias estadísticas entre tratamientos en el número de estados de broca vivos. La prueba de Dunnett al 5% mostró que los adultos de *C. quadricollis* disminuyeron los niveles de infestación de broca en los frutos del árbol en un 50,1% cuando los granos se colgaron de las ramas del árbol y en un 67,3% cuando se dispusieron en el suelo (Figura 13). La especie *A. advena* logró disminuir la infestación de broca en los frutos del árbol en un 70,1% cuando los granos brocados estaban en las ramas del árbol y en un 76,4% cuando se colocaron en el suelo (Figura 14). Estos depredadores son especies potenciales para ser incluidos dentro de una estrategia de manejo integrado de la broca del café. Por su capacidad de entrar por las galerías que hace la broca del café en los frutos brocados, se evaluó el potencial de estas dos especies de depredadores para transportar esporas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. Se seleccionó una cepa del hongo que no afecta adultos de *A. advena*, 10 días después de inoculados. Según estos resultados se evaluarán estos dos enemigos naturales de la broca en el campo.

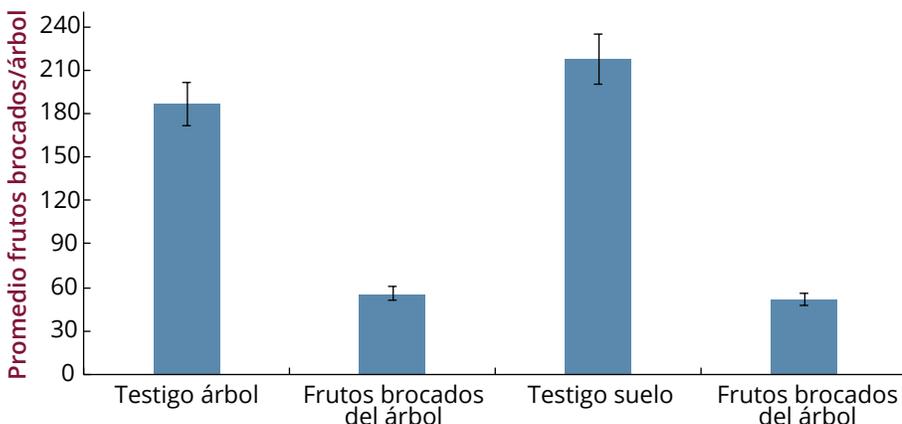
**ENT103002. Desarrollo de un producto natural para el control de la broca.** Con el propósito de desarrollar un producto natural eficaz y ambientalmente seguro para el control de la broca



**Figura 12.** Depredadores de la broca del café evaluados en café pergamino seco brocado. **a.** *Cathartus quadricollis*. **b.** *Ahasverus advena* depredando estados biológicos de broca.



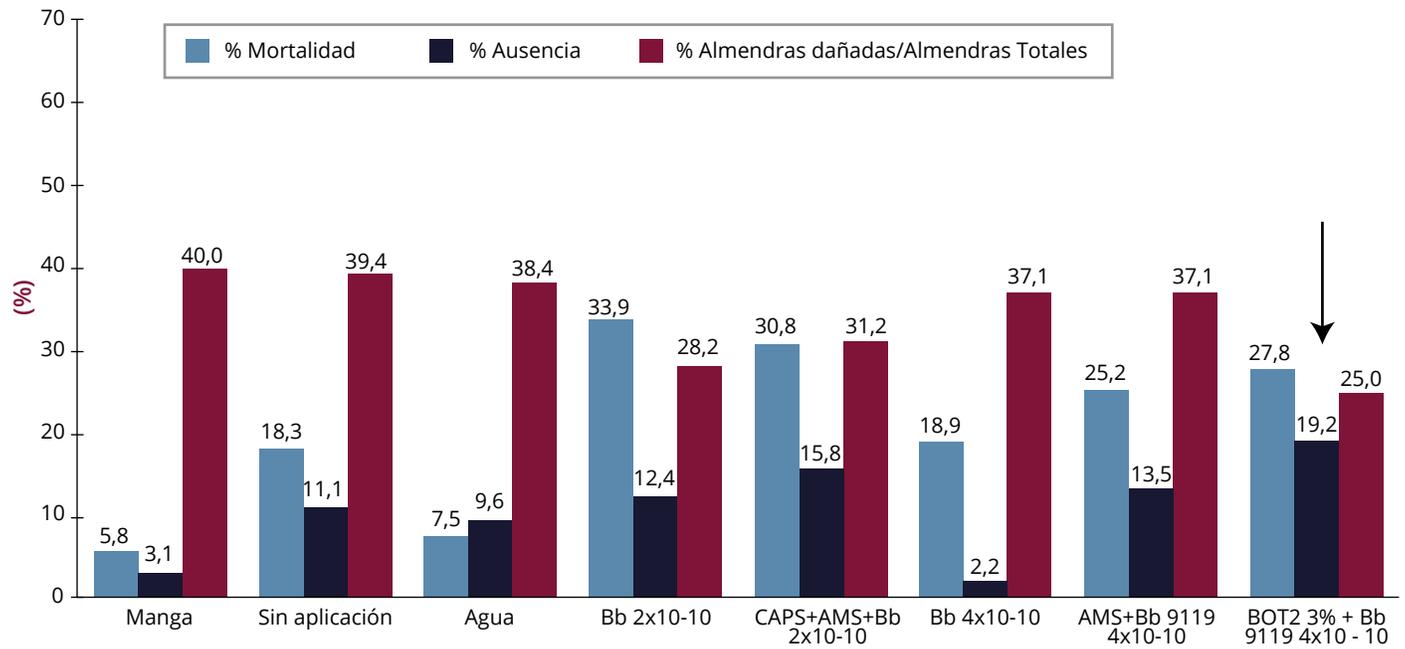
**Figura 13.** Disminución del nivel de infestación de broca en el árbol liberando el depredador *Cathartus quadricollis* en una proporción de 3 depredadores por grano brocado.



**Figura 14.** Disminución del nivel de infestación de broca en el árbol liberando el depredador *Ahasverus advena* en una proporción de 3 depredadores por grano brocado.

del café, a partir de la combinación de hongos entomopatógenos y extractos botánicos, se evaluaron las interacciones entre los componentes y el efecto en la broca del café en condiciones de laboratorio y en el campo. La variable de respuesta fue el daño causado por el insecto a la semilla. Las evaluaciones de laboratorio indicaron que el tratamiento que presentó alta mortalidad, repelencia y protección de la semilla fue el hongo Bb 9119  $4 \times 10^{10}$  esporas por litro junto con el BOT2 al 3%. Las evaluaciones pos-infestación o de tipo curativo: infestando artificialmente frutos tanto en el laboratorio como en el campo en mangas entomológicas, indican que este mismo tratamiento mostró menor daño de las semillas por la broca del café (protección del 75 al 80%). Las evaluaciones en condiciones de laboratorio del efecto preventivo de la aplicación del hongo más el BOT2 al 3%, no mostraron diferencias con el uso del hongo solo. En los dos casos la disminución en el daño fue de 30%. Al evaluarse en el campo este efecto preventivo, se corroboraron los resultados de laboratorio (Figura 15). Se evaluó el efecto de dejar en almacenamiento las esporas del hongo junto con el BOT2, se observó que luego de 60 días el botánico al 3% afecta la viabilidad de las esporas. La evaluación en el laboratorio de Bb9119  $4 \times 10^{10}$  esporas por litro mezclado con dos concentraciones de BOT2 (2% y 3%) no mostró diferencias entre sí, por lo tanto, se podría disminuir la concentración del botánico.

**ENT105001. Evaluación de trazas de pesticidas en la producción de café en Colombia.** Esta investigación tuvo como fin determinar si con las recomendaciones de manejo químico definidas por Cenicafé para problemas fitosanitarios,



**Figura 15.** Porcentaje de mortalidad de la broca, ausencias y almendras dañadas causadas por las combinaciones de hongo *Beauveria bassiana* y extractos botánicos. La flecha indica el tratamiento que muestra diferencias significativas con respecto a los demás.

en el café verde supera los Límites Máximos de Residuos de Pesticidas (LRM) permitidos por Estados Unidos, Europa y Japón. Se seleccionaron lotes productivos en las Estaciones Experimentales Naranjal (Caldas), La Catalina (Risaralda) y Paraguaicito (Quindío) y en las fincas Maracay y el Agrado (Quindío). Los lotes se dividieron en parcelas con similar número de árboles y fueron asignados a los tratamientos de manera aleatoria en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, más un testigo (sin aplicación), cada pesticida se evaluó en tres lugares para un total de 12 repeticiones. Se incluyeron algunos pesticidas no recomendados por Cenicafé, pero usados por caficultores. Se evaluaron: clorpirifos, tiametoxam, clorantropilprole, cipermetrina, spiromesifen, cyproconazol, pyraclostrobin, flutiafol, carbendazim, oxyfluorfen, glifosato, glufosinato de amonio, 2,4 D amina y diuron. Se respetó el período de carencia (PC) en todos los productos usados. En cada lugar, la cosecha se realizó el mismo día y se envió a la Estación Experimental Naranjal para beneficio vía húmeda con agua de acueducto y secado en marquesinas. Las muestras de café verde se conservaron a -20°C hasta el envío para el análisis de residuos. Los resultados mostraron que cuando los pesticidas evaluados son manejados de acuerdo a las indicaciones de Cenicafé, respetando el PC, no se superan los niveles máximos de residuos establecidos en café verde.

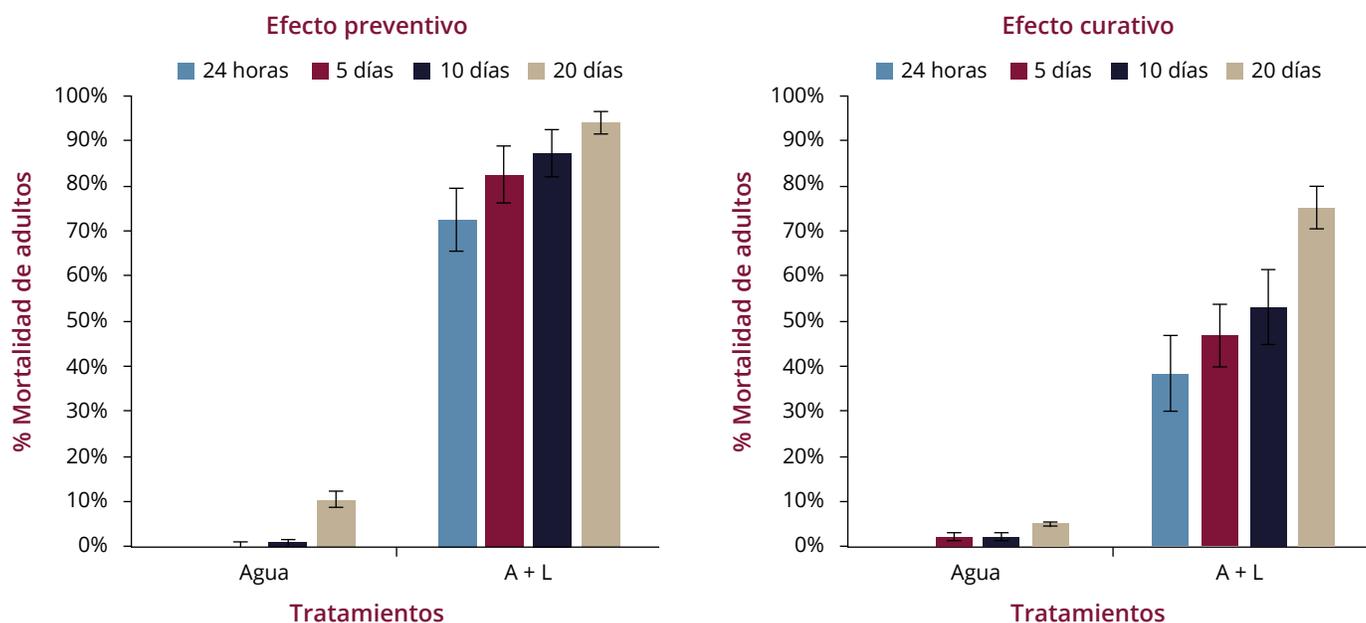
**ENT102003. Evaluación de microencapsulados para ser usados en el control de la broca del café.** Con el objetivo de desarrollar productos bioracionales microencapsulados para el control de la broca del café se elaboraron varios prototipos de formulados en los que se combinan microcápsulas y emulsiones de cafeína. Se evaluó la eficacia sobre la broca mediante pruebas de aspersiones pre-infestación (efecto preventivo) y pos-infestación (efecto curativo) empleando frutos de café. Estas pruebas permitieron seleccionar tres prototipos que ocasionaron mortalidades de broca cercanas al 90% en efecto preventivo y del 70% en los ensayos de efecto curativo (Figura 16). Se continuarán mejorando los prototipos para que las formulaciones sean seguras dentro de la estrategia del manejo integrado de la broca del café. Adicionalmente, entre las nuevas estrategias de manejo de la broca del café que comienzan a validarse, está el uso de compuestos volátiles que puedan utilizarse como repelentes del insecto. Previamente se había determinado, en estudios de olfatometría, el efecto repelente del sesquiterpeno β-cariofileno sobre la broca del café; se evaluó este efecto usando 2.000 ppm, al colocarlo en un papel filtro o en un sistema de coloidosomas-gel en medio de frutos de café y se realizaron infestaciones con brocas adultas (Figura 17a y 17b), observándose disminución de los porcentajes de

infestación de frutos (Figura 17b). Además, en el campo se evaluó el efecto de protección en árboles de café, de geles de  $\beta$ -cariofileno microencapsulado (Figura 18a), donde los árboles fueron infestados artificialmente con frutos brocados dejados en el suelo. Los árboles con geles de cariofileno mostraron entre 33% y 45% menos infestación que los árboles sin los geles repelentes (Figura 18b). Este compuesto se convierte en promisorio para ser evaluado en plantaciones comerciales dentro del manejo integrado de la broca.

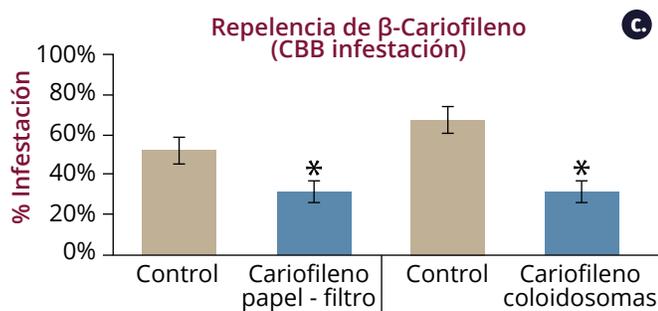
**ENT107005. Evaluación de equipos y tecnologías de aspersión en el control de plagas en el cultivo del café.** El objetivo de esta investigación es tener tecnologías de aspersión que permitan una calidad física de aspersión igual o superior a los equipos tradicionales y menores consumos de agua, producto y mano de obra. Fueron evaluados un dron agrícola y preliminarmente los equipos eléctricos de espalda Royal Cóndor (RCE) y Jacto, acondicionados con boquillas de baja descarga a diferentes presiones. Al dron agrícola, con diferentes configuraciones del equipo, se le evaluó la cobertura que se alcanza en los árboles de café. Los resultados más relevantes con el dron muestran que las boquillas de cono hueco ofrecen mayor densidad de gotas que las boquillas de cortina, pero estas permiten mayor porcentaje de área cubierta, los resultados confirman trabajos anteriores en que la aspersión puede penetrar a los diferentes estratos productivos del árbol. La

velocidad de vuelo que permite mayor densidad de gotas y porcentaje de área cubierta en las tarjetas es entre 1 y 3 m seg, con las boquillas TX6 y TJ11001STD a 5 m seg también se logran cubrimientos apropiados. Otros resultados mostraron que la altura de vuelo afecta el cubrimiento en el árbol por dispersión de las gotas y ancho de faja. Se encontró que en cafetales de cuatro años hay buena penetración dentro del árbol. Con los equipos eléctricos se calculó el volumen que llega al árbol y la mortalidad de broca, aplicando clorpirifos a razón de 6 cc L<sup>-1</sup>. Se evaluaron cinco tratamientos: equipo RCE con boquilla TX3 a 45 PSI y 212 cc min<sup>-1</sup>; RCE con TX2 a 55 PSI y 140 cc min<sup>-1</sup>; Jacto con boquilla TX2, posición de aspersión 3 y descarga de 95 cc min<sup>-1</sup>; RCE con boquilla graduable de media descarga a 50 PSI para 450 cc min<sup>-1</sup> (TR) y un testigo absoluto. Los resultados mostraron para los tratamientos volúmenes por árbol de: 34,0; 29,5; 26,0 y 69,5 cc, respectivamente, equivalentes a 170, 147, 130 y 347 L ha<sup>-1</sup>; la mortalidad de la broca no presentó diferencias entre los volúmenes de aplicación 34,0, 29,5 y 69,5. Estos resultados permiten concluir que existen equipos eléctricos que descargan menores volúmenes de mezcla insecticida sin afectar la eficacia en el campo.

**ENT107006. Generar sistemas de alertas tempranas para los problemas fitosanitarios y floración. Validación del manejo integrado de la broca del café en el Huila.** El café es el principal producto agrícola de exportación de

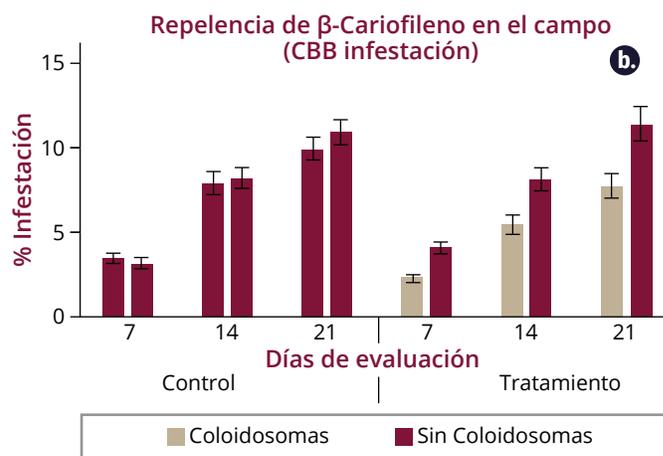


**Figura 16.** Porcentaje promedio de mortalidad de adultos de broca evaluado a los 1, 5 y 20 días después de la infestación. Efecto preventivo y curativo de prototipos de microcápsulas y emulsiones de cafeína.



**Figura 17.** a. Papel filtro con  $\beta$ -cariofileno en medio de 30 frutos de café verde. b. Sistema de coloidosomas con  $\beta$ -cariofileno en medio de 30 frutos de café verde. c. Porcentaje de broca que perforaron los frutos de café (Promedio  $\pm$  EE; n = 60 por cada repetición). El asterisco indica diferencia significativa del 50% respuesta (95% Prueba LSD: P < 0,05).

Colombia, siendo el Huila el mayor proveedor. La plaga más limitante es la broca de café. Como parte del proyecto “Generar sistemas de alertas tempranas para los problemas fitosanitarios y floración en el Huila”, el objetivo de este trabajo fue validar en el campo las estrategias de control usadas en el manejo integrado de la broca. Para esto, se tomó un lote de café en el municipio de Pitalito y se dividió en cuatro parcelas experimentales, correspondiendo a los siguientes tratamientos: T1 Control biológico con el uso del hongo *Beauveria bassiana*, T2 Control químico, T3 Control cultural y T4 Testigo manejo implementado por el agricultor. El control cultural consistió en la cosecha oportuna y en el repase con recolección



**Figura 18.** a. Ensayo de repelencia del sistema de coloidosomas con  $\beta$ -cariofileno sobre árboles de café en el campo en condiciones controladas. b. Porcentaje de infestación por broca en los árboles de café por tratamiento (Promedio  $\pm$  EE; n = 20 por cada repetición). Control: dos árboles sin repelentes. Tratamiento: un árbol sin repelente y el opuesto con los geles conteniendo el repelente.

de frutos del suelo asistidas con dispositivos “canastillas”. Se evaluó la infestación de broca en el campo y en café pergamino seco, por medio de un muestreo aleatorio simple. No hubo diferencias significativas del nivel de infestación de broca en el campo entre las estrategias de manejo evaluadas (P < 0,05) (Figura 19), excepto en el mes de noviembre, una vez finalizó la cosecha principal, a favor de T3. De manera consecuente, se encontraron diferencias significativas en la infestación en café pergamino seco (P < 0,05) (Figura 20). Cuando se implementó el control cultural se registró en el campo una reducción del 76% de la infestación por broca y del 54% en café pergamino, comparado con T4 - manejo del agricultor. Esta investigación permite recomendar el control cultural, en el manejo integrado de la broca, como la mejor estrategia de control, así mismo, transferir estos resultados a los caficultores de Huila.

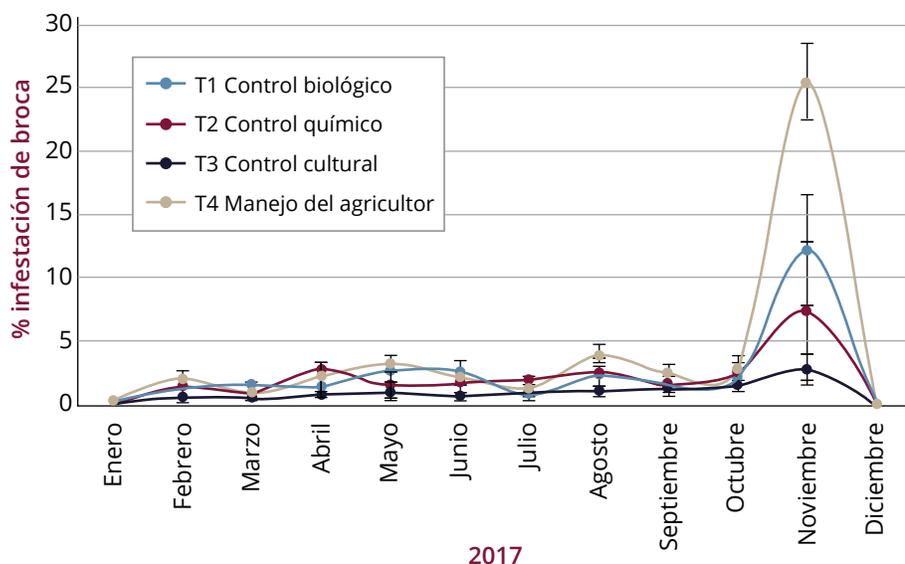


Figura 19. Comparación de la infestación de la broca en el campo entre tratamientos.

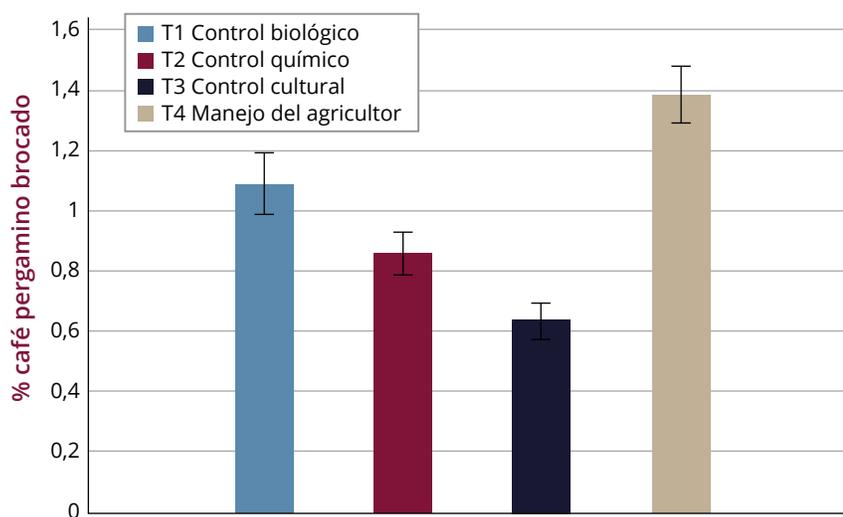


Figura 20. Comparación de la infestación de la broca en café pergamino seco entre tratamientos.

### ENT101002. Identificar las especies de cochinillas de la rizosfera del café y sus controladores biológicos.

Con el propósito de identificar las especies de cochinillas presentes en las raíces del café se realizó un diagnóstico en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Quindío, Norte de Santander, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. Por cada departamento se identificaron 100 fincas con lotes menores a dos años de edad, mediante una selección aleatoria usando el Sistema de Información Cafetera (SICA). En cada lote, el Servicio de Extensión de cada departamento seleccionó diez árboles que presentaron síntomas y en estos se recolectaron las muestras de cochinillas. De las 800 fincas seleccionadas se evaluaron 726 que correspondieron al 90,75% (Figura 21). Los resultados indican que en los departamentos evaluados el 74,5% de los cafetales en crecimiento presentó cochinillas en las raíces del café. La especie *Puto barberi* continúa prevaleciendo

con un porcentaje para los ocho departamentos del 41,5%, lo cual amerita planes de manejo oportuno. También se registró alta presencia de las especies de los géneros *Dysmicoccus* y *Pseudococcus* con 45,8%. *Dysmicoccus texensis* (Tinsley, 1900), *Pseudococcus jackbeardsleyi* Gimpel & Miller, 1996 y *Pseudococcus elisae* Borchsenius, 1947, se asocian con hongos basidiomicetos, ocasionando quistes o nódulos de consistencia corchosa que cubren la raíz principal y raíces secundarias de las plantas afectadas. Esto impide la absorción de agua y nutrientes causando clorosis y posteriormente muerte. Por los daños que ocasionan estas especies ameritan manejo oportuno en aquellos departamentos con alta infestación. Las especies de la familia Rhizoecidae que comprende los géneros *Geococcus*, *Neochavesia*, *Rhizoecus*, *Ripersiella* y *Pseudorhizoecus* se registraron en el 46,9% de las fincas evaluadas; aunque tienen una participación importante en cada uno de los departamentos, hasta el momento no se les atribuye daños de importancia económica en el cultivo del café, excepto la especie *Neochavesia caldasiae* que causa pérdida de cafetales en regiones endémicas del Suroeste Antioqueño. La alta presencia de estas especies de la familia Rhizoecidae en las raíces del café amerita adelantar investigaciones que permitan determinar su impacto, ya que en otros cultivos como plátano y banano causan daños de importancia económica.

### ENT 107009. Efecto del zoqueo en el crecimiento de raíces y poblaciones de cochinillas en café.

Los objetivos de este estudio son 1) identificar el efecto del zoqueo en el crecimiento de raíces y poblaciones de cochinillas en café

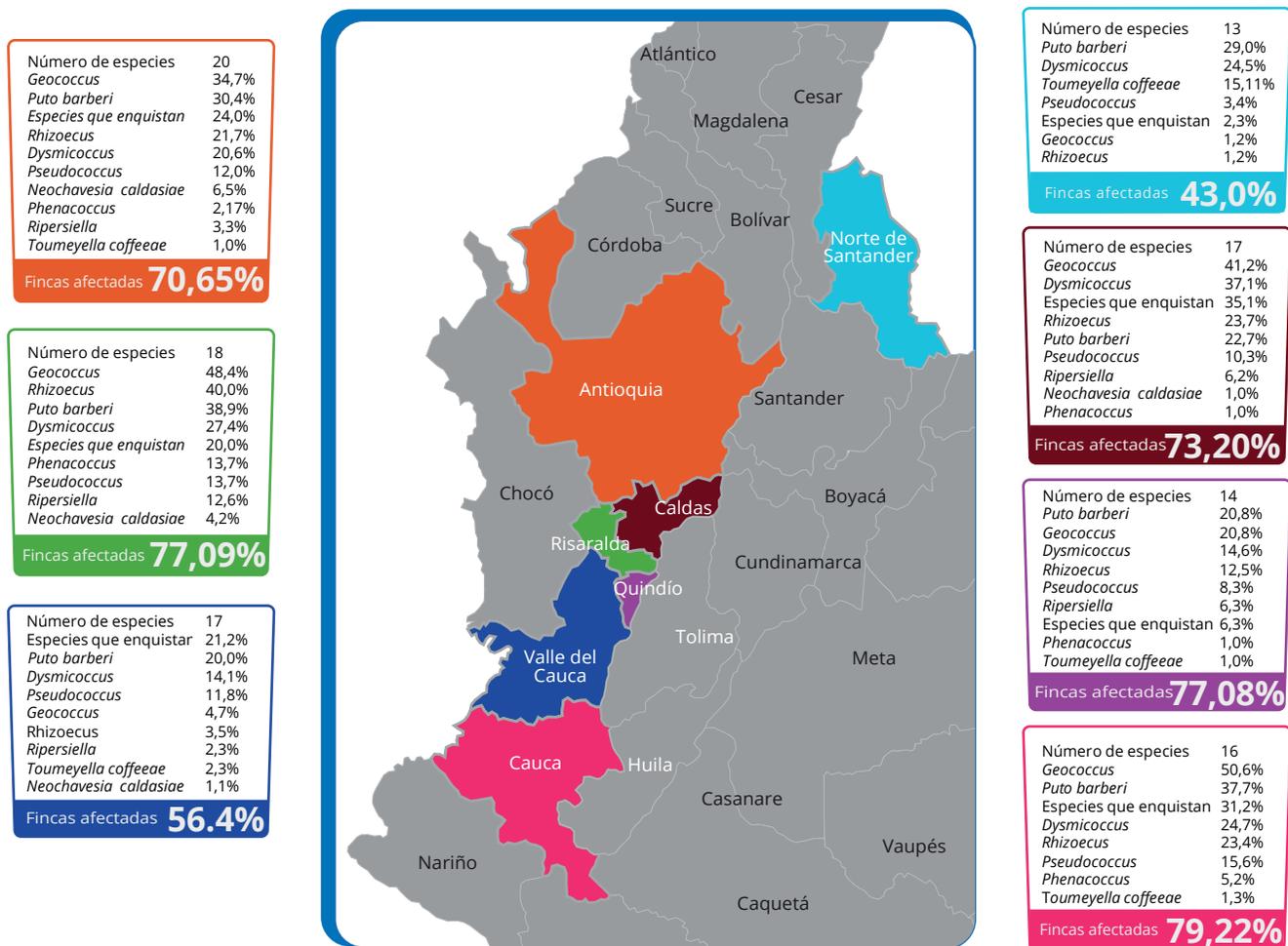


Figura 21. Mapa del diagnóstico de las cochinillas de las raíces del café en ocho departamentos de cafeteros de Colombia.

y 2) evaluar una estrategia de manejo de cochinillas en zocas. Este trabajo se está realizando en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda), en café variedad Castillo® de cinco años de edad. Se realizaron muestreos destructivos en árboles enteros y árboles renovados por zoca tradicional (30 cm), trimestralmente durante los primeros 12 meses después del zoqueo. En cada muestreo se identificó el género y la cantidad de cochinillas asociadas a las raíces de cada árbol, al igual que la biomasa de raíces. Se identificaron cinco géneros de cochinillas: *Puto*, *Dysmicoccus*, *Ripersiella*, *Rhizoecus* y *Geococcus*, de las cuales *Puto* y *Ripersiella* fueron las más abundantes, representando el 90% del total de insectos encontrados en árboles enteros y en zocas. El promedio de insectos por árbol fue de  $180,06 \pm 71,9$  en el momento del zoqueo; este número se redujo gradualmente en las zocas, presentando el valor más bajo a los nueve meses ( $79,8 \pm 20,74$ ), pero se incrementó en el mes 12 ( $437,3 \pm 120,68$ ) después del zoqueo. En árboles enteros el promedio de insectos por árbol se incrementó a través del

tiempo llegando a  $2.726 \pm 392,8$  en el mes 12. La mayor cantidad de insectos se encontró en los primeros 20 cm de profundidad y entre 25 y 70 cm de distancia del tallo; sin embargo, una alta proporción de *Puto* (24% en árboles y 42% en zocas) se encontró entre los 20 y los 30 cm de profundidad, mientras que *Dysmicoccus* (72% en árboles y 80% en zocas) se encontró en los primeros 10 cm de distancia del tallo. La biomasa seca de raíces en zocas disminuyó gradualmente a través del tiempo hasta un 60% en el mes 12. Se concluye que la práctica del zoqueo ocasiona muerte de raíces y disminuye la infestación de cochinillas en café durante los primeros nueve meses después del zoqueo. Estudios posteriores estarán encaminados a diseñar estrategias de manejo de cochinillas en zocas a partir de estos resultados.

**ENT103004. Identificación de parasitoides controladores naturales de cochinillas de las raíces del café.** Con el fin de identificar los enemigos naturales de las cochinillas de las raíces del café, a partir de las muestras de cochinillas recolectadas

en Antioquia, Caldas, Cauca, Norte de Santander, Quindío, Tolima y Valle del Cauca, se realizó una búsqueda e identificación de enemigos naturales. De las 726 fincas evaluadas, 41 tenían al menos una cochinilla parasitada (5,64%); el departamento con mayor número de fincas con cochinillas parasitadas fue Caldas con 11 y 37 individuos parasitados, siguiendo en su orden Antioquia con diez fincas y 25 individuos, Cauca con ocho fincas y 22 individuos, Valle del Cauca con cinco fincas y 21 individuos, Risaralda con tres fincas y ocho individuos, Tolima con tres fincas y cinco individuos y, por último, Quindío con una finca y dos individuos parasitados. Posteriormente, se visitó la finca los Mangos en el municipio de Tuluá en el Valle del Cauca, donde se recuperaron 28 adultos parasitoides de la cochinilla *Puto barberi*. De acuerdo con el taxónomo, corresponden a siete especies del orden Hymenoptera,

familia Encyrtidae: *Aenasius caeruleus* (Figura 22), *Aenasius frontalis* (Figura 23), *Aenasius bolowi* (Figura 24), *Aenasius* spp. (Figura 25), *Zarhopalus* sp. (Figura 26), *Anagyrus* sp. (Figura 27) y *Hambletonia pseudococcina* (Figura 28). Estos hallazgos indican que el control natural de esta plaga nativa está generando control en el campo, pero puede explorarse una alternativa de control biológico por aumentación.



**Figura 22.** *Aenasius caeruleus* Brues, 1910.



**Figura 23.** *Aenasius frontalis* Compere, 1937.



**Figura 24.** *Aenasius bolowi* Mercet, 1947.



**Figura 25.** *Aenasius* spp.



**Figura 26.** *Zarhopalus* sp.



**Figura 27.** *Anagyrus* sp.



**Figura 28.** *Hambletonia pseudococcina* Compere, 1936.

**ENT103014. Control biológico de cochinillas de las raíces del café con hongos entomopatógenos.** Con el objetivo de proponer una estrategia para el control de la cochinilla de la raíz *Puto barberi* basada en el uso de entomopatógenos, en años anteriores se había determinado que en condiciones de laboratorio a concentraciones de  $1 \times 10^7$  conidias/mL, *Metarhizium anisopliae* causa mortalidad de 80% y *M. robertsii* de 84%. Bajo condiciones de almácigo, *M. robertsii* fue más virulento que *M. anisopliae*, causando mortalidades cercanas al 50% y con disminución de las poblaciones de insectos hasta de 85%. Durante el 2018 se realizó un nuevo experimento en condiciones de almácigo, en donde plantas de café de 4-5 meses de edad fueron infestadas con cochinillas luego de 2 meses y tras asegurar la presencia de cochinillas, se aplicaron en 50 cc los siguientes tratamientos. T1. Agua (control),

T2. Botánico Azazol (azaridactina 3,0 g L<sup>-1</sup>) T3. Insecticida Silex (clorpirifos) 3,0 g L<sup>-1</sup> y T4. Hongo *M. robertsii* (2x10<sup>10</sup> esporas/L). En el tratamiento control con agua, el porcentaje de infestación fue del 65%, en los demás tratamientos las infestaciones estuvieron entre 11% y 22% difiriendo del control, pero estadísticamente similares entre sí (Figura 29). Con el fin de evaluar estos mismos tratamientos en condiciones de campo, plantas de almácigo infestadas con cochinillas fueron llevadas a la Estación Experimental La Catalina (Risaralda). Las plantas se sembraron distribuidas en tres bloques. Las infestaciones artificiales en el campo han sido complejas y no han permitido el establecimiento de la plaga. Sin embargo, a pesar de que no se replicaron en el campo los resultados de almácigo con el uso del hongo, corroboran el efecto del insecticida químico Silex (Figura 30). Se evaluarán coadyuvantes, formulaciones y métodos de aspersión en el campo del hongo *M. robertsii* con el fin de contar con una opción biológica para el control de *P. barberi* en Colombia.

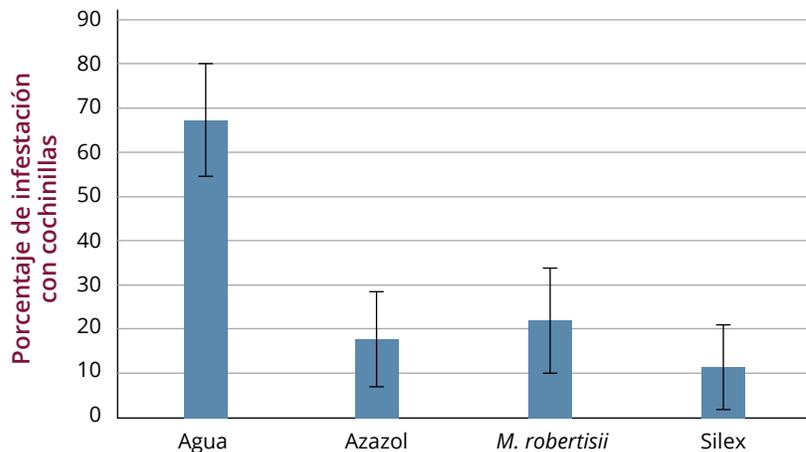


Figura 29. Porcentaje de infestación con cochinillas en plantas de almácigo. Se muestra el promedio y error estándar para cada tratamiento.

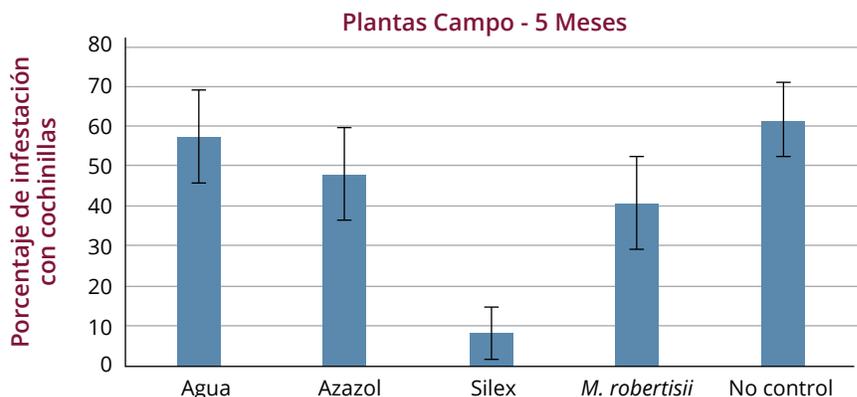


Figura 30. Porcentaje de infestación con cochinillas en plantas sembradas en el campo. Se muestra el promedio y error estándar para cada tratamiento.

### ENT107007. Validación del manejo integrado de cochinillas de las raíces del café.

Con el fin de validar el manejo integrado de las cochinillas de las raíces del café se establecieron tres parcelas demostrativas en el departamento de Antioquia, que corresponden a: 1. Lote de renovación por siembra menor a 12 meses, 2. Renovación por siembra con plantas indicadoras, y 3. Siembra escalonada con plantas indicadoras. En el departamento del Quindío se establecieron cuatro parcelas que corresponden a: 1. Almácigo comercial, 2. Establecimiento y manejo de almácigo de la variedad Cenicafé 1, 3. Siembra escalonada con plantas indicadoras, y 4. Renovación por

siembra con plantas indicadoras. Se dio continuidad a la parcela de renovación por siembra con plantas indicadoras en la finca El Panteón, en el municipio de Lourdes- Norte de Santander. Se han realizado las evaluaciones correspondientes en cada una de las parcelas y en la finca el Panteón, al cabo de 30 meses y después de realizar los respectivos controles, el lote se observa con buen desarrollo en la parte aérea y tiene producción (Figura 31); sin embargo, se identificaron tres áreas en el lote con plantas cloróticas y retraso en el desarrollo (Figuras 32 y 33). Estos focos componen 1.286 plantas, lo que corresponde al 20% del total del área sembrada. Las plantas con amarillamiento en los focos presentaron poblaciones de *Dysmicoccus* sp. y crecimiento micelial del hongo basidiomiceto cubriendo porciones bajas de las raíces secundarias (Figura 34). A pesar de las bajas poblaciones de la plaga y lo incipiente del enquistamiento, son evidentes los síntomas de amarillamiento en las plantas. La persistencia de la plaga en el cafetal y el efecto que ocasiona en las plantas exigen estrategias novedosas de control.

**ENT103010. Cría de depredadores para el control de la chinche de la chamusquina del café.** *Monalonion velezeangeli* (Hemiptera: Miridae), también llamado la chinche de la chamusquina del café, es una plaga que se alimenta de los brotes tiernos de las plantas de café.



**Figura 31.** Planta de café de 30 meses de edad productiva y con buen desarrollo. Finca El Panteón, Lourdes, Norte de Santander.



**Figura 32.** Planta clorótica y con mal desarrollo.



**Figura 33.** Parches cloróticos y con mal desarrollo (focos).

Dentro de sus enemigos naturales se encuentran los insectos de la familia Reduviidae: *Zelus vespiformis*, *Arilus gallus* y *Castolus lineatus*. Con el objetivo de estudiar la posibilidad de incorporar a *Z. vespiformis* y *A. gallus* dentro de un programa de control biológico de *M. velezangeli*, se realizó el ciclo de vida de ambos depredadores y la tabla de vida de fertilidad de uno de ellos. Para ello, se inició la cría bajo condiciones de laboratorio en Cenicafé, a partir de individuos procedentes de cafetales del Huila. Para la especie *Z. vespiformis* fueron usados 716 huevos, con el fin de determinar la duración y sobrevivencia de estados inmaduros; con los adultos obtenidos se establecieron 23 parejas para la construcción de la tabla de vida. En el caso de *A. gallus*, se usaron 1.818 huevos para obtener duración y sobrevivencia de estados inmaduros.

La duración promedio del ciclo de *Z. vespiformis* de huevo-adulto fue de  $80,40 \pm 0,67$  días; el período de incubación del huevo fue de  $23,29 \pm 0,04$  días; la ninfa pasó por cinco instares y con una sobrevivencia del 12% hasta adulto. La longevidad del adulto fue de  $25,87 \pm 2,94$  y  $30,39 \pm 2,26$  días para hembras y machos, respectivamente. La media de huevos/hembra fue de  $91,78 \pm 12,01$ . Los parámetros de la tabla de vida de fertilidad fueron: tasa reproductiva neta  $R_0 = 4,52$  (2,19-8,94); tiempo medio generacional  $T = 106,75$  (101,7-114,2) días, tasa intrínseca de crecimiento  $r_m = 0,014$  (0,0073-0,0209) y tasa finita de crecimiento  $\lambda = 1,0142$  (1,007-1,021). La duración promedio del ciclo de *A. gallus* de huevo-adulto fue de  $112,76 \pm 3,53$  días; el período de incubación del huevo fue de  $27,6 \pm 1,15$  días; la ninfa también pasó por cinco instares y presentó el 10% de sobrevivencia hasta adulto. Los parámetros analizados mostraron que ambas especies tienen potencial para ser incluidas en un programa de control biológico. Se adelanta la elaboración de la tabla de vida de fertilidad de *A. gallus* para comparar los parámetros de ambas especies, con el fin de establecer la mejor estrategia de control biológico.

**ENT103003. Evaluación de hongos entomopatógenos para el control de *Monalonia velezangeli*.** Se reactivó la cepa de *Beauveria bassiana* Bb 9011 aislada previamente de *Monalonia* sp. (Hemiptera: Miridae) y se evaluó su virulencia en condiciones de laboratorio. Por inmersión de *M. velezangeli*, en una solución a  $1 \times 10^7$  conidias/mL, manteniendo los insectos sobre plantas de *Cissus verticillata* (Vitaceae), se encontró que el hongo causó una mortalidad de 84% sobre la población del insecto (Figura 35). En condiciones controladas, simulando invernadero, se infestaron plantas de *Cissus verticillata* (Vitaceae) con ninfas y adultos de *M. velezangeli*, las



**Figura 34.** Raíces secundarias de planta de café con presencia de cochinillas del género *Dysmicoccus* asociadas con hongos basidiomicetos.



**Figura 35.** Ninfa de *M. velezangeli* infectada con *B. bassiana* Bb9011.

plantas infestadas se asperjaron y se determinó el efecto de la aplicación del hongo a una concentración de  $4 \times 10^{10}$  conidias/mL. La mortalidad promedio de los insectos en el testigo asperjado con agua fue del 10% y en el tratamiento con el hongo fue de 84%. Luego, se evaluó el efecto del hongo, en condiciones de campo (Figura 36). Para esto, en el municipio de Tarqui del departamento del Huila, en un lote de café variedad Castillo® de 18 meses de edad (Figura 37), infestado naturalmente con *M. velezangeli*, se realizaron dos ensayos, evaluando el efecto de la aplicación de los tratamientos: T1. Hongo *B. bassiana* Bb 9011 a una concentración de  $4 \times 10^{10}$  conidias/L, T2. Insecticida Lorsban (clorpirifos) a una concentración de  $4 \text{ cc L}^{-1}$ , T3: Agua. En el primer ensayo se escogieron grupos de nueve árboles, 20 repeticiones/tratamiento. Tanto el insecticida como el hongo causaron disminución entre 80% y 90% de los daños en los árboles, comparado con 40% en los testigos.

En el ensayo 2 se seleccionaron parcelas de 400 árboles en donde se aplicaron los mismos tratamientos. Con respecto a los porcentajes de infestación totales, en el testigo se tuvieron entre 5% y 20% de infestación para el caso del insecticida químico, el

lote inició con infestación del 30%, con un decrecimiento inicial en los daños, pero al final del experimento permaneció en el 20% (Figura 38). En el lote donde se aplicó el hongo la infestación inicial fue de 30% y al final del experimento mostró los menores niveles de infestación total, cercanos al 5% (Figura 38). Esta cepa de *B. bassiana* 9011 se convierte en una alternativa viable para el control de esta plaga en café.

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

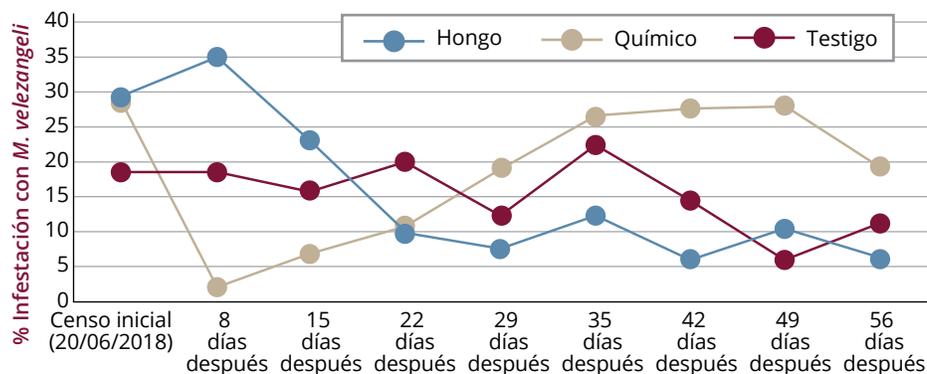
Este año el cepario cuenta con 324 cepas. Se trabajó en la recuperación de cepas de *Beauveria bassiana* y *Lecanicillium* que estaban liofilizadas y almacenadas a  $-20^{\circ}\text{C}$  desde 2012. Todos los aislamientos están preservados en tres métodos de almacenamiento: nitrógeno líquido, glicerol  $-20^{\circ}\text{C}$  y



**Figura 36.** Preparación del hongo para el control de control de *Monalomonium velezangeli*.



**Figura 37.** Aspersiones realizadas en el lote infestado con *Monalomonium velezangeli* en el municipio de Tarqui, en el Huila.



**Figura 38.** Porcentajes de infestación total en cada lote a través del tiempo.

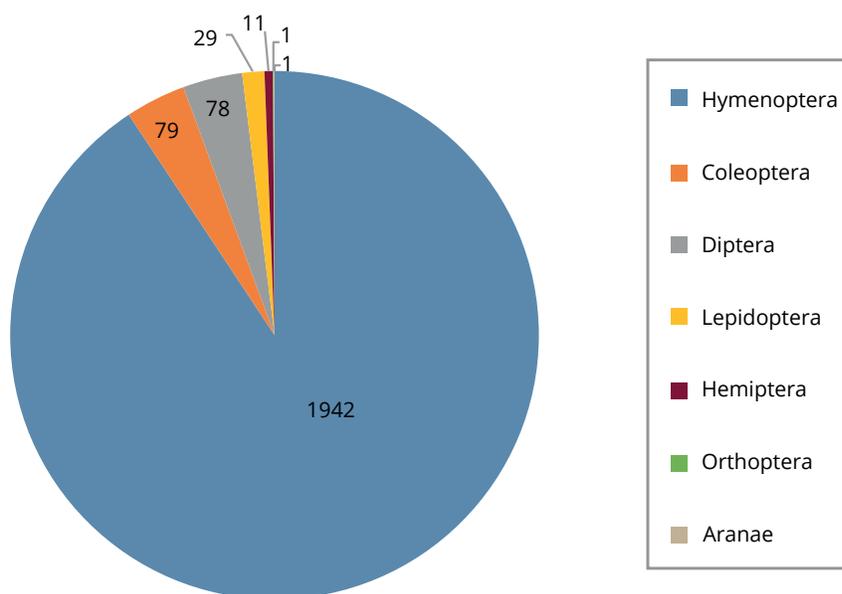
almacenamiento en PDA con aceite mineral. Se continuó con las actividades de evaluación de preservación en 70 cepas de *B. bassiana*, las cuales fueron recuperadas de los tres métodos, luego de 6 años (72 meses) de almacenamiento, con un promedio de germinación de esporas del 80%. En el caso de *Lecanicillium* fueron evaluados y vueltos a preservar. Las evaluaciones indican que en este género luego de 6 años, la germinación de las esporas continúa siendo alta (90%).

**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.**

Durante los siete meses de vigencia del proyecto, se seleccionaron y caracterizaron los lotes experimentales de las zonas Centro y Sur del país, y se preseleccionaron los lotes de la zona Norte. A la fecha, se han realizado cinco muestreos de la actividad “Evaluación de la riqueza y abundancia de los insectos visitantes florales en el cultivo del café”, en los lotes de las Estaciones Experimentales Naranjal (Chinchiná, Caldas), Paraguaicito (Buenavista, Quindío) y El Tambo (El Tambo,

Cauca), que corresponden a las zonas Centro y Sur del país. Se registraron 2.141 individuos distribuidos en 142 especies, 43 familias y 7 órdenes (Hymenoptera, Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Orthoptera y Aranae) (Figura 39). El orden Hymenoptera abarca la mayor abundancia y riqueza con 1.942 individuos y 56 especies son abejas de las familias Halictidae y Apidae, y de estas 33 son nativas y una introducida, *Apis mellifera* (Figuras 40 a 44); en cuanto al grado de sociabilidad nueve son

sociales, 20 solitarias y cinco de sociabilidad desconocida, ya que pertenecen al género *Lasioglossum*, el cual presenta ambos tipos de sociabilidad que para las especies colombianas no ha sido estudiado; las 22 especies restantes de Hymenoptera son de las familias Scoliidae, Vespidae, Formicidae, Pompilidae, Tiphiidae, Platygasteridae, Braconidae, Ichneumonidae y Megaspilidae. Los demás órdenes registrados fueron Diptera con 78 individuos y 30 especies de las familias Syrphidae, Chloropidae, Ceratopogonidae, Calliphoridae, Sciaridae, Micropezidae, Bibionidae, Muscidae, Fanniidae, Drosophilidae, Tipulidae, Phoridae y Lauxaniidae; Coleoptera con 79 individuos y 33 especies de las familias Staphylinidae, Chrysomelidae, Cantharidae, Melyridae, Coccinelidae, Scarabaeidae, Lycidae, Curculionidae y Lampyridae; Lepidoptera con 29 individuos y cuatro especies de las familias Sphingidae, Hesperidae, Papilionidae y Nymphalidae; Hemiptera con 11 individuos y 10 especies



**Figura 39.** Abundancia de visitantes florales del cultivo del café.

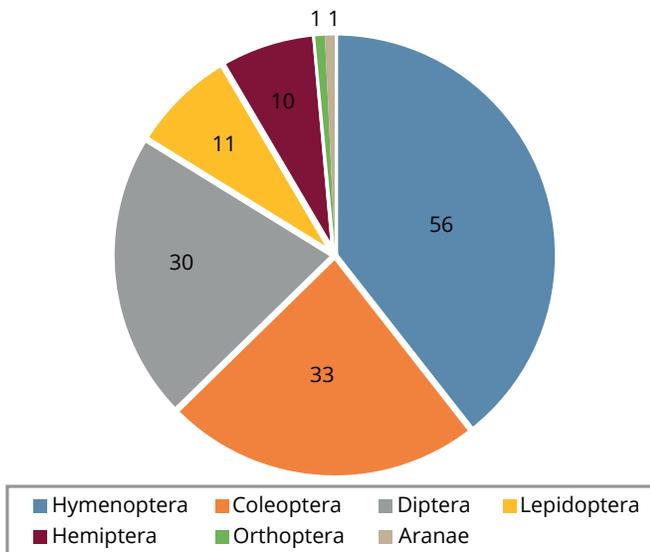


Figura 40. Riqueza de visitantes florales en el cultivo del café.

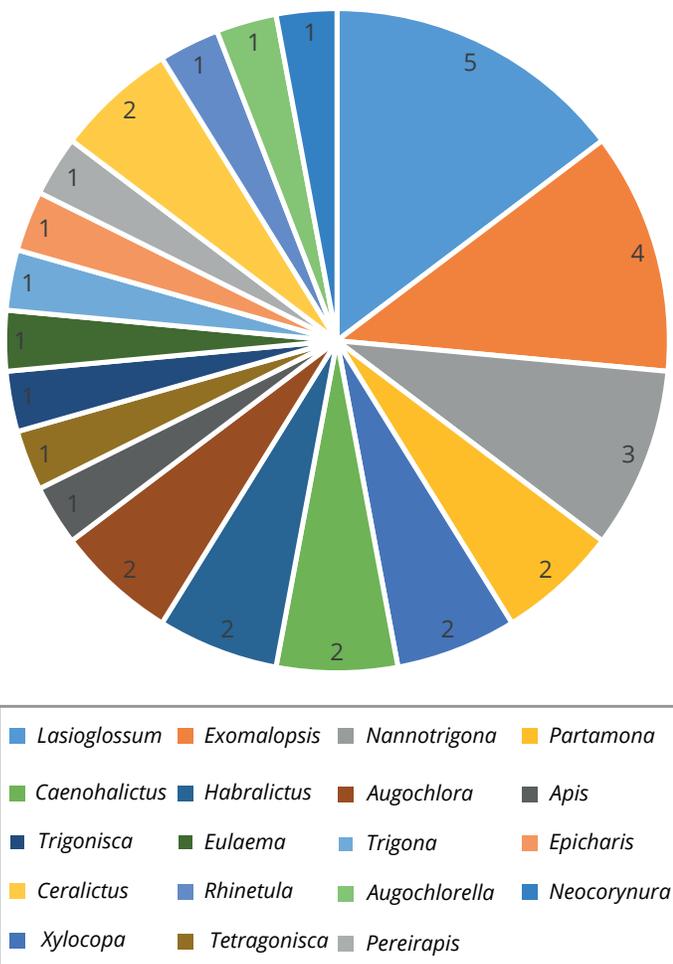
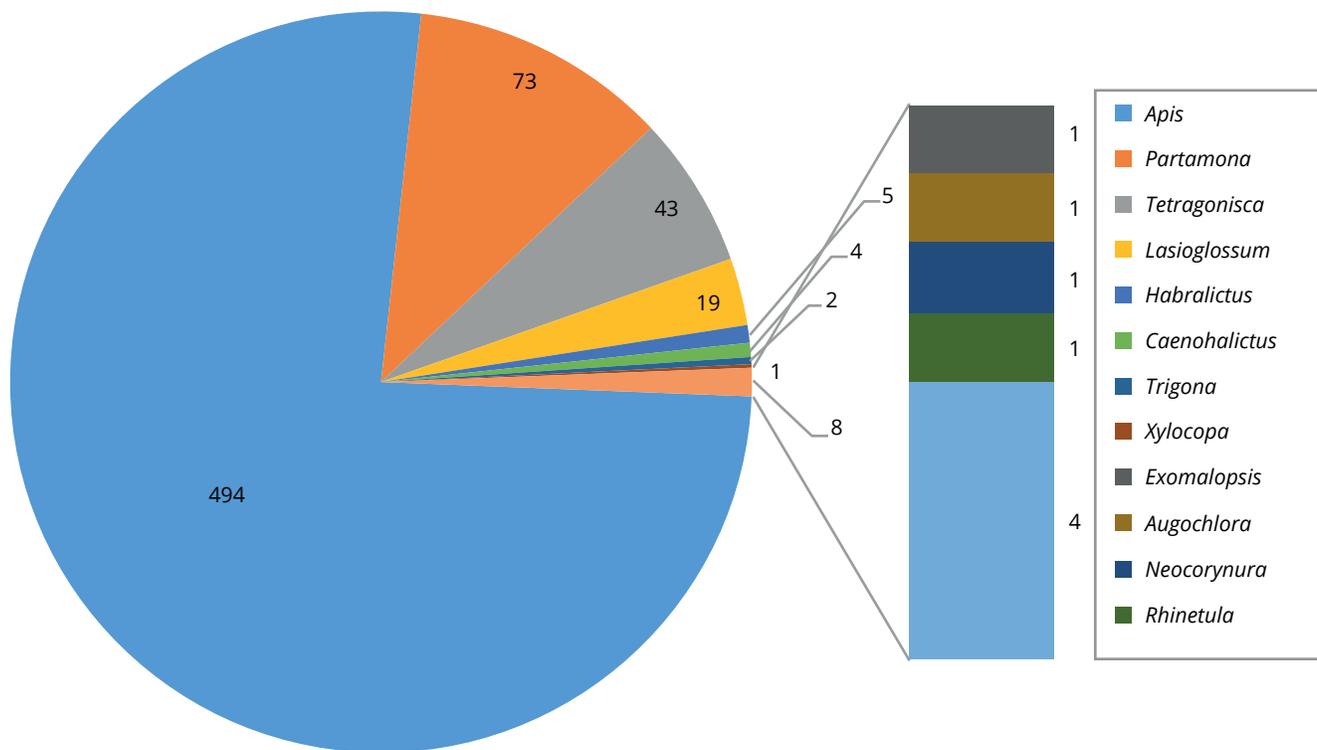


Figura 41. Riqueza de abejas visitantes florales del cultivo del café

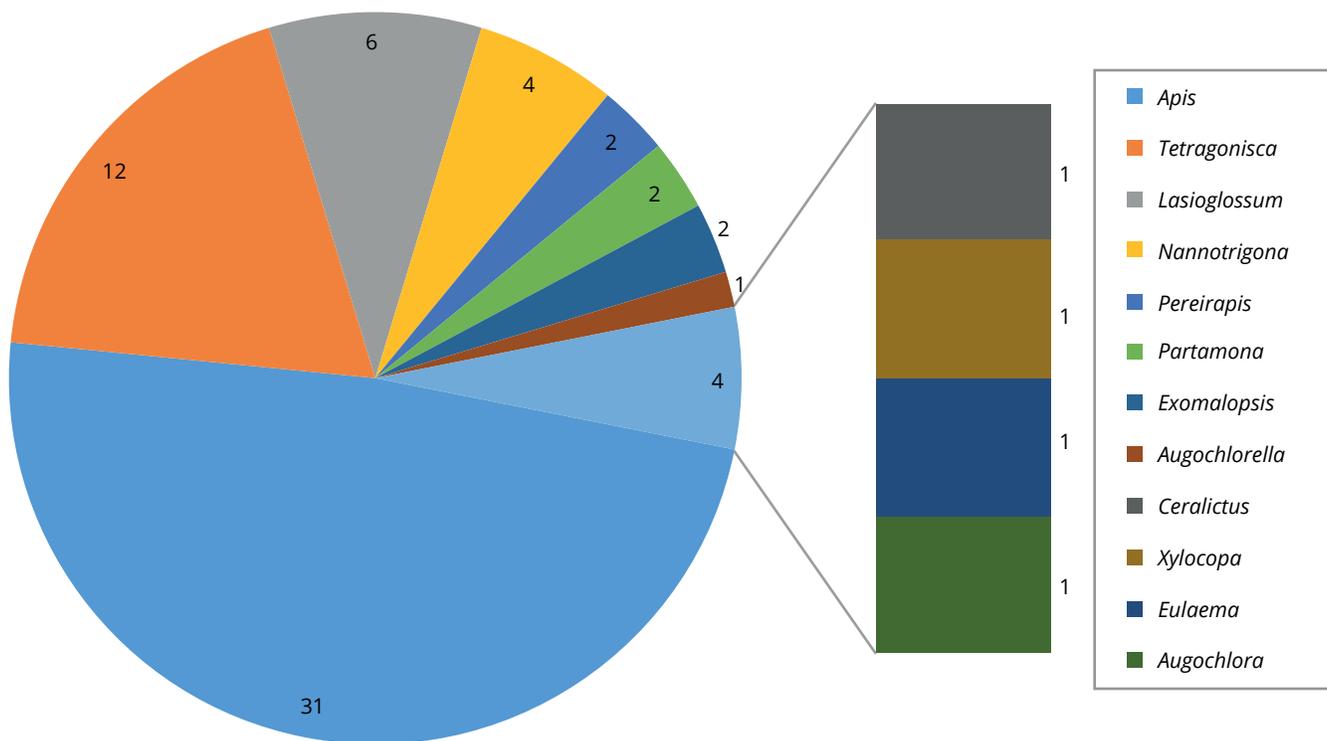
de las familias Miridae, Reduviidae, Tingidae, Pentatomidae y Pyrrhocoridae; Orthoptera y Araneae cada uno con un individuo recolectados. Es importante considerar que estos muestreos en la zona Centro se realizaron durante los eventos de floración de mitaca menos abundantes. Por lo tanto, estos resultados deben considerarse como iniciales ya que abarcan solo un 10% de los muestreos planeados dentro de la investigación.

**ENT102004. Evaluación de la diversidad de visitantes florales de balsa negro en cobertura natural y sistema agroforestal en el departamento de Santander.**

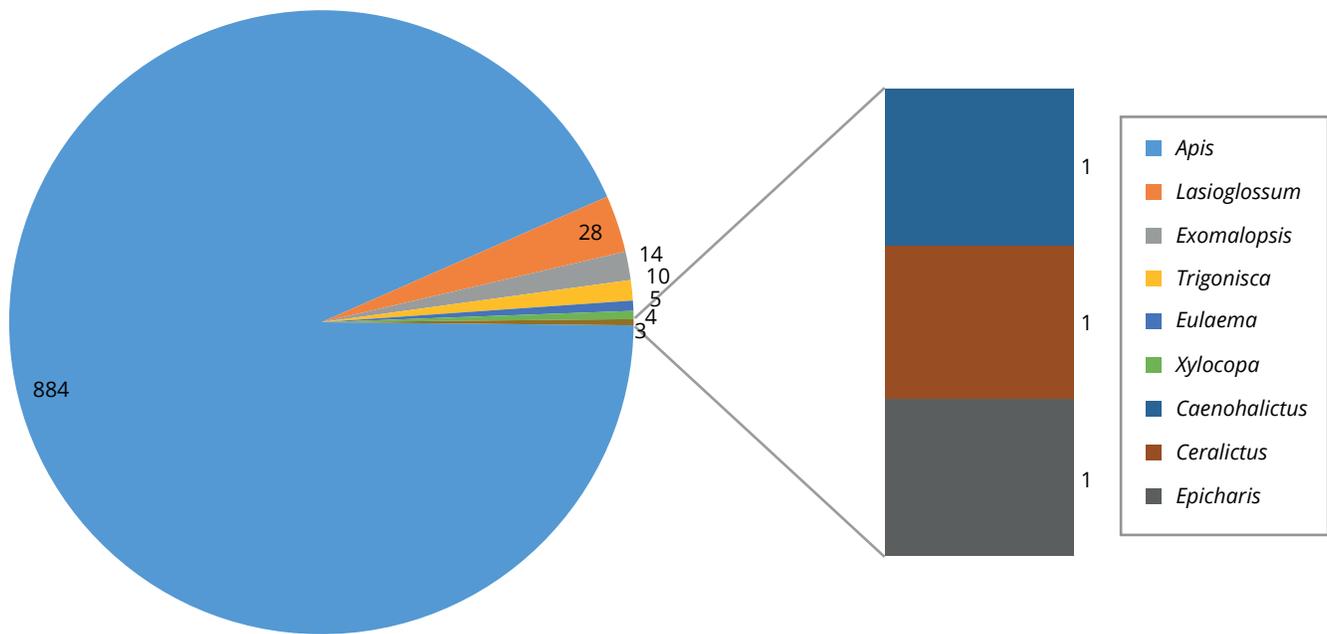
Se recolectaron datos en tres localidades, mediante 108 horas de grabaciones diurnas y nocturnas, y se evaluaron flores en cada sitio con el fin de cuantificar la mortalidad de individuos en su interior. Se procesaron las grabaciones y se conformó una base de datos con el detalle de registros visuales de los visitantes florales. Las grabaciones diurnas muestran que la primera salida realizada presentó mayor número de visitas, con un total de 4.018 vs 3.624. La mayor proporción de visitantes diurnos corresponden a los insectos (74%). Para las aves pudieron identificarse ocho familias, la *Throchilidae* (colibríes), presentó mayor número de visitas (242). Dentro de este grupo se registraron ocho especies, una de ellas, el *Amazilia castaneiventris*, especie endémica y amenazada. En grabaciones nocturnas, el grupo taxonómico con mayor cantidad de registros fue el de los insectos (55,6%). Los registros de mamíferos están siendo corroborados para lograr una determinación más detallada. Hasta el momento se han identificado tres órdenes, Didelphimorphia (marsupiales), Quiroptera (murciélagos), y Rodentia (roedores). Se procesaron las 265 flores recolectadas en el campo durante la segunda salida, 135 de las cuales contenían algún individuo muerto en su interior (50,9%). Al analizar el total de las flores recolectadas durante las dos salidas, 297 de las flores (55,7%), presentaron individuos muertos en el interior. Del total de individuos recolectados durante los dos muestreos, el orden que más individuos adultos registró fue Hymenoptera (1.419), seguido por Diptera (256). La familia que más se reportó fue Apidae con 1.155 individuos, siendo *Apis mellifera* la especie más abundante (926); el sitio que más reportó individuos de esta especie fue el café con sombrío lejos de fragmentos de bosque (630). Se concluye que las flores de balsa soportan una diversidad de especies diurnas y nocturnas, algunas amenazadas, ya que les provee alimento. La disminución de esta fauna en los hábitats permite



**Figura 42.** Abundancia de abejas visitantes florales del cultivo del café en la Estación Experimental El Tambo.



**Figura 43.** Abundancia de abejas visitantes florales del cultivo del café en la Estación Experimental Naranjal.



**Figura 44.** Abundancia de abejas visitantes florales del cultivo del café en la Estación Experimental Paraguaicito.

que el néctar de las flores, el cual es abundante, no sea consumido en las noches, lo que trae como consecuencia la muerte por ahogamiento de insectos diurnos. Es necesario explorar estrategias que permitan el aumento de las especies que se alimentan de las flores de balso, con el fin de restablecer el equilibrio ecológico.

**ENT 101012. Actividad de colección e identificación de plagas potenciales y benéficos de la caficultura colombiana.** Se atendieron consultas del Servicio de Extensión y de caficultores para el diagnóstico fitosanitario de insectos plagas emergentes en el cultivo del café en diferentes regiones del país, que permitieron identificar las especies causantes de daño y dar las recomendaciones de manejo. Como resultado se tiene un nuevo registro en café del gusano trozador de los almácigos *Feltia subterranea* (Lepidoptera: Noctuidae) en Buenavista, Quindío (Figura 45). Igualmente, otro registro nuevo en café del gusano trozador *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae) en el municipio de Pereira (Risaralda) consumiendo follaje de café (Figura 46); el 80% de la población de larvas resultaron parasitadas por *Euplectrus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), un ectoparasitoide gregario de larvas que mantienen bajo control a esta especie de lepidoptero.

Por otra parte, se validó el control de hormiga polvo de tabaco *Wasmannia auropunctata* en un cafetal

infestado en la finca La Sierra, municipio de Pereira (Risaralda), usando cebos tóxicos impregnados con el insecticida fipronil, utilizando salvado de trigo mezclado con melaza como atrayente, aplicando 5,0 g de cebo en la base de cada árbol. A las 24 horas de aplicado el cebo se evaluó la eficacia encontrando un 99,2% de control. A los 20 días y 3 meses posteriores a la aplicación del cebo las poblaciones de hormiga se mantuvieron controladas y los recolectores manifestaron que no se presentaron molestias con la hormiga durante la recolección de la cosecha principal de café. Por otro lado, se caracterizó el daño del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* en almácigos de café. Se conformaron 30 unidades experimentales por ínstar larval, compuestas por una planta de café de 8 meses de edad, en una jaula entomológica, conteniendo una larva del ínstar respectivo de *S. frugiperda*. Se encontró en esta investigación exploratoria que *S. frugiperda* se alimenta en todos sus ínstares del follaje de café y, en su último ínstar (VI) troza la yema apical de la planta, órgano fundamental en la arquitectura de la planta.

Igualmente se atendieron consultas sobre problemas de anillamiento de tallos por siembra profunda en Risaralda (Caldas), y anillamiento de tallos por daño mecánico con guadaña en plantas en levante en la vereda La Paz del municipio de Chinchiná (Caldas). Estas lesiones son la puerta de entrada para microorganismos del suelo que

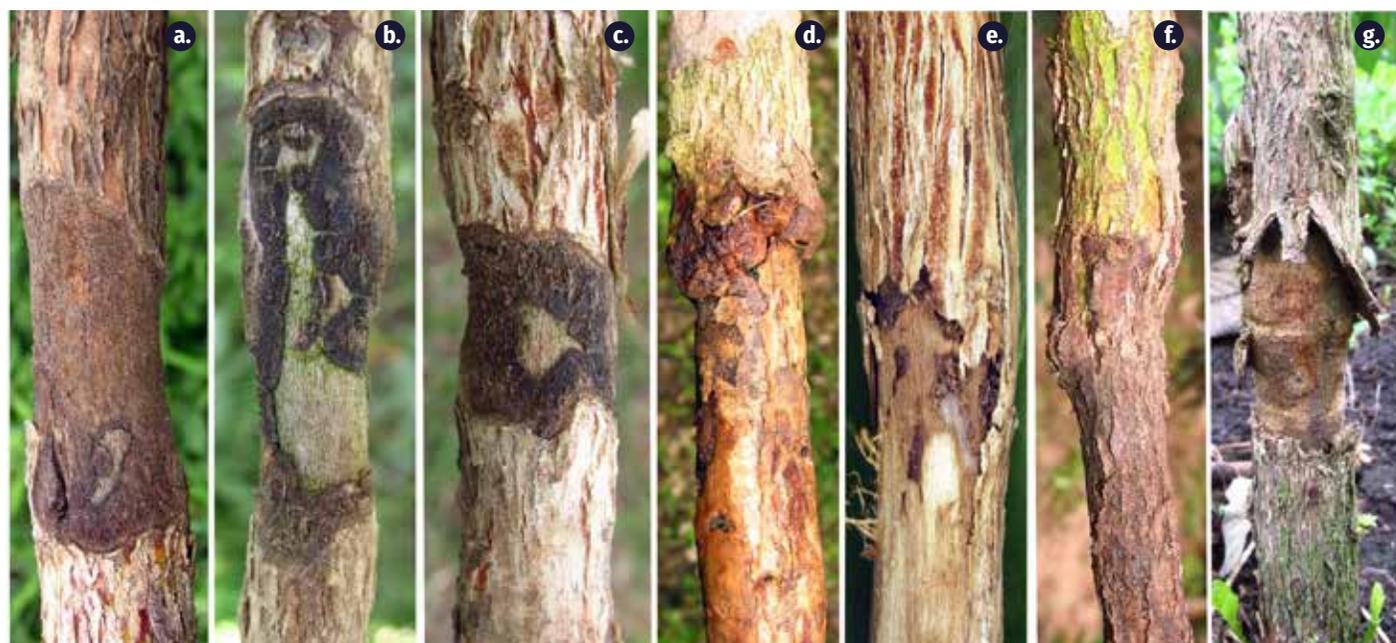


**Figura 45.** Gusano trozador de los almácigos de café *Feltia subterranea*. **a.** adulto. **b.** larva. **c.** almácigos trozados y anillados.



**Figura 46.** **a.** Gusano cogollero *Spodoptera cosmioides*, nuevo registro en café. **b.** Larva de *Spodoptera cosmioides* parasitada por *Euplectrus* sp. (Eulophidae).

afectan los tejidos y obstruyen el movimiento de agua y nutrientes entre la parte aérea y la raíz, ocasionando la muerte de las plantas. Un caso particular de anillamiento de tallos en café se presentó en el mes de agosto en Restrepo (Valle), ocasionado por una especie de gusano tierrero posiblemente por *Agrotis ipsilon* en un lote donde antes había pasto (Figura 47). Algunas de las plantas marchitas por este lepidóptero presentaron orificios



**Figura 47.** Diferentes tipos de anillamiento de tallos en plantas de café en levante. **a-c.** Anillamiento por gusano biringo *Agrotis ipsilon*. **d.** Anillamiento por babosa *Sarasimula plebeia*. **e.** Anillamiento por gusano tierrero. **f.** Anillado por siembra profunda. **g.** daño por guadaña.

circulares de penetración de 0,5 mm de diámetro ocasionados por *Hypothenemus seriatus* (Coleoptera: Scolytinae), siendo el primer reporte de esta especie en tallos de café, lo que indica que esta especie de escarabajo es una plaga secundaria que coloniza tallos de plantas marchitas y débiles que han sido anilladas. Se está adelantando la caracterización y reconocimiento de las chizas de la raíz del café (Figura 48) en los departamentos de Caldas y Quindío. Con base en la revisión del material depositado en el Museo Entomológico Marcial Benavides de Cenicafé, se cuenta con 769 especímenes de adultos de 60 especies, siendo *Phyllophaga menetriesi*, *P. obsoleta*, *Cyclocephala signata*, *C. gregaria*, *C.*

*amazona*, *Astaena valida*, *Plectris pavida*, *Symmela* sp. y *Platycoelia valida* las especies más abundantes, ocasionando daños en las raíces y en el follaje del café. Se está adelantando el muestreo de chizas en el ahoyado durante las siembras de café en 30 sitios por finca, complementado con la instalación de trampas de luz negra para la captura de adultos, para determinar las épocas de vuelo e identificar las especies que causan daño en la raíz del café.



**Figura 48.** Chizas de la raíz de café. **a.** *Phyllophaga menetriesi*. **b.** Larvas de *Phyllophaga menetriesi* y *Cyclocephala signata* recolectadas durante el ahoyado y siembra de café.



Para el informe comprendido entre el 1º de octubre de 2017 y el 30 de septiembre de 2018, la Disciplina de Experimentación continúa con la coordinación técnico administrativa de las ocho Estaciones Experimentales, con un área total de 533,58 ha. De ellas, 170,75 ha están sembradas en café, con el 51% destinadas a la producción de semilla de variedades Castillo®, Castillo® Regional, Cenicafé 1, Castillos Zonales y Tabi, el 20% en proyectos de investigación y el 29% en el parque experimental, que equivale a áreas con lotes potenciales para establecer nuevas actividades de investigación.

## Experimentación

En el uso del suelo se mantienen 154,3 ha de guadua y bosques para la conservación de aguas, 41,62 ha en pastos, y 141 ha en otros usos y áreas no cultivables. La infraestructura ocupa un área de 17,13 ha.

Se cuenta con un huerto clonal de macadamia en la Estación Experimental Paraguaicito, que ocupa un área de 4,79 ha y está en arrendamiento a la Empresa Del Alba. En esta Estaciones Experimentales, se continuó con actividades de investigación en el cultivo de maíz, en convenio con Fenalce, que demanda un área de 1,61 ha. Los experimentos para este período en fincas de agricultores ocuparon 8,21 ha.

Se desarrollaron 131 réplicas de investigaciones en las Estaciones Experimentales de Cenicafé. De ellas, están vigentes 118. Por disciplinas, se destacan por su participación en el desarrollo de investigaciones, Fitotecnia con 26, Mejoramiento Genético con 23 y Fisiología con 12. En cuanto a las Estaciones Experimentales donde se desarrollan las réplicas, se resaltan, Naranjal con 41, seguido de Paraguaicito con 21, La Catalina y El Tambo con 18.

Se adelantaron 11 réplicas de investigación en fincas de caficultores ubicadas en el área de influencia de las Estaciones Experimentales, las cuales siguen vigentes; sobresaliendo el apoyo de las Estaciones Experimentales San Antonio con cinco réplicas; Paraguaicito y El Tambo con dos réplicas cada una.

Con el objetivo de apoyar al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé, se recibieron 8.966 visitantes. El 55% de ellos fueron caficultores, el 17% Extensionistas de la Federación y el 11% estudiantes.

Se continúa con la implementación del Sistema de Gestión Integral-SGI en el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica y OSHAS18001, con el alcance a todas las Estaciones Experimentales, y con la implementación de la norma ISO 14001 componente ambiental en la Estación Experimental Naranjal. En este objetivo se resalta el cumplimiento de la norma de calidad en la toma de información y desarrollo de las investigaciones

acorde a sus protocolos, la implementación de prácticas encaminadas a la conservación del medio ambiente y el fortalecimiento de actividades para el fortalecimiento de la seguridad y la salud en el trabajo.

En la producción y distribución de semilla que se lleva a cabo en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, se distribuyeron 77.873 kg de semilla, un 11% menos con respecto al período anterior y un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio del 92%. Entre los Comités que demandaron mayor cantidad de semilla se destacan Santander con 10.311 kg, seguido de Cauca con 8.999 kg, Huila con 8.910 kg y Caldas con 7.187 kg. Por variedad, del total de semilla que se distribuyó se resalta el 50% de Castillo® General, seguido de la variedad Castillo® El Tambo con el 16%; la variedad Castillo® El Rosario con el 7% y el 6% de Castillo® Naranjal y Cenicafé 1. Al cierre del período se han distribuido 4.639 kg de semilla de Cenicafé 1 y 7.224 kg de semilla de Castillos Zonales.

De la semilla distribuida en este período, el 33% provino de la Estación Naranjal, seguido del 22% del Líbano, el 13% de El Tambo y el 12% de La Catalina.

El ICA adjudicó los derechos de obtentor de variedad para las siguientes progenies de la variedad Castillo®: CU1812, CU1855, CU199, CX2848, CX2197, CX2385, CX2720, CU1843, BH1247 y Cenicafé 1: CX2866. Adicionalmente, se radicó la solicitud de obtención de derechos de obtentor de variedad para las progenies CU1872 y DH004, pertenecientes a Castillos Zonales.

## Fisiología vegetal

**FIS101001. Caracterización de la floración en germoplasma de café.** La magnitud de la floración incide en la cantidad de frutos al momento de la cosecha, mientras que su ocurrencia lo hace en la distribución porcentual de la misma a lo largo del año. En la actualidad, se desconoce la variabilidad de germoplasma de café en términos de magnitud y distribución de la floración. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación



fue caracterizar la magnitud y distribución de la floración en genotipos de *Coffea arabica* L. de porte alto y bajo.

En las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito, Pueblo Bello y El Tambo se establecieron seis genotipos de porte alto (E057, E338, E554,

Maragogipe, Semperflorens, Tabi) y 12 de porte bajo (BH1247, CU1812, CU1852, CU1983, CU1990, CU1991, CU1993, CX2197, CX2385, CX2720, CX2848, CX2866). Por cada genotipo, se utilizaron 20 árboles, los cuales se evaluaron bajo un diseño completamente al azar.

El número de botones florales en estado de pre-antesis o “velón” por nudo, se contó semanalmente en cuatro ramas del tercio medio superior en cada una de las unidades experimentales. La floración se evaluó en el estado que corresponde a flores completamente desarrolladas próximas a abrir (antesis). Los conteos de los botones florales por árbol se totalizaron por semana y respecto a su correspondiente semestre floral. Los semestres florales evaluados corresponden a:

1. Noviembre de 2016 - abril de 2017
2. Mayo de 2017 - octubre 2017
3. Noviembre de 2017 - abril de 2018

La información de floración por semestre fue diferente entre estaciones y se usó para calcular las variables: porcentaje de floración semanal por árbol (PFS) y el número de botones florales por semestre en un árbol (NBFS). El análisis estadístico de las variables se realizó con el procedimiento PROC GLIMMIX del Software SAS versión 9.4. La diferencia entre genotipos de porte alto y bajo, se determinó usando la prueba de contrastes ortogonales, con el estadístico de F.

La magnitud de las floraciones por semestre se evaluó mediante el número de botones florales por árbol (NBFS) (Tabla 15). En la Estación Experimental Naranjal durante el primer semestre, los genotipos de porte bajo presentaron más botones florales (50) respecto a los de porte alto. Para las estaciones de Paraguaicito y Pueblo Bello, las diferencias estadísticas se observaron a favor de los genotipos de porte alto (con más de 99 botones) en el tercer semestre floral. En el resto de semestres y localidades no se observaron diferencias significativas en términos de magnitud (Tabla 15). La información muestra que los genotipos de porte alto tienden a producir más botones florales, pero solo, con el avance en la edad del cultivo. Esto no considera el total de ramas presentes en todo el árbol.

La distribución de la floración a lo largo del semestre floral se caracterizó mediante el porcentaje de floración, en las dos semanas con los picos de floración más grandes (Tabla 16). En la Estación Naranjal, durante el primer y segundo semestres florales, los genotipos de porte alto concentraron significativamente la floración entre el 16% al 24%, con más botones florales que los genotipos de porte bajo, en los picos principales de floración que ocurrieron en las semanas 20 y 21, respectivamente. Para el pico principal del tercer semestre, una diferencia del 2% marcó diferencias estadísticas a favor de los genotipos de porte bajo. No obstante, debe tenerse en cuenta que los cuatro picos de floración más relevantes del tercer

**Tabla 15.** Diferencias entre genotipos de porte alto y bajo, en cuatro Estaciones Experimentales para la variable número de botones florales por semestre en un árbol (NBFS).

Localidad	Semestre de floración	ANDEVA Pr > F	Porte alto			Porte bajo			F
			NBFS	EE		NBFS	EE		
Naranjal	1	<,0001	115,8	±	7,7	165,3	±	6,0	**
	2	<,0001	124,0	±	11,5	101,7	±	4,9	n.s
	3	<,0001	307,8	±	15,8	329,4	±	10,0	n.s
Paraguaicito	1	<,0001	188,9	±	30,0	161,8	±	9,9	n.s
	2	0,0003	295,4	±	29,1	266,4	±	13,9	n.s
	3	<,0001	596,9	±	60,1	389,8	±	15,4	**
Pueblo Bello	1	<,0001	151,3	±	11,5	167,8	±	6,1	n.s
	3	<,0001	260,5	±	22,3	161,8	±	7,7	**
El Tambo	2	<,0001	110,0	±	11,9	118,6	±	7,0	n.s
	3	<,0001	58,7	±	6,8	77,3	±	6,2	n.s

Los datos de los grupos de porte son las medias ± error estándar (EE); F: Prueba de F; \* y \*\*: Dentro de la fila indica diferencias estadísticas entre grupos de genotipos al 95% y al 99%, respectivamente. n.s: no hay diferencias significativas.

semestre no superaron el 16%. En el pico secundario de floración (semana 25), del segundo semestre, se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de floración semanal a favor de los genotipos de porte bajo. A excepción del tercer semestre, la concentración más alta de la floración se alcanzó en los genotipos de porte alto (mayor al 56%) respecto a los de porte bajo (menor al 45%), considerando la suma de los porcentajes de floración en los picos principales y secundarios de floración (Tabla 16).

En Paraguaicito, el porcentaje de floración para los genotipos de porte bajo fue estadísticamente superior (entre 8% y 16%) al observado en porte alto, durante los principales picos de floración (semanas 17, 18 y 20) en los tres semestres florales evaluados. Por el contrario, en los picos de floración secundarios del primer y segundo semestres florales, las diferencias estadísticas se presentaron a favor de los genotipos de porte alto (2% al 14%). Los picos principales y secundarios de floración por semestre muestran que los porcentajes de floración tendieron a concentrarse más en los genotipos de porte bajo, lo cual es inverso al

comportamiento observado en Naranjal (Tabla 16). En la Estación Pueblo Bello tanto los genotipos de porte alto como de porte bajo fueron estadísticamente iguales en los porcentajes de floración, tanto en los picos principales como en los secundarios, para todos los semestres evaluados. En esta localidad solo se presentaron dos picos de floración durante todo el semestre floral, con más del 80% concentrado en los picos principales de floración (semanas 12 y 18) (Tabla 16). En El Tambo, los genotipos de porte alto concentraron significativamente la floración

**Tabla 16.** Diferencias entre genotipos de porte alto y bajo en cuatro estaciones experimentales para la variable porcentaje de floración semanal (PFS).

Localidad	Semestre de floración	Semana Semestre	ANDEVA Pr > F	Porte alto			Porte bajo			F
				PF	EE		PF	EE		
Naranjal	1	19	0,0027	0,20	±	0,01	0,21	±	0,01	n.s
		20	<,0001	0,40	±	0,02	0,24	±	0,01	**
	2	21	<,0001	0,44	±	0,02	0,20	±	0,01	**
		25	<,0001	0,12	±	0,01	0,24	±	0,01	**
	3	5	<,0001	0,14	±	0,01	0,13	±	0,00	n.s
		12	<,0001	0,13	±	0,01	0,15	±	0,01	**
Paraguaicito	1	20	<,0001	0,37	±	0,04	0,53	±	0,02	**
		24	<,0001	0,23	±	0,02	0,09	±	0,01	**
	2	18	<,0001	0,31	±	0,03	0,45	±	0,02	**
		25	0,0048	0,15	±	0,02	0,10	±	0,01	**
	3	17	<,0001	0,18	±	0,01	0,26	±	0,01	**
		19	<,0001	0,24	±	0,02	0,22	±	0,01	n.s
Pueblo Bello	1	18	<,0001	0,86	±	0,02	0,82	±	0,01	n.s
		22	<,0001	0,24	±	0,03	0,19	±	0,01	n.s
	3	9	0,0081	0,24	±	0,02	0,16	±	0,01	n.s
		12	0,0081	0,84	±	0,02	0,87	±	0,01	n.s
El Tambo	2	22	<,0001	0,31	±	0,02	0,33	±	0,01	n.s
		25	<,0001	0,35	±	0,03	0,22	±	0,01	**
	3	23	0,0012	0,25	±	0,02	0,28	±	0,01	n.s
		25	<,0001	0,30	±	0,02	0,22	±	0,02	*

Los datos de los grupos de porte son las medias ± error estándar (EE); F: Prueba de F; \* y \*\*: Dentro de la fila indica diferencias estadísticas entre grupos de genotipos al 95 y al 99%, respectivamente; n.s: no hay diferencias significativas.

(8% a 13%) en los picos principales del segundo y tercer semestre floral, respecto a los genotipos de porte bajo. Sin embargo, en los picos secundarios ambos portes fueron estadísticamente iguales. Los picos principales y secundarios de floración en cada semestre floral, muestran que la suma de los porcentajes de floración tendió a concentrarse más en los genotipos de porte alto (mayores al 56%) (Tabla 16).

La información analizada muestra que la respuesta de los genotipos de porte alto y bajo, en términos de distribución de la floración, está ligada a las condiciones ambientales predominantes en una determinada localidad. Por esta razón, aunque existen diferencias significativas entre genotipos de porte alto y bajo para una localidad por semestre, estas no fueron consecutivas al observar su comportamiento entre localidades.

**FIS104001. Evaluación de la respuesta del café a diferentes bioestimulantes.**

Este estudio se realizó en la Estación Experimental Naranja, donde se evaluó el efecto de los inductores florales ácido giberélico y nitrato de potasio durante la inducción de nudos en la floración y producción del genotipo de variedad Castillo@CX.2720 establecido a una densidad de 3.333 plantas/ha. En un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones, se evaluaron los inductores de floración: ácido giberélico (GA3 - 100 mg L-1), nitrato de potasio (KNO3 - 15 g L-1), su combinación (AG<sub>3</sub>+KNO<sub>3</sub>), además de un testigo sin aplicación. Las aplicaciones se realizaron en julio y noviembre, para afectar la floración del primer semestre (enero - junio) del siguiente año. Se registró el número de botones florales promedio por rama, la producción de café cereza y las

tasas medias de crecimiento absoluto para el diámetro del tallo, la altura de tallo y el número de nudos plagiotrópicos.

Las tasas de crecimiento absoluto para las características diámetro del tallo, altura y número de nudos plagiotrópicos, no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (Pr ≥ 0,05). Sin embargo, cabe mencionar que el tratamiento GA3 + KNO3 presentó el menor crecimiento vegetativo mensual de los cuatro tratamientos evaluados (Tabla 17).

En la Figura 49 se presenta la distribución del porcentaje de floración por semana, junto con la precipitación correspondiente. En el año 2015, el principal pico de floración del semestre se presentó en la cuarta semana, con valores que oscilaron entre el 63% y 68% para los tratamientos. Esto lo propició la ausencia de lluvias en las tres primeras semanas, que posteriormente se interrumpió por una precipitación de 120 mm, en la cuarta semana. Luego en la quinta, séptima y undécima semana se presentaron picos de floración secundarios con valores entre 5% y 12%. En la doceava semana se

alcanzó entre el 91% y el 95% del total de las flores registradas en todos los tratamientos, sin alguna diferencia notable entre ellos durante el período evaluado. El primer semestre de 2015 también destacó por ser el más seco respecto a los años 2016 y 2017, con una pluviosidad de 989 mm.

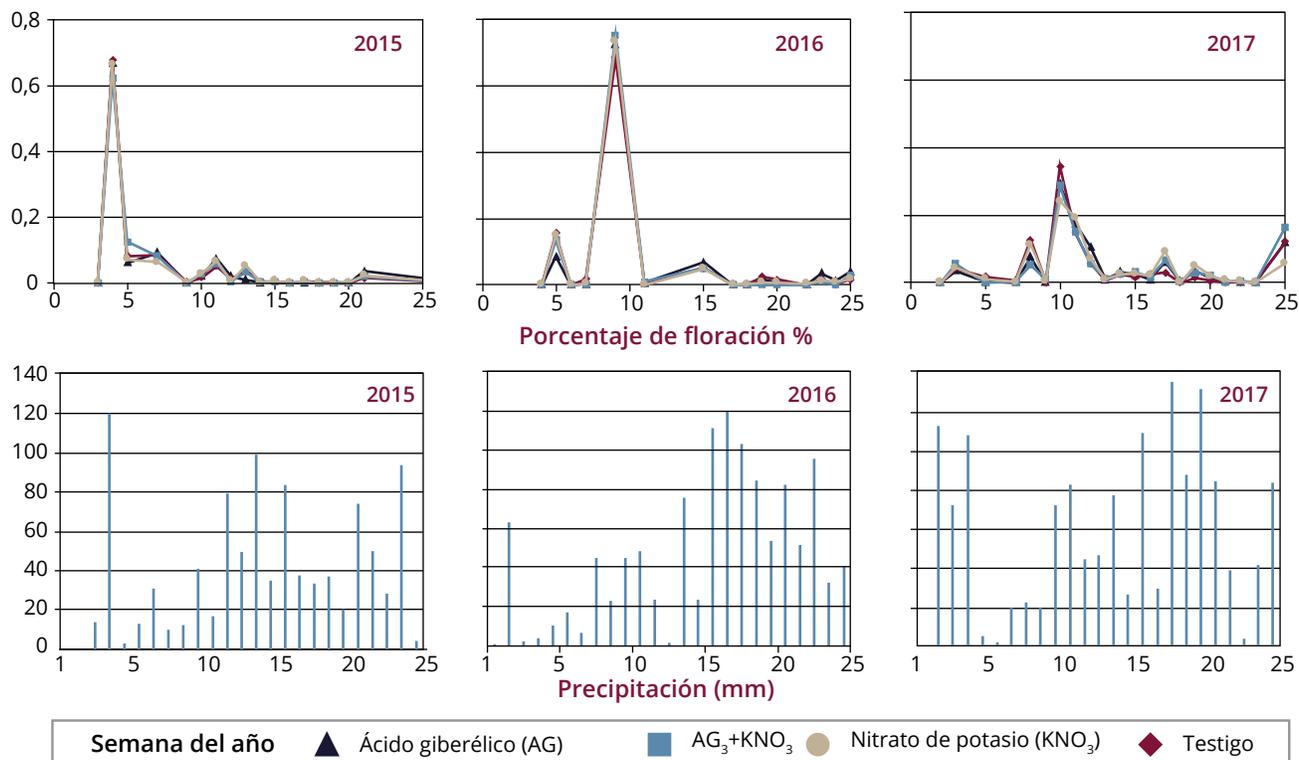
Las lluvias en mayor frecuencia durante las diez primeras semanas de 2016, atenuaron el estrés en las plantas de café, hecho que retardó el pico de floración principal respecto al año anterior. No obstante, durante este tiempo la menor precipitación (218 mm) favoreció levemente al pico principal de floración (entre 68% y 75%), en referencia a las lluvias de las diez primeras semanas de 2015 (246 mm). En la quinta y decimoquinta semana se presentaron otros picos de floración, los cuales no superaron el 15%. La diferencia entre los tratamientos y el testigo no fue acentuada (Figura 49). El primer semestre de 2016, La pluviosidad fue de 1.168 mm.

En el 2017, la precipitación de las diez primeras semanas fue casi el doble (426 mm) de

**Tabla 17.** Efecto de tres tratamientos y el testigo sobre la tasa de crecimiento absoluto para las variables diámetro de tallo (G-DIAM), altura de tallo (G-ALT) y número de nudos plagiotrópicos (G-NP) en el genotipo de café CX2720 (*C. arabica*).

Tratamiento	$\bar{G}$ -DIAM (mm mes)	$\bar{G}$ -ALT (cm mes)	$\bar{G}$ -NP (No. mes)
Ácido giberélico (AG)	0,60 ± 0,03 a	2,11 ± 0,22 a	0,69 ± 0,06 a
Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	0,60 ± 0,07 a	2,10 ± 0,14 a	0,66 ± 0,02 a
AG <sub>3</sub> + KNO <sub>3</sub>	0,52 ± 0,05 a	1,80 ± 0,10 a	0,64 ± 0,04 a
Testigo	0,58 ± 0,03 a	2,30 ± 0,23 a	0,76 ± 0,05 a
$\bar{x}$	0,58	2,08	0,68
RCME	0,11	0,41	0,11
Pr > F	0,64	0,33	0,38

$\bar{x}$ : media general; RCME: raíz del cuadrado medio del error; Pr > F: significancia del análisis de varianza. Letras iguales en misma columna no difieren significativamente entre tratamientos (Prueba de Tukey, α= 0,05). Los datos de los tratamientos son las medias ± error estándar de cinco observaciones.



**Figura 49.** Efecto de tres tratamientos y el testigo en el porcentaje de floración del genotipo de café CX2720 (*C. arabica*) [arriba] y precipitación semanal en la Estación Experimental Naranjal [abajo], para los años 2015, 2016 y 2017, durante el primer semestre del año (enero – junio).

lo registrado en 2016, motivo por el cual, el pico principal de floración (decima semana) se redujo notablemente (entre el 24% y el 36%) y se postergó más que en los años 2015 y 2016. En este pico, el tratamiento GA3 + KNO<sub>3</sub> obtuvo un 10% más de flores que el testigo, lo cual no fue relevante. Luego en la undécima semana, un segundo pico de importancia se observó, con valores entre 14% y 19%. Otros cuatro picos con valores inferiores al 12% se registraron en las semanas 8, 12, 17 y 25. El primer semestre del 2017 al ser el más húmedo (1.430 mm) de los tres evaluados, también presentó el mayor número de eventos de floración (Figura 49).

La variable número de botones florales promedio por rama no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ( $Pr \geq 0,05$ ), en los años 2015, 2016 y 2017 y su total (Tabla 18). Esta respuesta es similar a

la obtenida en la distribución porcentual de la floración (Figura 49). En el 2017 el número de flores disminuyó a causa de la alta precipitación registrada.

La producción de café cereza no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ( $Pr \geq 0,05$ ), al evaluarse anualmente o en su totalidad (Tabla 19). La producción en el segundo semestre

**Tabla 18.** Efecto de cuatro tratamientos en el número de botones florales promedio por rama (NBFR) en el genotipo de café CX2720 (*C. arabica*).

Tratamiento	NBFR			
	2015	2016	2017	Total
Ácido giberélico (AG)	89 ± 20 a	100 ± 6 a	75 ± 10 a	265 ± 33 a
Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	122 ± 14 a	124 ± 22 a	57 ± 7 a	303 ± 28 a
AG <sub>3</sub> +KNO <sub>3</sub>	104 ± 23 a	90 ± 15 a	52 ± 8 a	246 ± 32 a
Testigo	99 ± 18 a	124 ± 16 a	49 ± 7 a	272 ± 36 a
$\bar{x}$	104	110	58	271
RCME	47	39	20	82
Pr > F	0,73	0,42	0,22	0,74

$\bar{x}$ : media general; RCME: raíz del cuadrado medio del error; Pr > F: significancia del análisis de varianza. Letras iguales en misma columna no difieren significativamente entre tratamientos (Prueba de Tukey,  $\alpha = 0.05$ ). Los datos de los tratamientos son las medias ± error estándar de cinco observaciones.

**Tabla 19.** Efecto de cuatro tratamientos en la producción de café cereza por parcela (PCC) en el genotipo de café CX2720 (*C. arabica*).

Tratamiento	PCC (kg)			
	2015	2016	2017	Total
Ácido giberélico (AG)	39 ± 4 a	48 ± 9 a	9 ± 1 a	97 ± 13 a
Nitrato de potasio (KNO <sub>3</sub> )	37 ± 2 a	44 ± 4 a	9 ± 1 a	89 ± 5 a
AG <sub>3</sub> +KNO <sub>3</sub>	44 ± 8 a	39 ± 8 a	8 ± 2 a	90 ± 16 a
Testigo	35 ± 2 a	47 ± 6 a	7 ± 1 a	89 ± 8 a
$\bar{x}$	39	44	8	91
RCME	9	15	3	22
Pr > F	0,50	0,76	0,46	0,93

$\bar{x}$ : media general; RCME: raíz del cuadrado medio del error; Pr > F: significancia del análisis de varianza. Letras iguales en misma columna no difieren significativamente entre tratamientos (Prueba de Tukey,  $\alpha= 0,05$ ). Los datos de los tratamientos son las medias ± error estándar de cinco observaciones.

de 2017 se redujo como consecuencia de las bajas floraciones registradas en el primer semestre del mismo año.

El uso de inductores florales como ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) y nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) en café durante el proceso de inducción de nudos, no repercutió significativamente en la cantidad de botones florales o en la distribución de la floración respecto al testigo. La producción de café cereza y el crecimiento vegetativo tampoco fueron afectados de forma significativa. La precipitación influyó en la distribución de la floración, afectando negativamente la concentración de flores en los picos principales.

**FIS103003. Identificación de accesiones de *Coffea arabica* tolerante a la acidez del suelo.**

Uno de los factores limitantes de la producción en muchas regiones cafeteras de Colombia es la acidez del suelo. De acuerdo a los registros históricos de los análisis de laboratorio realizados durante los últimos 20 años, un alto porcentaje de las muestras evaluadas presenta valores de pH menores de 5,0. La evaluación de genotipos pertenecientes a una colección núcleo, que represente la máxima variabilidad genética de la Colección Colombiana de Café, permitiría la identificación de genotipos tolerantes que servirían como progenitores para el desarrollo de variedades de café tolerantes a la acidez del suelo. En el 2017 se evaluaron 25 genotipos y en el 2018, en la segunda fase del proyecto, se evaluaron los 20 genotipos restantes, sembrados en dos tipos de suelo y por cada tipo de suelo, dos condiciones de acidez: la del suelo como tal y ajustada por enmienda con cal a 5,2. La unidad experimental fue el colino colocado en una bolsa con 2 kg de suelo. Por cada tratamiento se sembraron 25 unidades experimentales, definidas

estadísticamente. Adicionalmente se seleccionó la variedad Castillo® Naranjal como genotipo comercial de café. Se recolectó la semilla y se sembraron en germinadores de acuerdo a las recomendaciones técnicas de Cenicafé. La selección de los genotipos tolerantes se realizó mediante una metodología utilizada en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) para el desarrollo de variedades tolerantes al aluminio.

**Características fisicoquímicas de los suelos.** En la finca San Gil, municipio de Cubarral (Meta) se recolectaron dos toneladas de suelo y se trasladaron a la Estación Experimental Naranjal donde se estableció el experimento. En la Estación Naranjal se recolectaron dos toneladas de suelo de un lote que tenía pH ácido. En la Tabla 20 se presentan las principales características de cada suelo. El suelo con pH ácido de

**Tabla 20.** Características fisicoquímicas de los suelos ácidos de Cubarral (Meta) y Naranjal (Caldas) empleados en la evaluación de genotipos tolerantes a la acidez edáfica.

Característica	Tipo de suelo	
	Naranjal	Cubarral
pH	4,6	3,8
Materia Orgánica (%)	13,56	3,9
Nitrógeno (%)	0,51	0,18
K (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,36	1,96
Ca (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,64	0,42
Mg (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,24	0,17
Na (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,05	0,06
Al (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,45	2,42
P (mg kg <sup>-1</sup> )	32	315
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	ND	ND
Arena (%)	44	36
Limo (%)	28	44
Arcilla (%)	28	20
Textura Suelo	F.Ar.	Ar.

cada localidad se dividió en dos partes y una de ellas se enaló con cal dolomítica, de acuerdo a los resultados de los análisis fisicoquímicos. El suelo con enmienda se dejó madurar durante un mes y el pH corregido se verificó mediante análisis de laboratorio. Se prepararon las bolsas de almácigo con 2 kg de suelo de cada localidad y con las dos condiciones de pH.

**Material Vegetal.** Se evaluaron 19 introducciones del Banco de Germoplasma de Cenicafé y la variedad Castillo® Naranjal como genotipo comercial. Se recolectó la semilla y se sembraron en germinadores de acuerdo a las recomendaciones técnicas de Cenicafé. A los seis meses de edad se evaluaron las variables: altura parte aérea (cm), longitud de raíz (cm) y materia seca (g).

**Tabla 21.** Promedios de materia seca de los genotipos sembrados en el suelo de Naranjal con pH 4,6 (ácido) y corregido con cal hasta pH 5,38 (enmienda); E.E.= error estándar.

Suelo Naranjal				
Genotipo	Materia seca (g)			
	Ácido	E.E.	Enmienda	E.E.
E364	0,88	0,22	1,21	0,46
E365	3,78	0,62	2,08	0,37
E336	3,08	0,43	2,66	0,54
E146	6,25	0,41	4,81	0,50
E290	3,57	0,36	4,32	0,44
E085	5,28	0,64	3,41	0,64
E071	3,43	0,26	2,54	0,41
E042	3,85	0,50	3,63	0,59
E428	2,92	0,22	3,95	0,35
E114	3,29	0,22	3,83	0,37
E420	2,39	0,27	1,20	0,34
E554	4,93	0,27	5,35	0,40
ET57	3,54	0,28	3,96	0,46
ET06	5,12	0,46	5,10	0,44
ET27	4,72	0,27	4,06	0,60
SL-28	5,25	0,36	3,86	0,43
Castillo® Naranjal	6,14	0,58	5,55	0,47
S-17IrGalem	3,81	0,53	2,85	0,37
HdeT	6,45	0,55	4,81	0,67
RumeSudan	7,26	0,41	7,35	0,71

En la Tabla 21 se describe el promedio en gramos de materia seca correspondiente a cada genotipo sembrado en el suelo de Naranjal en los dos niveles de acidez. En términos generales, se observó respuesta positiva de la materia seca en aproximadamente el 35% de los genotipos sembrados en el suelo con la enmienda. En la Tabla 22 se describe el promedio en gramos de materia seca correspondiente a cada genotipo sembrado en el suelo de Cubarral. En este caso se observó que el 55% de los genotipos aumentaron su materia seca en suelo con enmienda.

### Selección de genotipos tolerantes a la acidez

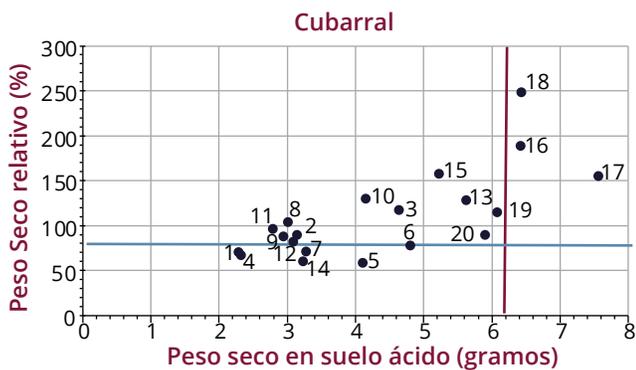
**Método del cuadrante.** En este experimento, los genotipos S-17 Sir Galem, Híbrido de Timor

**Tabla 22.** Promedio de materia seca de los genotipos sembrados en el suelo de Cubarral con pH 3,8 (ácido) y corregido con cal hasta pH 5,72 (enmienda); E.E.=error estándar.

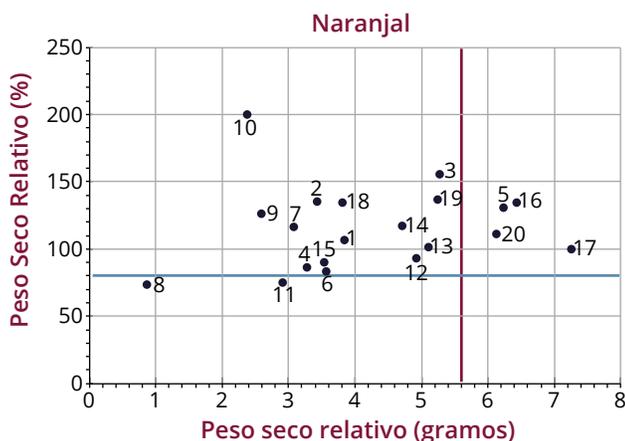
Suelo Cubarral				
Genotipo	Peso seco (g)			
	Ácido	E.E.	Enmienda	E.E.
E364	3,02	0,42	2,94	0,38
E365	2,95	0,46	3,40	0,51
E336	3,28	0,50	4,67	0,41
E146	4,11	0,39	7,09	0,52
E290	4,81	0,64	6,21	0,58
E085	4,65	0,51	3,98	0,56
E071	3,15	0,30	3,54	0,45
E042	2,30	0,26	3,30	0,35
E428	2,79	0,23	2,93	0,40
E114	2,33	0,19	3,53	0,38
E420	4,15	0,29	3,23	0,37
E554	3,09	0,21	3,80	0,43
ET57	5,23	0,49	3,34	0,55
ET06	5,63	0,39	4,42	0,42
ET27	3,24	0,23	5,46	0,36
SL-28	6,09	0,59	5,35	0,44
Castillo® Naranjal	5,90	0,47	6,67	0,58
S-17IrGalem	6,43	0,55	2,60	0,37
HdeT	6,42	0,70	3,42	0,43
RumeSudan	7,56	0,60	4,89	0,59

y Rume Sudán clasificaron en el cuadrante IV, lo que indica tolerancia a la acidez del suelo de Cubarral (Tabla 23, Figura 50). En el suelo de Naranjal los genotipos E146, Castillo® Naranjal, Híbrido de Timor y Rume Sudán se clasificaron en el cuadrante IV (Tabla 24, Figura 51).

**Método del Índice de Tolerancia.** Las Tablas 25 y 26 describen los resultados obtenidos para el cálculo de los índices de tolerancia de los genotipos cultivados en los suelos de Cubarral y Naranjal en condiciones de acidez del suelo, respectivamente.



**Figura 50.** Modelo del cuadrante para la selección de genotipos de *C. arabica* tolerantes a la acidez del suelo de Cubarral (Meta). Los genotipos distribuidos en el cuadrante superior derecho fueron considerados como tolerantes a la acidez (16, 17, 18). 1: E042, 2: E071, 3: E085, 4: E114, 5: E146, 6: E290, 7: E336, 8: E364, 9: E365, 10: E420, 11: E428, 12: E554, 13: ET06, 14: ET27, 15: ET57, 16: HdeT, 17: Rume Sudán, 18: S17-IrGalem, 19: SL-28, 20: Castillo® Naranjal.



**Figura 51.** Modelo del cuadrante para la selección de genotipos de *C. arabica* tolerantes a la acidez del suelo de Naranjal (Caldas). Los genotipos distribuidos en el cuadrante superior derecho fueron considerados como tolerantes a la acidez (5, 16, 17, 20) 1: E042, 2: E071, 3: E085, 4: E114, 5: E146, 6: E290, 7: E336, 8: E364, 9: E365, 10: E420, 11: E428, 12: E554, 13: ET06, 14: ET27, 15: ET57, 16: HdeT, 17: Rume Sudán, 18: S17-IrGalem, 19: SL-28, 20: Variedad Castillo® Naranjal.

**Tabla 23.** Clasificación de genotipos de café de acuerdo a la tolerancia a la acidez del suelo de Cubarral.

Suelo Cubarral			
Genotipo	Materia seca en suelo ácido (g)	Materia seca Relativo (%)	Cuadrante
E364	3,02	102,68	2
E365	2,95	86,89	2
E336	3,28	70,15	1
E146	4,11	58,00	1
E290	4,81	77,38	1
E085	4,65	116,76	2
E071	3,15	88,81	2
E042	2,30	69,58	1
E428	2,79	95,44	2
E114	2,33	65,97	1
E420	4,15	128,74	2
E554	3,09	81,16	1
ET57	5,23	156,65	2
ET06	5,63	127,33	2
ET27	3,24	59,35	1
SL-28	6,09	113,78	2
Castillo®Naranjal	5,90	88,41	2
S-17IrGalem	6,43	247,45	4
HdeT	6,42	187,91	4
RumeSudan	7,56	154,59	4

**Selección de genotipos.** Los genotipos Rume Sudán, Híbrido de Timor (HdeT) y IrGalem S-17 fueron seleccionados como tolerantes a la acidez del suelo de Cubarral. Los tres genotipos se distribuyeron en el cuadrante IV y obtuvieron índices de tolerancia >1. El genotipo Rume Sudán obtuvo el mayor crecimiento aéreo (43,77 cm; P(T<=t) 0,04) y la mayor materia seca (7,56 g; P(T<=t) 0,04), seguido de HdeT (40,36 cm P(T<=t) 0,02; 6,42 g), y de IrGalem S17 (39,97 cm P(T<=t) 0,14; 6,43 g). En cuanto al crecimiento de la raíz no se encontraron diferencias significativas entre introducciones. La variedad Castillo® Naranjal obtuvo una materia seca (g) y una altura (cm) menor que Rume Sudán en 22% y 35%, respectivamente (Tabla 26).

Los genotipos Rume Sudán, Híbrido de Timor (HdeT), E146, variedad Castillo® Naranjal y E085 fueron

**Tabla 24.** Clasificación de genotipos de café de acuerdo a la tolerancia a la acidez del suelo de Naranjal.

Suelo Naranjal			
Genotipo	Materia seca en suelo ácido (g)	Materia seca Relativo (%)	Cuadrante
E364	0,88	73,03	1
E365	2,60	125,18	2
E336	3,08	115,89	2
E146	6,25	129,84	4
E290	3,57	82,70	1
E085	5,28	154,83	2
E071	3,43	134,88	2
E042	3,85	106,20	2
E428	2,92	74,05	1
E114	3,29	85,83	1
E420	2,39	199,60	2
E554	4,93	92,15	2
ET57	3,54	89,50	1
ET06	5,12	100,38	2
ET27	4,72	116,15	2
SL-28	5,25	135,96	2
Castillo@Naranjal	6,14	110,68	4
S-17IrGalem	3,81	133,74	2
HdeT	6,45	133,90	4
RumeSudan	7,26	98,78	4

seleccionados como tolerantes a la acidez del suelo de Naranjal. Los cinco genotipos se distribuyeron en el cuadrante IV, a excepción de la introducción E085 y obtuvieron índices de tolerancia >0,9 (Tabla 27). El genotipo Rume Sudán obtuvo el mayor crecimiento aéreo (43,03 cm;  $P(T<=t)$  0,0002) y mayor materia seca (7,26 g;  $P(T<=t)$  0,01), seguido del genotipo E146 (43,1 cm  $P(T<=t)$  0,0007); 6,38 g). El genotipo comercial variedad Castillo® Naranjal obtuvo una materia seca (g) y una altura (cm) menor que Rume Sudán de 15% y 35%, respectivamente (Tabla 28). En cuanto al crecimiento de la raíz no se encontraron diferencias significativas entre genotipos.

**Tabla 25.** Índice de tolerancia de los genotipos de café sembrados en suelo de Cubarral y calculado a partir de la materia seca obtenida de las plantas en almácigo con suelo ácido (pH 3,8) y con suelo corregido por enmienda (pH 5,72).

Suelo Cubarral			
Genotipo	Materia seca (g)		Índice tolerancia
	Ácido/enmienda	Acido/máximo ácido	
E364	1,03	0,40	0,41
E365	0,87	0,39	0,34
E336	0,70	0,43	0,30
E146	0,58	0,54	0,31
E290	0,77	0,63	0,49
E085	1,17	0,61	0,71
E071	0,89	0,41	0,37
E042	0,70	0,30	0,21
E428	0,95	0,37	0,35
E114	0,66	0,31	0,20
E420	1,29	0,55	0,70
E554	0,81	0,41	0,33
ET57	1,57	0,69	1,08
ET06	1,27	0,74	0,94
ET27	0,59	0,43	0,25
SL-28	1,14	0,80	0,91
Castillo@Naranjal	0,88	0,78	0,69
S-17IrGalem	2,47	0,85	2,09
HdeT	1,88	0,84	1,59
RumeSudan	1,55	1,00	1,54

El análisis de estos resultados concluye que los genotipos Híbrido de Timor y Rume Sudán son tolerantes a la acidez tanto del suelo de Cubarral como el de Naranjal, por lo que se podrían seleccionar como candidatos promisorios para progenitores en un programa de mejoramiento genético del café. El Híbrido de Timor es uno de los progenitores de la variedad Castillo® y sus regionales, incluyendo la variedad Castillo® Naranjal, la cual demostró que es tolerante a la acidez del suelo de Naranjal.

**Tabla 26.** Índice de tolerancia de los genotipos de café sembrados en suelo de Naranjal y calculado a partir de la materia seca obtenida de las plantas en almácigo con suelo ácido (pH 4,6) y con suelo corregido por enmienda (pH 5,38).

Suelo Naranjal			
Genotipo	Materia seca (g)		Índice tolerancia
	Ácido/ enmienda	Acido/ máximo ácido	
E364	T	0,12	0,09
E365	1,25	0,36	0,45
E336	1,16	0,42	0,49
E146	1,30	0,86	1,11
E290	0,83	0,49	0,40
E085	1,55	0,72	1,12
E071	1,35	0,47	0,63
E042	1,06	0,53	0,56
E428	0,74	0,40	0,30
E114	0,86	0,45	0,39
E420	2,00	0,33	0,65
E554	0,92	0,68	0,62
ET57	0,90	0,49	0,43
ET06	1,00	0,70	0,70
ET27	1,16	0,65	0,75
SL-28	1,36	0,72	0,98
Castillo@Naranjal	1,11	0,84	0,93
S-17IrGalem	1,34	0,52	0,70
HdeT	1,34	0,88	1,18
RumeSudan	0,99	0,99	0,98

**Tabla 27.** Selección de genotipos tolerantes a la acidez en el suelo de Cubarral.

Suelo ácido Cubarral					
Genotipo	Cuadrante	Peso seco (g)	Longitud raíz (cm)	Altura (cm)	Índice tolerancia
S-17IrGalem	4	6,43	31,18	39,97	2,09
HdeT	4	6,42	28,30	40,36*	1,59
RumeSudan	4	7,56*	28,34	43,77*	1,54
Castillo@Naranjal	2	5,90	29,00	28,30	0,69

(\*)significancia prueba t-student de comparación de la media de materia seca, longitud de la raíz y altura, del respectivo genotipo, con la media de todos los genotipos en condición de acidez (nivel de significancia del 95%).

**Tabla 28.** Selección de genotipos tolerantes a la acidez en el suelo de Naranjal.

Suelo ácido Naranjal					
Genotipo	Cuadrante	Peso seco (g)	Longitud raíz (cm)	Altura (cm)	Índice tolerancia
E146	4	6,38*	25,5	43,1*	1,11
RumeSudan	4	7,26*	30,34	43,03*	0,98
E085	4	5,28	25,26	35,56	1,12
HdeT	4	6,45	30,37	39,6	1,18
Castillo@Naranjal	4	6,14	30,19	28,8	0,93

(\*)significancia prueba t-student de comparación de la media de materia seca, longitud de la raíz y altura, del respectivo genotipo, con la media de todos los genotipos en condición de acidez (nivel de significancia del 95%).

## Fitopatología

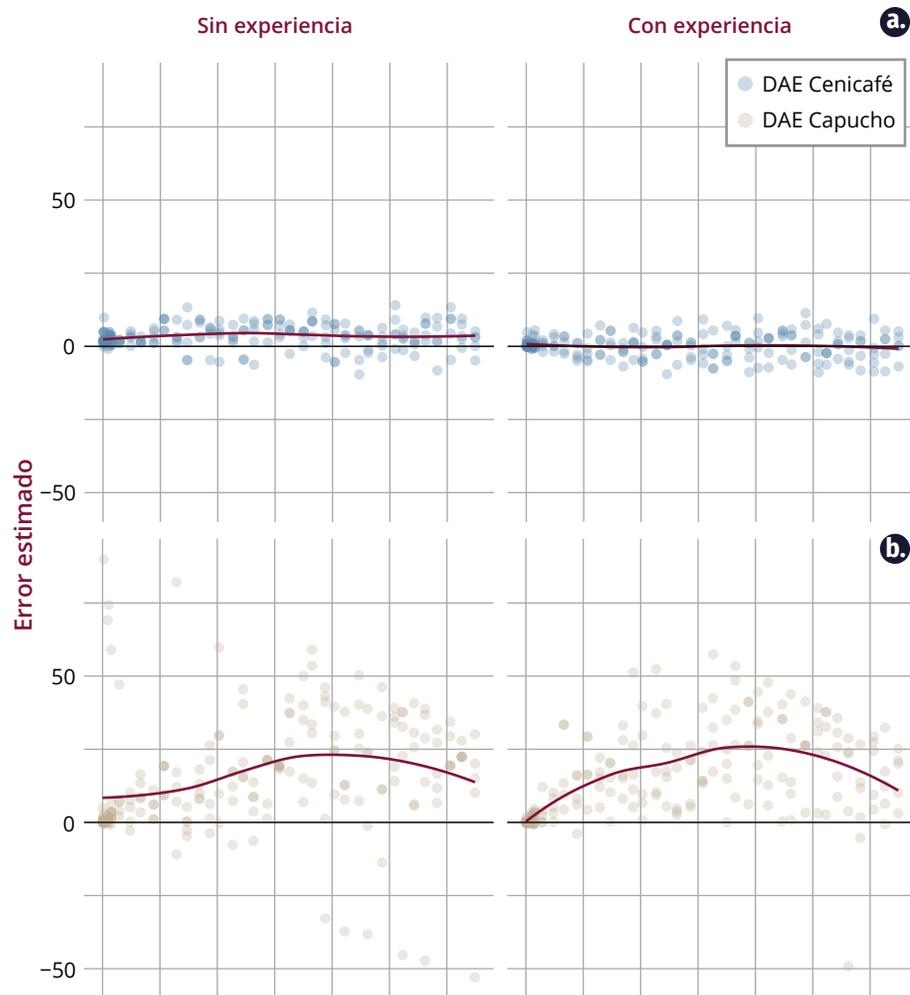
### Evaluación y monitoreo de roya

**PAT103002. Desarrollo y validación de diagramas de área estándar para la cuantificación de severidad de roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.).** Para estudiar la epidemiología de una enfermedad de importancia económica y el establecimiento de programas de monitoreo y manejo, son requisitos fundamentales la evaluación de la incidencia y la severidad. En este proyecto se desarrollaron y validaron dos Diagramas de Área Estándar (DAE) para estimar la severidad de la roya en condición natural e inoculada sobre hojas de plantas de café. Ambos diagramas presentados en la vigencia anterior (2016-2017), mejoraron significativamente la capacidad de los evaluadores en la precisión, exactitud y confiabilidad de las estimaciones de severidad de roya en ambos estados, que una vez realizado el entrenamiento, pueden ser empleados en procesos experimentales y de monitoreo para cuantificar la enfermedad. Para completar este proyecto, se realizó la comparación del DAE desarrollado en Cenicafé para roya en condiciones naturales, con respecto al DAE más reciente desarrollado en el Brasil, el cual consta de seis imágenes con sus respectivos porcentajes de área afectada entre 2,5% y 80,0%. La validación se realizó por 20 evaluadores (diez inexpertos y diez expertos), de acuerdo con su experiencia en la cuantificación de la enfermedad. Primero se hizo sin la ayuda del DAE y luego con el DAE de Brasil. Los análisis de coeficiente de correlación y concordancia de Lin de la severidad



actual versus la estimada, mostraron que la precisión y la exactitud fueron mejorados cuando los evaluadores usaron el DAE publicado. Basados en el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), ambos diagramas mejoran la capacidad de los evaluadores en la precisión, exactitud y confiabilidad de las estimaciones de severidad de roya en condiciones naturales. Sin embargo, en las estimaciones de severidad usando el DAE de Brasil, el  $R^2$  fue de 0,74 para expertos y 0,61 para inexpertos. Al compararlo con el DAE desarrollado en Cenicafé, se evidenció mayor precisión en la estimación del área afectada, con  $R^2$  del 0,99 para expertos y 0,98 para inexpertos (Figura 52). Además, no existieron diferencias significativas que puedan conducir a un error de estímulo visual el emplear el diagrama de Cenicafé, el cual está listo para implementarse.

**PAT103001- PAT101001. Monitoreo de Roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.).** La roya del cafeto continúa su avance sobre las variedades de café susceptibles y resistentes sembradas en el país, como un proceso biológico que es normal y dinámico. Desde 1995 se evalúa su incidencia mediante la escala de Eskes y Toma-Braghini, para árboles completos de 125 genotipos experimentales de café derivados de cruzamientos de Caturra por Híbrido de Timor 1343, con diferente segregación para roya, además de 52 materiales del Híbrido de Timor y cinco diferenciales del CIFC de Portugal. De igual forma, se monitorea el comportamiento de la enfermedad en los componentes de las variedades resistentes desarrolladas por FNC – Cenicafé (Castillo ® y Cenicafé 1), lo cual es requerido para su manejo y recomposición. Se realizaron tres evaluaciones cuantitativas de incidencia y severidad en hojas de ramas de los tres estratos del árbol, plantados individualmente como parcelas, en diferentes Estaciones Experimentales de Cenicafé. Se consideraron los patrones de distribución de cosecha, la alta relación de la roya con la fenología y la producción del cultivo y las interacciones del genotipo con el ambiente local. En general, se puede indicar que la roya continúa desarrollando razas, coevolucionando y adaptándose a todos los materiales resistentes derivados de cruzamientos de Caturra x Híbrido de Timor 1343, infectando e incrementando su incidencia y severidad en plantas que no eran infectadas inicialmente. En el caso de los componentes Castillo ® y Cenicafé 1, todas las progenies registraron presencia de pústulas de roya, con incidencia baja a moderada, dependiendo de la edad y localidad, cuando están sembradas individualmente, pero



**Figura 52.** Análisis comparativo de la distribución de puntos y el error estimado para la estimación de severidad por roya en condiciones naturales utilizando los Diagrama de Área Estándar, **a.** desarrollado en Cenicafé, y **b.** publicado en Brasil.

dada la alta resistencia incompleta la severidad es aún baja, donde cerca del 90% de las hojas infectadas tienen menos del 10% de área afectada para la mayoría de ellas. Estos resultados contribuyen al programa de mejoramiento genético para la recomposición de Castillo® en sus nuevas versiones zonales (Norte, Centro y Sur). Además, se apoya la evaluación de otras fuentes de resistencia en la Colección Colombiana de Café, lo cual es estratégico para la sostenibilidad de la caficultura de Colombia. Finalmente, se continúan los análisis de las evaluaciones de diagnóstico nacional realizados cada tres meses por el Servicio de Extensión de la FNC, apoyados por las Disciplinas de Biometría, Entomología, Suelos y Fitopatología.

**ENT107006. Fortalecimiento de los sistemas de alertas para problemas fitosanitarios y fenología de la planta de café. Convenio SGR Huila. Componente Disciplina de Fitopatología.**

Con el objetivo de estudiar la epidemiología de las principales enfermedades del cultivo del café en el departamento del Huila y aproximarse al desarrollo de un sistema de alertas tempranas que apoyen su manejo, se realizó el seguimiento de la roya (*Hemileia vastatrix*) y muerte descendente (*Phoma* spp.), en dos transectos altitudinales

entre los 1.200 y 1.800 m en los municipios de Pitalito y La Plata, en las variedades Caturra (susceptible a roya) y Castillo® (resistente a roya). Entre 2017-2018 se observó un comportamiento similar en la dinámica de la roya (incidencia, severidad y defoliación) en las cuatro localidades por transecto, con diferencias en la magnitud entre localidades y entre variedades, siendo mayor en la susceptible y a bajas altitudes (Figura 53). El análisis de favorabilidad climática para roya presentó mejor comportamiento en La Plata, generando cinco alertas, cuatro de ellas identificadas en el campo y que desarrollaron epidemia. En Pitalito se generaron dos alertas para el 2017, según los índices compuestos de infección, pero en el campo se observaron otros tres picos adicionales de epidemia en el 2018, no estimados antes. Esto indica que debe refinarse el análisis para determinar con mayor probabilidad la ocurrencia de estas epidemias.

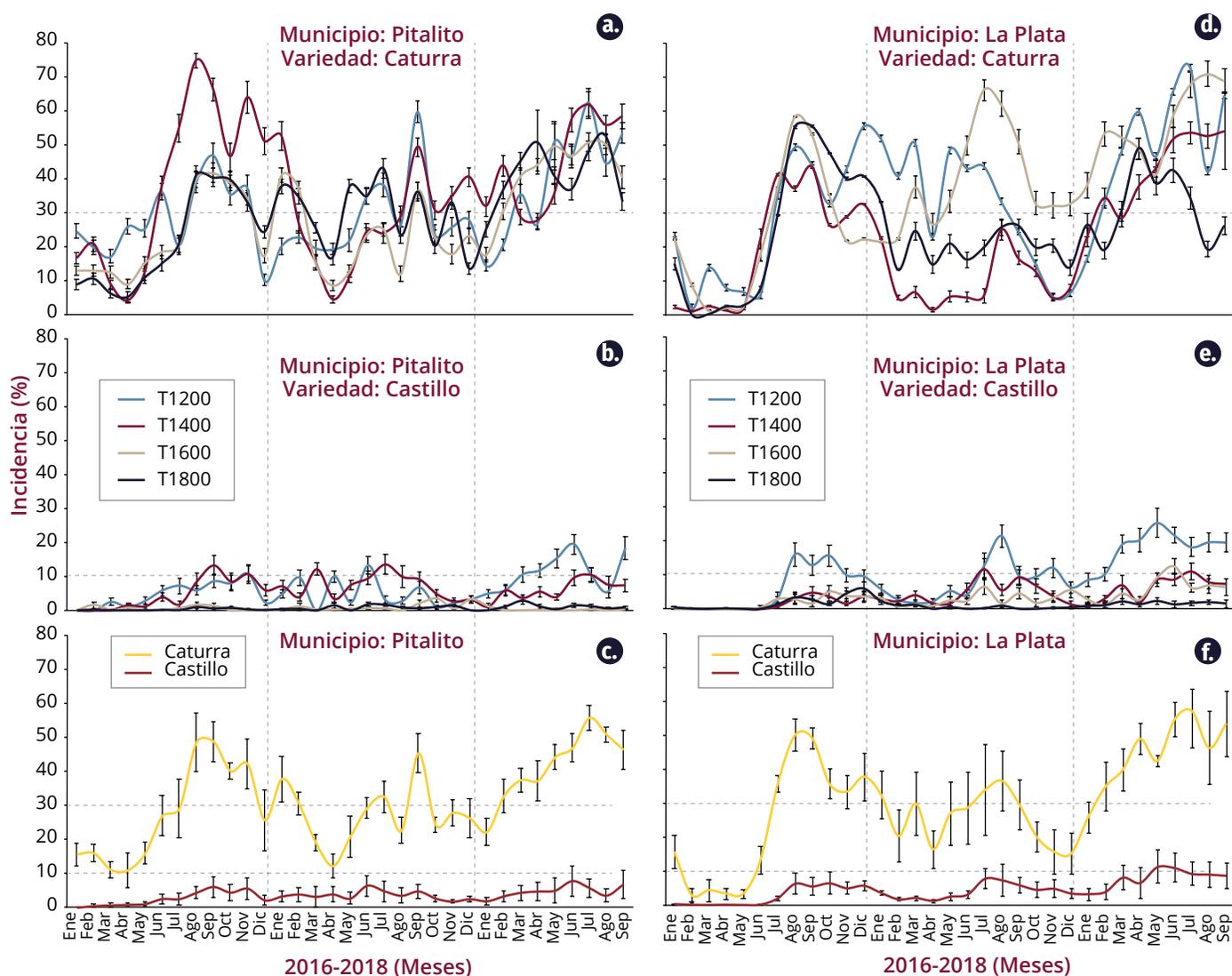
Para validar el manejo integrado de roya en variedad Caturra, en Pitalito a 1.200 m, en el 2017 se controló la enfermedad siguiendo el calendario fijo de aplicaciones, empleando un fungicida sistémico aplicado al suelo, sin lograrse un control adecuado. Para el ciclo de cosecha de 2018, el control se ajustó con base en la floración principal ocurrida en la primera semana de marzo. Las tres aplicaciones del fungicida sistémico al follaje basado en cyproconazole + azoxystrobin, a partir de los 60 días después de floración, controlaron eficientemente la roya, reduciendo la incidencia al 30%, con respecto al empleado por el caficultor y el testigo sin aplicaciones, que superaron valores del 60%.

Para muerte descendente, en ambos municipios, se

registraron incidencias cercanas al 10% en altitudes superiores a 1.600 m en los meses de junio y julio de 2018, condicionado por vientos, bajas temperaturas nocturnas y alta humedad relativa diurna, sin generarse impacto epidemiológico y económico.

**ENT107006. Cuantificación de inóculo en el aire de *Hemileia vastatrix* como un componente a considerar en la epidemiología de la roya del café en cultivos en el Sur del Huila. Convenio SGR Huila. Componente Disciplina de Fitopatología.** Para el desarrollo de alertas tempranas como herramienta para la toma de decisiones basadas en el monitoreo del clima, enfermedades y fenología del cultivo en el Huila, se inició en enero de 2018 una observación experimental para cuantificar el

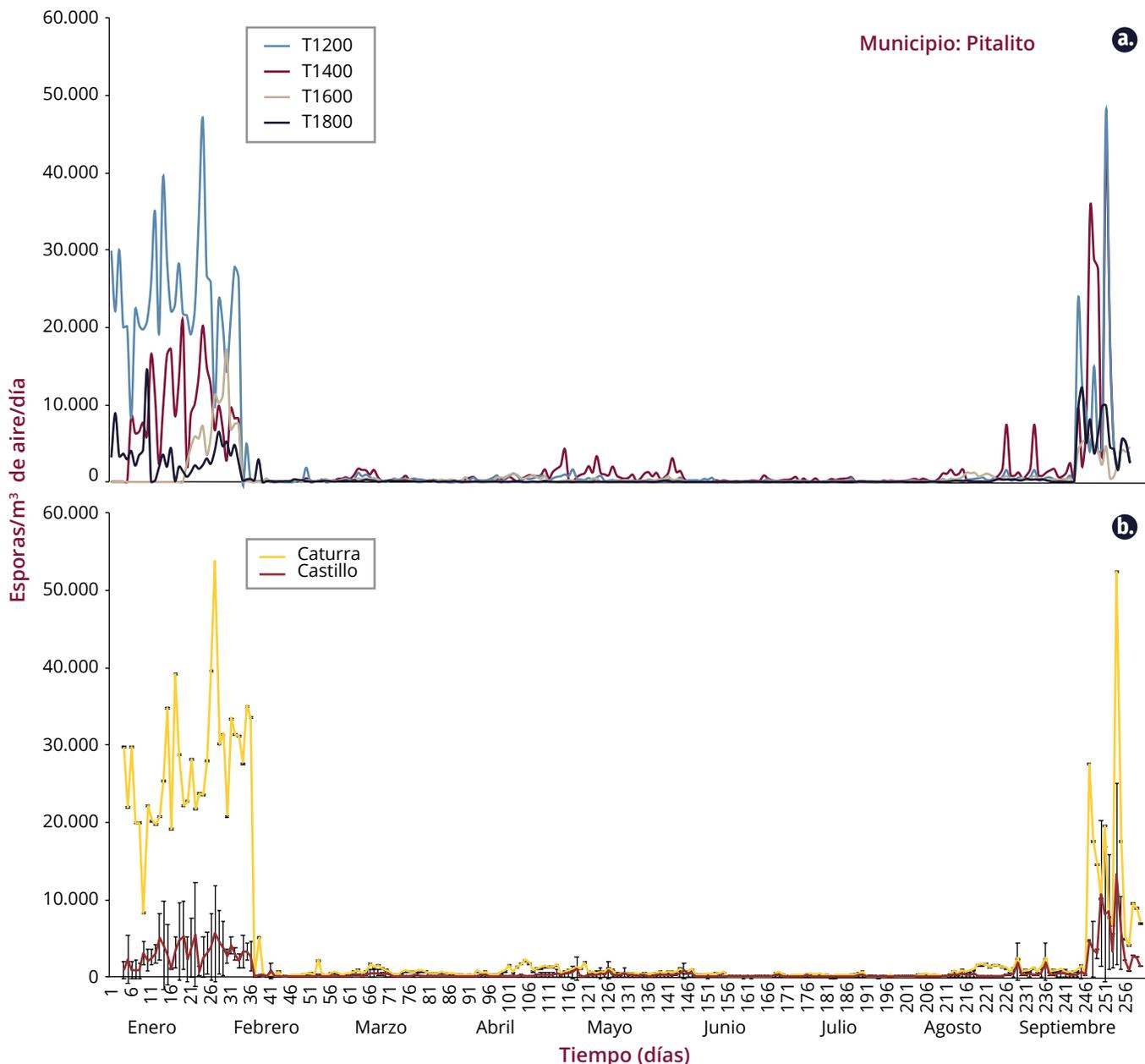
inóculo de *H. vastatrix* en el aire. El objetivo es estudiar patrones de disponibilidad de urediniosporas a través del tiempo y su relación con variables de clima favorables en el campo, para el desarrollo de epidemias en diferentes altitudes. Las urediniosporas son capturadas por succión de aire basado en el modelo *Hirst*, equipo *Lanzoni*® VPPS 2000, y se adhieren a una cinta de captura para 7 días.



**Figura 53.** Dinámica del porcentaje de incidencia de roya del café en las variedades Caturra (susceptible) y Castillo® (resistente), en dos transectos altitudinales, entre 1.200 y 1.800 m en los municipios de Pitalito y La Plata (Huila), para el período de enero de 2016 a septiembre de 2018. **a** y **d**. Comportamiento en la variedad Caturra en cuatro altitudes en los dos municipios. **b** y **e**. Comportamiento en la variedad Castillo® en cuatro altitudes, en los dos municipios. **c-f**. Promedio del comportamiento de la incidencia de roya por municipio en la variedad Caturra frente a variedad Castillo®, en los dos transectos altitudinales. Barras verticales sobre las líneas indican el error estándar.

La cuantificación se realiza mediante el registro horario por procesamiento de las cintas atrapa esporas usando microscopía óptica y análisis de imágenes, para cuatro lotes en el transecto entre 1.200 y 1.800 m de altitud, en el municipio de Pitalito, y luego se relacionan con variables climáticas y de incidencia de roya. Durante los nueve meses de seguimiento, se muestran dos picos de alta presencia de urediniosporas en el aire, en enero y septiembre, en las cuatro altitudes, que se ajustan a las dinámicas respectivas de la epidemia y producción

de café. Se destacan diferencias entre la variedad susceptible Caturra a 1.200 m, que presentó la mayor concentración promedio con 12.000 esporas/m<sup>3</sup> de aire en enero, y 2.500 esporas/m<sup>3</sup> en septiembre, comparada con la variedad resistente Castillo® a 1.400 m de altitud, con 4.300 esporas/m<sup>3</sup> en enero y 3.200 esporas/m<sup>3</sup> en septiembre (Figura 54). Así mismo los mayores picos de concentración de urediniosporas, durante las 24 h del día, se observaron en la noche entre las 20:00 h y 22:00 h, y los picos mínimos entre las 10:00 h y 14:00 h (Figura



**Figura 54.** Concentración promedio de urediniosporas por día, en el transecto altitudinal, en el municipio de Pitalito, para la variedad susceptible Caturra a 1.200 y 1.600 m de altitud, y la variedad resistente Castillo® a 1.400 y 1.800 m, en el período de enero a septiembre de 2018. **a.** Concentración promedio de urediniosporas comparando las cuatro altitudes. **b.** Concentración promedio de urediniosporas por día, comparando las dos variedades, susceptible Caturra y resistente Castillo®.

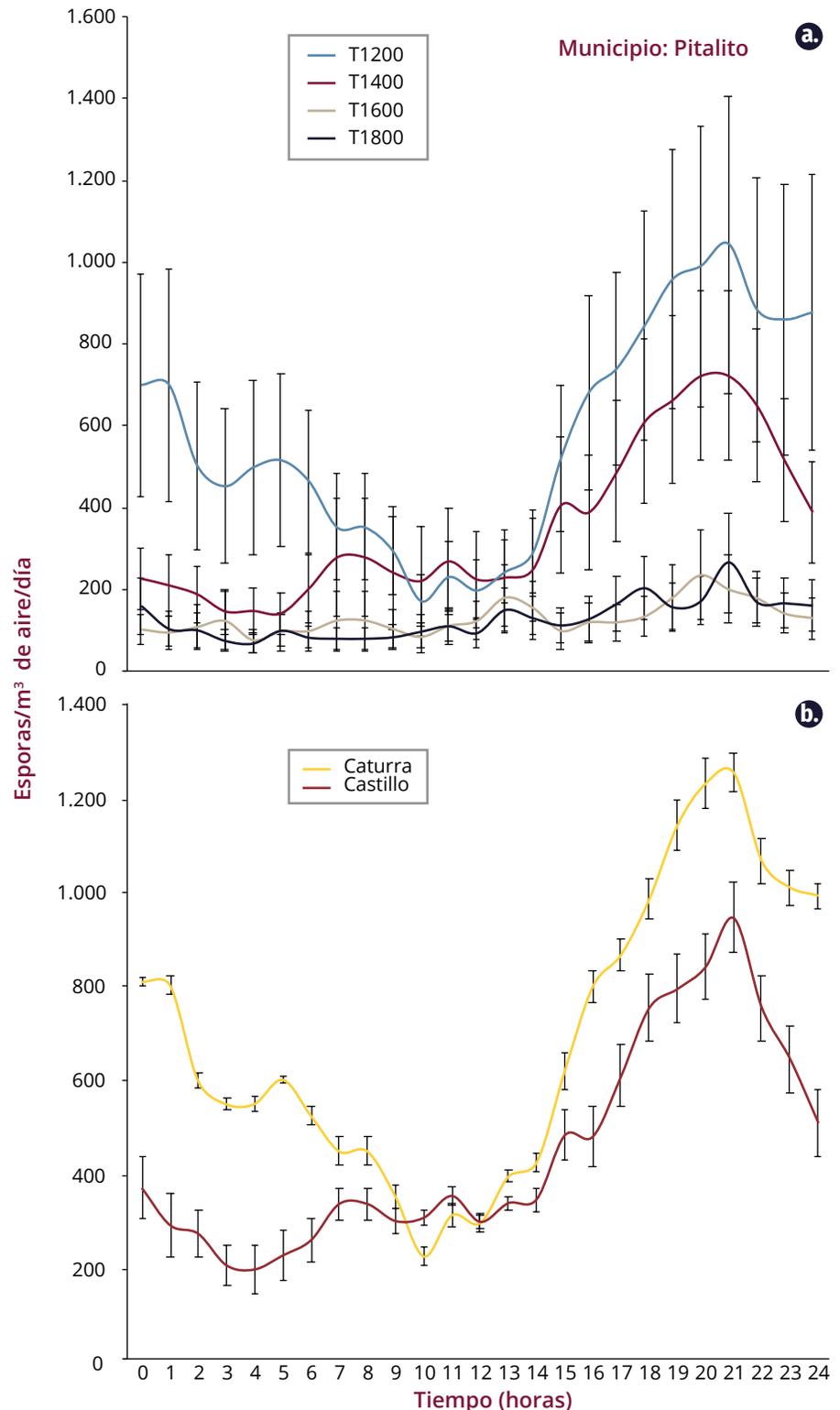
55), cuando la temperatura y radiación es mayor y la humedad relativa menor. Estos resultados, aún preliminares, muestran de forma pionera en Colombia, un acercamiento al conocimiento de la distribución continua del inóculo de roya en el aire en variedades resistentes y susceptibles a diferente altitud.

### Alternativas de manejo químico de enfermedades

En la búsqueda y evaluación de nuevas alternativas para el manejo químico de enfermedades como la roya del café (*Hemileia vastatrix*), la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y el mal rosado (*Erythricium salmonicolor*), uno de los aspectos relevantes es la necesidad de nuevas moléculas y ajustar los criterios para la toma de decisiones, para el inicio del control químico, con prioridad en la roya, en variedades susceptibles. Estos ajustes se deben principalmente a las variaciones climáticas que alteran los patrones históricos de ocurrencia de floraciones y su concentración en las diversas regiones cafeteras. Para ello, además del calendario fijo desarrollado por la FNC - Cenicafe, se ha recomendado el ajuste de fechas con base en las floraciones principales, iniciando aplicaciones, por lo regular después de 60 días y hasta máximo a los 180 días de ocurridas las floraciones.

#### PAT104004. Control de la roya del café y la mancha de hierro con el fungicida Bayfidan DC 250 (triadimenol). Convenio Bayer S.A.

En investigaciones sobre nuevas alternativas para controlar enfermedades, se realizó un experimento entre los años 2014 y 2017, en café variedad Caturra a libre exposición solar, sembrado a 1,20 x 1,40 m, a 1.350 m, en Filandia (Quindío). Se evaluó el fungicida Bayfidan DC 250



**Figura 55.** Concentración promedio de urediniosporas durante las 24 horas del día en el transecto altitudinal en el municipio de Pitalito, para la variedad susceptible Caturra a 1.200 y 1.600 m de altitud, y la variedad resistente Castillo® a 1.400 y 1.800 m, en el período de enero a septiembre de 2018. **a.** Concentración promedio durante las 24 horas del día de urediniosporas comparando las cuatro altitudes. **b.** Concentración promedio de urediniosporas, durante las 24 horas del día, comparando las variedades susceptible Caturra y resistente Castillo®. Barras de error corresponden al error estándar.

(triadimenol), 1,0 L ha<sup>-1</sup>, asperjado al follaje, respecto al testigo de referencia (cyproconazole, 250 mL ha<sup>-1</sup>) y sin aplicación, comparando los criterios de control según calendario fijo (aplicaciones en los dos semestres del año) y el ajustado a floración principal. Las variables altura de las plantas, diámetro del tallo, número de cruces y de ramas primarias no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y testigos, y tampoco entre los dos criterios de aplicación. Al ser una zona de cosecha repartida en ambos semestres del año, se registraron dos picos de epidemia de roya, que variaron en intensidad en los años. En el 2015 el control fue deficiente y sin diferencias; en el 2016 en el segundo semestre, las plantas del testigo sin aplicación tuvieron la mayor incidencia (38%), con diferencias estadísticas respecto a las tratadas (22%). En el 2017 la roya fue baja en las plantas no tratadas (máximo valor 33%), sin embargo, en las tratadas, en los meses de mayo y julio cuando se requiere retención y sanidad del follaje, se mantuvo baja la enfermedad (11% y 21%), comparada con las no tratadas (29% y 30%). La incidencia y severidad de roya mostraron su alta asociación en una variedad susceptible sin control, y la defoliación confirmó los efectos de la enfermedad. No se observaron diferencias significativas en producción en el 2015 pero sí en el 2016, a favor de las plantas tratadas y con ambos criterios. La cosecha de café en el 2017 fue definitiva, donde las plantas no tratadas en los cuatro años mostraron efectos acumulados de varias epidemias, y su producción fue menor y estadísticamente diferente respecto a las tratadas. Esta investigación indicó que ambos criterios de aplicación desarrollados por FNC – Cenicafé, tuvieron resultados similares

en el control de la roya, y que Bayfidan DC 250 es una alternativa para su manejo de llegar al mercado colombiano.

**PAT104008. Efecto del fungicida Sphere-Max® SC 375 (cyproconazole + trifloxystrobin) en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y mal rosado (*Erythricium salmonicolor*) en plantas de café. Convenio Bayer S.A.** El fungicida Sphere-Max® SC 375 (cyproconazole + trifloxystrobin), se recomienda en el mercado colombiano para el control de enfermedades como la roya del cafeto. Por lo tanto, se está realizando un experimento desde el 2016, en variedad Caturra a libre exposición, sembrado a 1,0 x 1,4 m en la Estación Experimental La Catalina (Risaralda), a 1.350 m de altitud, asperjando el follaje con dosis de 450 y 400 mL ha<sup>-1</sup>, comparado contra un testigo de referencia (cyproconazole + azoxystrobin), y sin aplicación de productos, siguiendo los criterios de control de roya de calendario fijo (CF) para zonas con cosecha principal en el segundo semestre del año y el ajustado a floración principal (FP). Hasta del momento, no se registran diferencias estadísticas significativas en las variables de crecimiento entre tratamientos ni testigos, ni entre los dos criterios de aplicación. Solo en defoliación se han registrado diferencias a favor de las plantas tratadas con fungicidas, en los meses de máxima enfermedad. En el 2017, la epidemia fue baja (31%) y las plantas tratadas mostraron diferencias significativas respecto a las no tratadas. Entre los sistemas de control de la roya se observaron valores más bajos de enfermedad cuando el control se inició más temprano (60 días después de la FP). Este resultado biológico se resalta, teniendo

en cuenta que en enero de 2018 la lluvia favoreció el inicio de la epidemia, pero la enfermedad no se incrementó debido a los tratamientos aplicados bajo el sistema de FP (3% y 8% de incidencia), sin diferencias estadísticas entre ellos, por efecto de las dosis del producto, pero sí con el testigo absoluto (24%). La epidemia continuó y el control en el mes de julio siguió siendo efectivo (10% y 11% de incidencia), contrastando con las plantas no tratadas (34%). La producción de café del 2017 y lo transcurrido de 2018 no muestra diferencias estadísticas entre tratamientos. Los resultados parciales, faltando aún más de un año de experimento, ratifican que cuando se inicia el control de la roya más temprano después de la FP, respecto al criterio de CF, beneficia la efectividad el efecto acumulado de las aplicaciones contra la roya, y permite que las plantas tengan mayor cantidad de follaje y más sano.

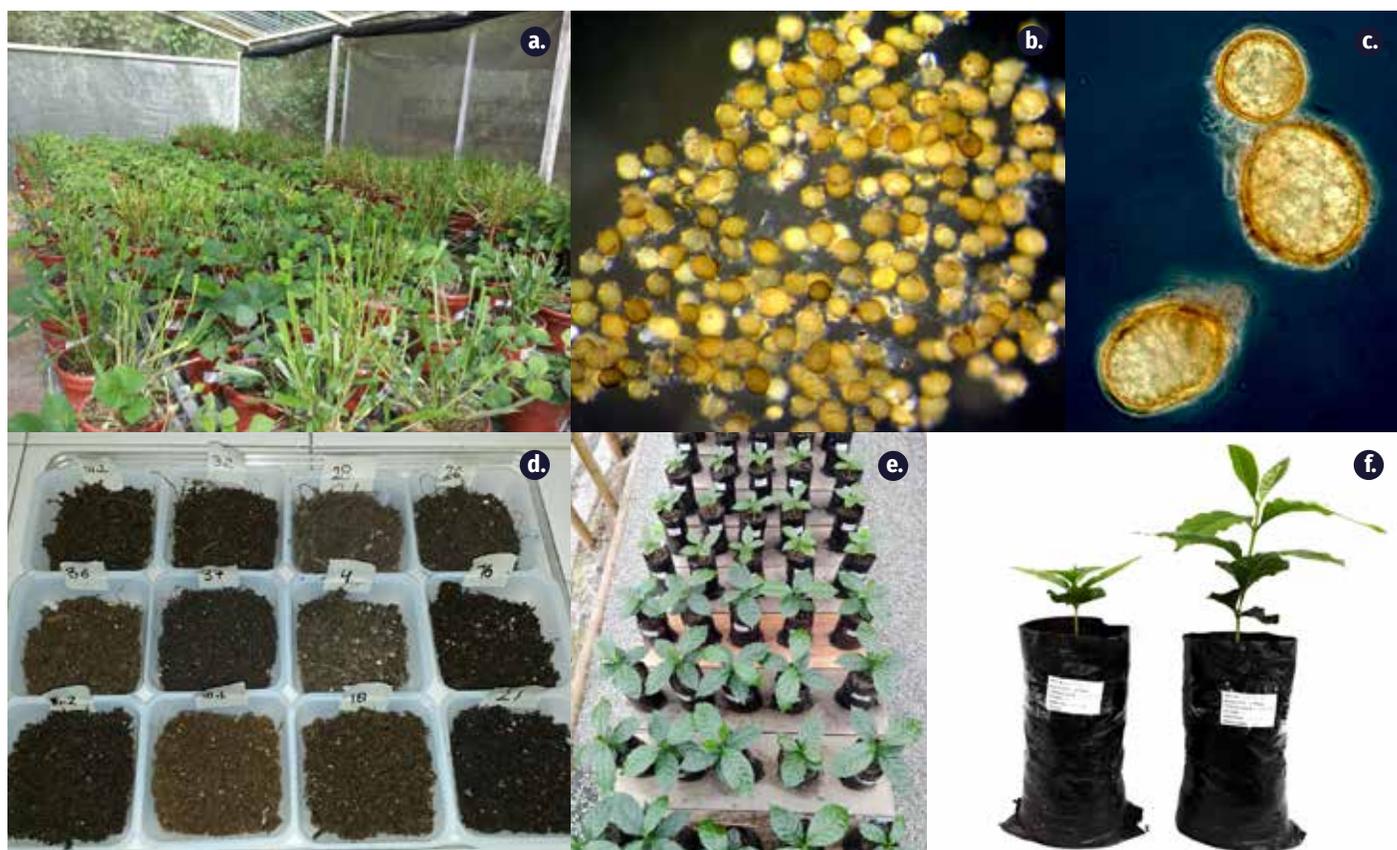
**Otras alternativas para el manejo de enfermedades: micorrizas, bionutrición, regulación de patógenos, inductores de resistencia**

**PAT101003. Aislamiento, identificación y funcionalidad de micorrizas arbusculares aisladas del departamento del Huila. Convenio SGR Huila.** Para contribuir al conocimiento de la diversidad y funcionalidad de las micorrizas arbusculares (MA) en el cultivo de café, en el departamento del Huila, en el 2018 para la subactividad de microbiota, se evaluaron 210 cultivos trampa de hongos MA nativos y aislados de suelos cafeteros de 35 municipios. Se seleccionaron poblaciones e incrementaron en *Pueraria phaseoloides* y *Brachiaria decumbens*, y se establecieron 143 cultivos puros monoespóricos, a partir de muestras provenientes de las diferentes regiones del

departamento, diferenciados entre ellos por la diversidad y cantidad de esporas nativas. A partir de la evaluación de los cultivos multiespóricos, se preseleccionaron 17 cultivos puros, y de allí quedaron 13 cultivos como los más promisorios para futuras inoculaciones y evaluaciones sobre especies trampa y sobre plantas de café (Figura 56). Las muestras finales correspondieron a lotes en los municipios de Tarqui, Garzón, Elías, Timaná, Isnos, Palestina, San Agustín, La Plata, La Argentina y Colombia. La primera identificación de las esporas de estos cultivos correspondió a los géneros *Acaulospora* spp., *Entrophospora* spp. y *Glomus* spp. Con este grupo de aislamientos de MA se establecieron las pruebas de efectividad en plantas de café variedad Cenicafé 1, con 20 chapolas inoculadas por aislamiento, incorporando en el trasplante 10,0 g de inóculo completo (esporas + raíces colonizadas por las MA), versus otras 20 chapolas sin inocular, todas sembradas en el suelo pasteurizado, en el cual se recolectó cada muestra en el sitio de origen. Los almácigos experimentales cuentan a la fecha con 2,5

a 4,0 meses de establecidos (Figura 56), se mantienen en invernadero con sombrío y riego regulados, con adecuado manejo sanitario, y la fertilización con base en los análisis de suelos aplicando diferencialmente la solución nutritiva de Hoagland's. Una vez se complete la fase de almácigo con plantas de 6,0 meses de edad, se evaluarán variables de crecimiento y desarrollo, análisis químicos de composición de minerales y de su estado sanitario. Con estos resultados se espera encontrar aislamientos nativos sobresalientes que puedan seguirse investigando como alternativas para mejorar la nutrición y sanidad del cultivo del café en el departamento del Huila.

**PAT104010. Validación de la alternancia de fertilizantes químicos y biológicos en el cultivo de café (bionutrición). Convenio Orbiotec.** Con el objetivo de estudiar la aplicación de bacterias promotoras de crecimiento (bionutrición) en plantas de café, se realizó la validación entre el 2013 y el 2017 en las Estaciones Experimentales La Catalina (Risaralda) y Paraguaicito (Quindío).



**Figura 56.** a. Producción de MA en *Pueraria phaseoloides* y *Brachiaria decumbens*. b. Esporas de *Acaulospora* spp. aisladas en el municipio de La Plata. c. Detalle de la espora de *Acaulospora* spp. aislada en el municipio de La Plata (40x). d. Inóculos puros de MA (suelo con esporas + raíces colonizadas por MA). e. Plantas de café variedad Cenicafé 1 inoculadas con MA comparadas con plantas de café sin MA. f. Plantas de café variedad Cenicafé 1 sin MA (izquierda) y con MA (derecha), inoculadas con un aislamiento recolectado en el municipio de La Plata.

Se evaluaron variables de crecimiento, sanidad (mancha de hierro) y producción en tres poblaciones de plantas: P1 (nutrición mineral), P2 (reducción del 33% del nutriente mineral + Bacthon®) y P3 (reducción del 56% del nutriente mineral + Bacthon®). En la última evaluación realizada en La Catalina (noviembre 2017), el diámetro del tallo y el número de cruces y de ramas no presentaron diferencias estadísticas significativas entre P1 y P2. Las plantas del tratamiento P2 tuvieron la mayor altura, con diferencias respecto a P1 y P3. Las plantas P1 presentaron mayor incidencia de mancha de hierro con diferencias respecto a P2 y P3. La producción del 2017 fue baja en las tres poblaciones, sin diferencias significativas entre P1 y P2, pero sí entre P1 y P3. La calidad física del café fue similar en las tres poblaciones sin diferencias entre ellas, con factor de conversión de café cereza a café pergamino seco menor de cinco y de rendimiento en trilla de pergamino seco a almendra superior a 92,8 kg. En Paraguaicito, el diámetro de tallo y el número de cruces no presentaron diferencias entre las tres poblaciones. Las plantas P2 tuvieron mayor altura, con diferencias significativas respecto a P1 y P3. Las plantas P1 tuvieron mayor incidencia de mancha de hierro, con diferencias significativas respecto a P2 y P3. En el último año de producción (2017) también se redujo la producción en las tres poblaciones, con diferencias entre ellas. Las plantas P1 tuvieron la más alta producción y las P3 la más baja. La calidad física del café no fue diferente entre las tres poblaciones, con valores superiores a los estándares exigidos en los factores de conversión y de rendimiento.

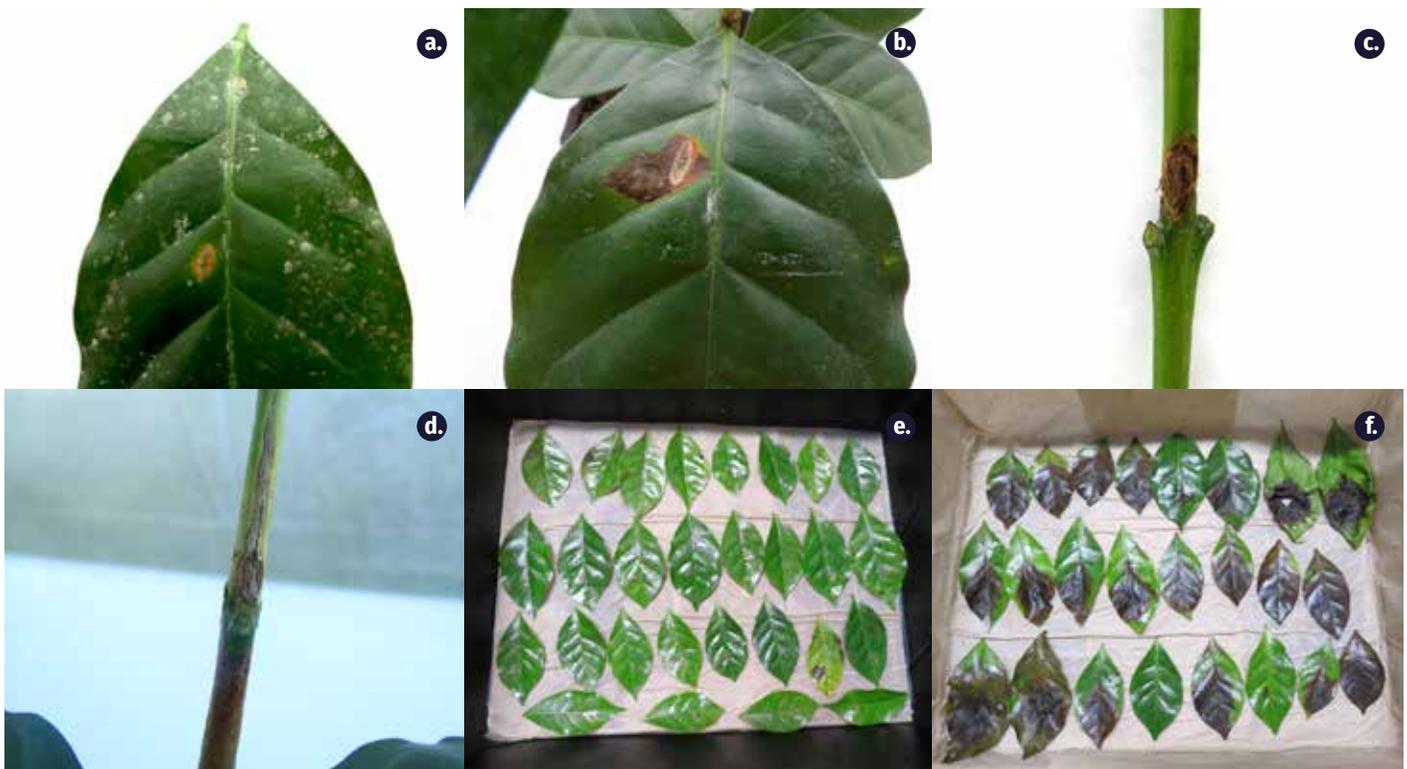
**PAT104005. Biorregulación de patógenos aéreos con el hongo *Trichoderma harzianum* en el cultivo de café. Convenio Orbitec.** El control biológico es importante dentro del manejo integrado de enfermedades, donde el hongo *Trichoderma harzianum* es una alternativa a explorar. Se realizaron experimentos en fitotrón e invernadero con plantas de café variedad Castillo® y Cenicafé 1 (de 3 a 14 meses de edad), para controlar mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), muerte descendente (*Phoma* spp.) y antracnosis (*Colletotrichum* spp.), aplicando *T. harzianum* (cepa OBTh 15, Biofungo®,  $1 \times 10^8$  esporas/g). Se asperjaron preventivamente hojas y tallos, 8 y 15 días antes de inocular los patógenos, con 10,0 g de producto comercial por litro de agua. *C. coffeicola* y *Phoma* spp. se aislaron de hojas y *Colletotrichum* spp. de botones florales, y se inocularon 15.000 conidias/mL para *C. coffeicola*, trozos de agar V8 con micelio y picnidios para *Phoma* spp. y trozos de agar PDA con micelio + acérvulos para *Colletotrichum* spp.

La biorregulación de *C. coffeicola* aplicando el antagonista 15 días antes que el patógeno, mostró menor severidad en hojas en el fitotrón (0,4%) e invernadero (10,0%), respecto a los testigos sin aplicación con 6,0% y 22,0%, respectivamente. Para *Colletotrichum* en hojas, con 8 y 15 días de protección en el invernadero, se observó incidencia de 13,0% y 21,0%, respectivamente, comparada con los testigos de 42,0% y 44,0%. Se presentó menor severidad en el daño causado aplicando *T. harzianum* en los mismos tiempos (0,09% y 0,08%) respecto a los testigos (0,2% y 0,2%), con diferencias estadísticas entre ellos. Aplicaciones al tallo, 8 y 15 días antes, redujeron la incidencia de *Colletotrichum* spp. en 42,0% y 83,0% respectivamente, comparada con los testigos (92,0% y 100,0%) (Figura 57). La severidad en tallo tuvo tendencia similar, con protección 8 días antes, con promedio de 18 mm<sup>2</sup> de área afectada, respecto a 51 mm<sup>2</sup> en el testigo, con diferencias estadísticas entre tratamientos. Para muerte descendente en hojas, el mejor resultado se obtuvo con la protección

15 días antes, con incidencia de 8,0% y severidad baja de 0,01 cm<sup>2</sup>, comparadas con los testigos (92,0% y 3,5 cm<sup>2</sup>), respectivamente (Figura 57), con diferencias entre tratamientos. Estos resultados muestran el potencial de *T. harzianum* como biorregulador de patógenos aéreos del café.

**PAT104013. Efecto del inductor de resistencia Isotianil y producto biológico Serenade® (*Bacillus subtilis*, cepa QST 713) en el control de la roya y mancha de hierro del café en almácigo. Convenio con Bayer S.A.**

Se continúan estudiando compuestos con potencial de inducción de resistencia en la planta, para integrarlos al manejo integrado de enfermedades, donde su efecto no dependa directamente de la dosis aplicada, se conozca el tiempo requerido y tipo de respuesta de la planta, y no afecte directamente al patógeno para reducir presión de selección sobre estos. En convenio con Bayer S.A. se investigan el inductor químico Isotianil, el fungicida e inductor Tiviant (Isotianil + Fosetyl) y el biológico Serenade® (*Bacillus subtilis*, cepa QST713). En plantas de almácigo café 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, comparados contra testigos de un inductor comercial (acibenzolar-S-metil, 800 mg L<sup>-1</sup>) y agua en los mismos intervalos, un testigo absoluto sin aplicación, y el fungicida cyproconazole (1,0 mL L<sup>-1</sup>), en ambientes bajo umbráculo y a libre exposición para infección natural por roya (*Hemileia vastatrix*) y mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*). Teniendo en cuenta los valores esporádicos de incidencia (<1,0%) y baja severidad (<10,0%) de ambas enfermedades, también se evaluó el número de hojas y área foliar.



**Figura 57.** Reducción de enfermedad causada por *Colletotrichum* spp. en hojas y tallo de café. **a.** Aplicación de *T. harzianum* 15 días antes que *Colletotrichum* spp. en hoja. **b.** Lesión causada por *Colletotrichum* spp. en la hoja en ese mismo período de tiempo. **c.** Aplicación de *T. harzianum* 15 días antes que *Colletotrichum* spp. en tallo. **d.** Lesión en el tallo causada por *Colletotrichum* spp. en ese mismo tiempo. **e.** Hojas de café infectadas por *Phoma* spp., cuatro días después de estar en cámara húmeda. Efecto bioprotector de *T. harzianum* sobre *Phoma* spp. **f.** Efecto de *Phoma* spp. en hojas de café.

Los resultados preliminares indican que no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas para estas enfermedades entre los inductores, pero sí con respecto a los testigos sin aplicación o con agua, y el fungicida comercial. En general, Tiviant mostró mayores diferencias a favor y tiene potencial cuando es aplicado cada 2 semanas en cualquiera de las dosis, Isotianil mostró menos diferencias, pero tendría potencial aplicado cada 2 semanas, y Serenade® mostró diferencias significativas y potencial cuando aplica en las tres dosis. Las pruebas de germinación *in vitro* de urediniosporas de roya indican que Tiviant y Serenade® inhibieron totalmente la germinación, Isotianil tuvo 48,3%, el inductor de referencia 9,6% y el testigo con agua 83,0% de germinación. Nuevos experimentos avanzan aplicando todos los productos cada 2 semanas a las dosis recomendadas, para determinar efectos preventivos o curativos, incrementando e inoculando artificialmente roya y mancha de hierro en diferentes ambientes para almácigos, para garantizar una mayor exposición al patógeno y a sus epidemias.

### Enfermedades endémicas y emergentes en cafetales en Colombia

**PAT102001. Evaluación del comportamiento del hongo *Mycena citricolor* ((Berk. & M.A. Curtis) Sacc.), causante del ojo de gallo o gotera del cafeto en Colombia, en condiciones naturales, y su caracterización biológica, patogénica y molecular.** Con el objetivo de estudiar la biología y epidemiología de *Mycena citricolor*, causante de la gotero u ojo de

gallo, se inició el monitoreo en la Estación Experimental El Tambo (Cauca) y en Miraflores (Boyacá), regiones donde la enfermedad es endémica, con alta importancia económica. Mensualmente, se está evaluando la incidencia y la severidad en hojas, ramas y frutos, y se lleva un registro permanente de variables de clima regional y microclima del lote, con una estación climática de la red de FNC – Cenicafé y con microestaciones automáticas, ubicadas dentro del cultivo para las variables temperatura, precipitación, humedad relativa, radiación, humedad de la hoja, dirección y velocidad del viento, punto de rocío, radiación UV y fotosintéticamente activa. Se está determinando la relación de estas variables del microclima con la dinámica espacial y

cuantitativa de la enfermedad en el campo. La evaluación de incidencia en Miraflores y El Tambo incrementó de un 85,0% y 96,0%, respectivamente, hasta alcanzar un 100% durante los meses de seguimiento. El porcentaje de severidad para Miraflores en 2018 se incrementó del 31,0% en mayo al 63,0% en septiembre. En El Tambo la severidad durante 2018 osciló entre 28,0% y 36,0%. Los primeros síntomas iniciaron con las primeras lluvias de marzo a abril en Miraflores. Se verificó la producción de gemas en el envés de las hojas inoculadas y de campo, y la observación de la producción masiva de basidios sobre la arvense *Conmelina* sp. Se desarrolló la curva estándar de

ácido oxálico por cuantificación mediante HPLC, utilizando patrones y un aislamiento tipo del hongo cultivado en medio líquido. La secreción de ácido inició del día 3 al 5, y su máxima producción del día 18 al 27 con 1,4 a 2 mM. También, se realizó la inoculación de este aislamiento tipo sobre hojas de plantas de almácigo variedad Caturra en ambiente controlado en fitotrón (21°C, 95%-99% Humedad Relativa y fotoperíodo de 10- 12 horas a 40-60  $\mu\text{mol m}^2 \text{ s}$ ), obteniendo los síntomas iniciales en el 13,0% de las plantas inoculadas a los 13 días. Se avanza en la caracterización de diferentes aislamientos del hongo obtenidos en varias regiones cafeteras de Colombia donde la enfermedad causa epidemias.



### **FIT103006. Evaluación del efecto de sistemas de renovación por zoca y podas en la biomasa de raíces de café.**

Se evaluó el efecto de los sistemas de renovación por zoca común, poda pulmón y poda calavera1: con descope a 1,60 m y despunte de ramas entre 5,0 y 10,0 cm y poda calavera2: con descope a 1,60 m y despunte de ramas a 40,0 cm, en la biomasa de las raíces de la planta de café. En 30 árboles seleccionados de forma aleatoria para cada evaluación, se tomaron muestras de raíces cada tres meses, durante un año. En cada árbol se tomaron dos muestras a 25 y 50 cm del centro del tallo. Se separó el suelo de las raíces, se escogieron aquellas con diámetro inferior o igual a 5,0 mm, se clasificaron por color y flexibilidad, en vivas y muertas, y se llevaron a secado en estufa a 70°C durante 48 horas, hasta lograr su peso seco constante.

En general, bajo los diferentes métodos de renovación evaluados hubo pérdida de raíces con relación a la evaluación inicial. Tres meses después de la intervención, la poda calavera1 registró una reducción del 44,5% y 46,8% de la biomasa de raíces en las distancias de 25 y 50 cm respectivamente; a su vez la poda calavera2 perdió el 2,3% y 23,9% de la biomasa de raíces a 25 y 50 cm, respectivamente. Al efectuar poda pulmón la reducción de la biomasa de raíces a los tres meses fue del 44,5% a 25 cm y 30,8% a 50 cm. Para las mismas distancias, en zoca

## **Fitotecnia**

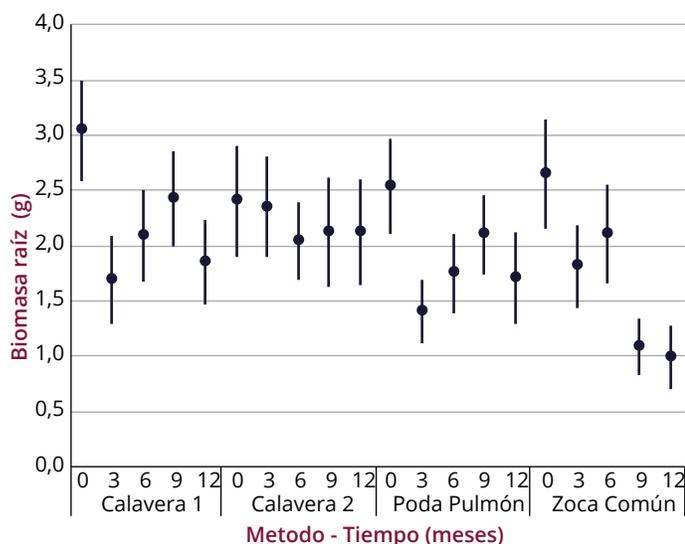
común la pérdida de raíces fue del 31,4% y 39,3%. Pasado el tiempo después de la intervención, con los métodos de renovación por medio de poda calavera y pulmón se mantuvo constante la biomasa de raíces, caso contrario a lo encontrado en la zoca común donde la pérdida de raíces fue del 62,7% a 25 cm del tallo y 73,1% a 50 cm del tallo (Figuras 58 y 59).

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

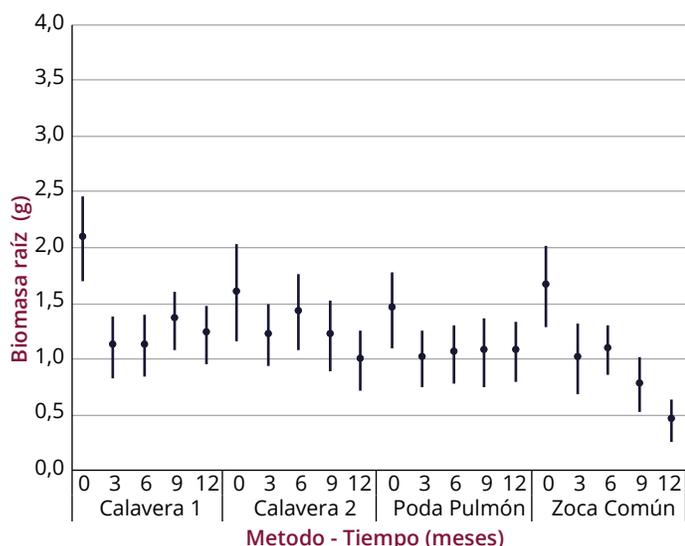
En sistemas agroforestales, en la Estación Experimental El Tambo (El Tambo- Cauca), se registró que la mayor producción de café se obtuvo con densidades de siembra cercanas a 7.000 plantas/ha y densidades de siembra del sombrío de 123 árboles/ha (Tabla 23).

### **FIT102005. Evaluación del efecto en la producción de café, de densidades de siembra y dosis de fertilización en sistemas agroforestales.**

En la Granja Blonay (Norte de Santander) los



**Figura 58.** Intervalos de confianza para la biomasa de raíces a una distancia de 25 cm desde la base del tallo.



**Figura 59.** Intervalos de confianza para la biomasa de raíces a una distancia de 50 cm desde la base del tallo.

**Tabla 29.** Producción acumulada de cinco cosechas (2014 a 2018), en kilogramos de café pergamino seco por hectárea. Experimento Fit102008.

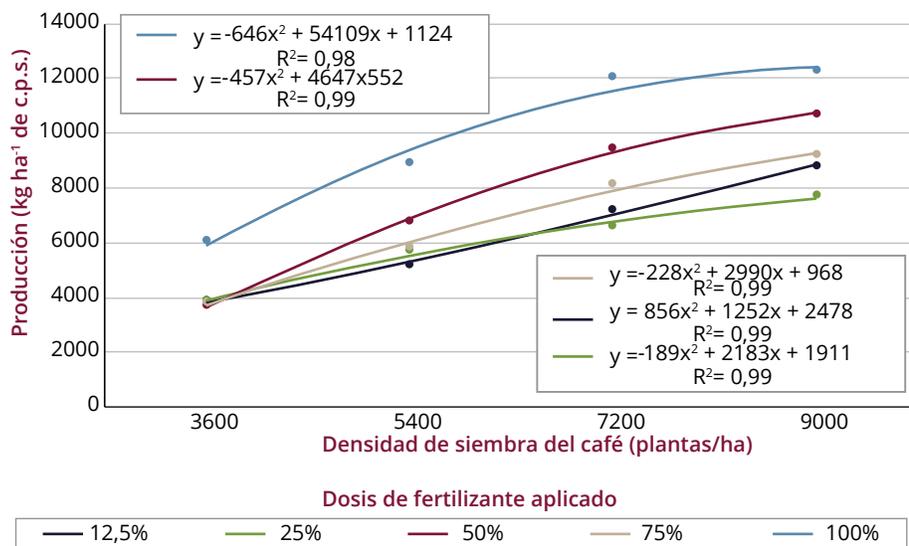
Nº	Árboles de sombrío/ha	Plantas de café/ha	Producción (kg cps/ha)
1	123	3.673	6.779 e
2	78	3.673	8.892 d
3	123	5.500	13.646 c
4	78	5.500	10.394 d
5	123	6.944	17.500 a
6	78	6.944	14.980 b

resultados parciales de producción indican que, al aplicar dosis crecientes de fertilizante inorgánico, las mayores producciones se obtienen con la aplicación del 100% de las dosis de fertilizante recomendadas en los análisis de suelos y con densidades de siembra de 9.000 plantas/ha (Figura 60).

**FIT102026. Caracterización de los sistemas de producción en el período 2006 - 2015 en los municipios cafeteros de Santuario, Balboa y Salamina - Proyecto IDRC.** En algunos municipios cafeteros se han identificado áreas cuyos sistemas de producción se encuentran expuestos a las variaciones climáticas, lo que pone en riesgo su producción y productividad. Con el fin de evaluar el grado de exposición de los cultivos a estas variaciones climáticas se tomó la información del SICA, correspondiente a todas las fincas de los municipios de Santuario, Balboa (Risaralda) y Salamina (Caldas), en los años 2006, 2009, 2012 y 2015. Para cada año se determinaron las estadísticas con respecto a los factores de producción (edad, densidad y variedades, entre otros) y se identificaron los cambios para cada factor de producción entre los años. Se analizó la información de las redes meteorológicas del Ideam y la Red Cafetera de la FNC obtenida para los elementos de lluvia y temperatura en estos municipios, en cada uno de los años de estudio.

A partir de la espacialización de los elementos y el cálculo de Balance Hídrico (BH) se evaluaron los cambios entre años y por etapas fisiológicas del cultivo. Se concluyó que, Salamina y Santuario disminuyeron su área cafetera entre 2009 y 2015, en 20% y 10%, respectivamente, mientras Balboa la incrementó en 14,3%. Los factores de amenaza corresponden en Santuario a la condición de exceso hídrico, en 2012, y en Balboa y Salamina, a la condición de déficit hídrico, en 2015. En todos los municipios de este estudio, la mayor vulnerabilidad se presentó en áreas por debajo de 1.400 m de altitud, con variaciones entre los años 2012 y 2015 de 1,8°C o más y disminución de la oferta hídrica anual superior a 500 mm. La condición biofísica (clima y suelo) no estuvo asociada a la dinámica de cambio, en área y cultivos de café, en los municipios en el período de estudio.

**UGP105002. Silvicultura como alternativa de producción en la zona marginal de la región cafetera.** Este proyecto busca implementar, evaluar y proponer un modelo de intervención a nivel de microcuenca, que logre, de forma simultánea, mejorar el manejo de la biodiversidad por parte de los agricultores y mejorar su bienestar, trabajando en aspectos de



**Figura 60.** Funciones de la producción acumulada de cinco cosechas (2013 a 2017), Experimento Fit102005. Granja Blonay, Norte de Santander

su dimensión ambiental, social y económica. Se fundamenta en una completa línea base que evalúa indicadores en las tres dimensiones, y utiliza esta información para generar estrategias ajustadas a cada microcuencia y para monitorear y evaluar los impactos logrados.

Dado que uno de los productos principales del proyecto es un modelo de intervención mejorado que pueda ser replicado en microcuencias cafeteras, durante este año se realizaron actividades

encaminadas a crear los mecanismos de recopilación de información que permitan generar este modelo y a evaluar los indicadores que se estén utilizando. Con respecto a la evaluación y ajuste de los indicadores, se propuso el uso de un índice de conectividad ecológica alternativo al inicialmente propuesto, el cual fue calculado para evaluar los cambios en una de las microcuencias intervenidas. El índice PC arrojó un cambio de 0,05 a 0,10 como resultado de las siembras de nativas en la microcuencia evaluada; además, será calculado para cuatro microcuencias más antes de finalizar el año.

Por otra parte, se sigue dando sustento teórico a las actividades que los extensionistas realizan en el campo, por medio de la elaboración de los planes de acción de cada microcuencia y de su seguimiento.



**MEG102001. Desarrollo y evaluación de poblaciones con menor oviposición de la broca.** Con el objetivo de obtener una variedad de café con menor oviposición a la broca, que contribuya a disminuir los niveles de daño económico dentro de un manejo integrado de esta plaga, se cruzaron cinco líneas componentes de la variedad Castillo® (CX.2710, CX.2178, CX.2848, CX.2391, CU.1812) con tres introducciones etíopes, que en estudios previos mostraron menor

## Mejoramiento genético

número de estados de broca (CCC.534, CCC.470 y CCC.477). Se analizaron 420 plantas F<sub>2</sub> en un diseño completamente al azar, la unidad experimental fue un vial con un grano de café pergamino infestado por una broca hembra, con 80 repeticiones por tratamiento (planta F<sub>2</sub>). A los 28 días se registró el número total de estados vivos de broca. Cuando el análisis de varianza mostró diferencias entre progenies, mediante la prueba de Dunnett se comparó el promedio de estados de broca de las plantas F<sub>2</sub> con respecto a la variedad

Caturra (testigo susceptible). Se seleccionaron 41 plantas F<sub>2</sub> (Tabla 30) para avanzar a la generación F<sub>3</sub>, correspondiente: del cruce CX.2848 x CCC.477, 13 plantas tuvieron reducción de la oviposición entre 13% y 33%, producción entre 0,95 y 3,19 kg de café cereza/planta, altura de 140 a 195 cm y roya según escala de Eskes y Toma-Braghini de 3 a 4; del cruce CX.2710 x CCC.534, 11 plantas mostraron reducción de la oviposición entre 13% y 22%, producción entre 0,90 y 3,19 kg/planta, altura de

140 a 190 cm y roya de 0 a 2; del cruce CX.2178 x CCC.470, diez plantas tuvieron reducción de la oviposición entre 16% y 27%, producción entre 0,70 y 2,60 kg/planta, altura de 150 a 190 cm y roya entre 1 y 4; del cruce CX.2391 x CCC.477, cuatro plantas tuvieron reducción de la oviposición entre 15% y 22%, producción entre 2,45 y 2,90 kg/planta, altura de 140 a 175 cm y roya entre 0 y 3; del cruce CU.1812 x CCC.534, tres plantas mostraron una reducción de la oviposición entre 19% y 22%, producción entre 1,17 y 2,46 kg/planta, altura de 175 a 195 cm y roya entre 0 y 3.

### MEG102003. Evaluación de poblaciones desarrolladas a partir de híbridos interespecíficos

Evaluación de progenies F<sub>2</sub>RC<sub>1</sub>, F<sub>3</sub>RC<sub>1</sub> y F<sub>4</sub>RC<sub>1</sub> de híbridos con *Coffea canephora*, seleccionados en los experimentos MEG0656 y MEG0653. Con el objetivo de incorporar caracteres deseables de las

**Tabla 30.** Características agronómicas de las plantas F2 seleccionadas con menor oviposición de broca que se avanzarán a F3.

Cruzamiento	Progenies F2	Reducción oviposición (%)	Producción (kg)	Altura (cm)	Máxima lectura roya Eskes & Toma-Braghini
CX.2848xCCC.477	304	27,05	2,186±0,9	160±20,2	4
	311	15	2,514±0,9	190±20,2	3
	313	20	1,877±0,9	160±20,2	3
	324	26	2,932±0,9	185±20,2	4
	340	20	1,391±0,9	160±20,2	3
	342	15	1,391±0,9	175±20,2	4
	354	33	1,300±0,9	175±20,2	4
	363	21	2,032±0,9	140±20,2	3
	371	21	2,164±0,9	175±20,2	3
	373	14	3,195±0,9	195±20,2	3
	391	27	0,959±0,9	155±20,2	3
	406	19	2,323±0,9	190±20,2	3
	416	26	2,014±0,9	165±20,2	3
CX.2710xCCC.534	6	22	1,877±0,7	150±20,8	1
	15	15	2,068±0,7	140±20,8	0
	21	15	2,627±0,7	165±20,8	1
	42	14	2,095±0,7	185±20,8	0
	46	17	2,682±0,7	160±20,8	0
	52	22	2,123±0,7	180±20,8	0
	53	13	0,873±0,7	180±20,8	0
	57	16	3,191±0,7	190±20,8	0
	70	21	2,959±0,7	160±20,8	0
	106	14	2,691±0,7	190±20,8	0
	128	19	1,745±0,7	190±20,8	2

Continúa...

...continuación.

Cruzamiento	Progenies F2	Reducción oviposición (%)	Producción (kg)	Altura (cm)	Máxima lectura roya Eskes & Toma-Braghini
CX.2178xCCC.470	164	16	0,914±0,8	165±24	2
	177	20	1,918±0,8	185±24	3
	184	27	2,686±0,8	180±24	3
	199	16	1,200±0,8	185±24	3
	220	18	1,386±0,8	165±24	1
	253	22	0,723±0,8	170±24	2
	261	23	1,577±0,8	150±24	2
	263	19	1,923±0,8	190±24	2
	292	18	1,114±0,8	170±24	4
	297	25	1,164±0,8	175±24	4
CX.2391xCCC.477	452	19	2,782±0,9	165±23	3
	489	15	2,909±0,9	140±23	2
	524	22	2,614±0,9	170±23	0
	534	17	2,450±0,9	175±23	2
CU1812xCCC.554	698	22	2,36±1,0	180±22,3	2
	699	19	2,46±1,0	195±22,3	0
		19	1,17±1,0	175±22,3	3

especies diploides, especialmente de *C. canephora* a la especie *C. arabica*, se está desarrollando un proyecto de Mejoramiento por Hibridación Interespecífica, en el cual se evalúan progenies en generaciones sucesivas y se avanza con las mejores plantas. En este experimento, sembrado en la Estación Experimental Naranjal de Cenicafe, se evaluaron 12 progenies F<sub>2</sub>RC<sub>1</sub> de plantas seleccionados en el experimento MEG0656, cuatro progenies F<sub>3</sub>RC<sub>1</sub> y 28 progenies F<sub>4</sub>RC<sub>1</sub> de plantas seleccionadas en el experimento MEG0653. Se utilizó un diseño de látice cuadrado de 7x7 con dos repeticiones. La unidad experimental fue un surco de 12 plantas, de las cuales diez fueron efectivas. La distancia entre plantas fue de 1,0 m y entre surcos de 1,4 m. Como testigos susceptibles a la roya (*Hemileia vastatrix*) se sembraron las variedades Caturra y San Bernardo, y como resistentes las variedades Castillo®, Castillo® Naranjal e IHCAFÉ 90. Se hicieron seis evaluaciones de incidencia de roya, utilizando la escala de Eskes y Toma-Braghini, que va de 0 a 9 en los meses de septiembre de 2011 a mayo de 2015. Se determinó la calificación máxima de roya por planta y su distribución de frecuencia por progenie. Se evaluó la altura de las plantas a los 24 y a los 37 meses, la frecuencia de frutos vanos, de granos caracol y el tamaño de grano por la proporción de

café supremo; realizando al menos dos muestreos por plantas en la cosecha principal. Se midió la producción anual, durante cinco años. Para las características cuantitativas se hizo análisis de varianza y prueba de Dunnet p=005, para comparar las progenies con la Variedad Castillo®. El 30% de las plantas no mostró roya en el experimento. Estas plantas pertenecen en su mayoría a tres progenies F<sub>3</sub>RC<sub>1</sub> y a 13 F<sub>4</sub>RC<sub>1</sub> (Tabla 31).

La altura promedio de las progenies a los 24 y a los 37 meses, fue de 138 cm y 188 cm, respectivamente. Los análisis de varianza en las dos edades y las pruebas de Dunnet ( $\alpha=0,05$ , GLE=36), con las medias ajustadas, a los 24 meses, mostraron que siete progenies del MEG0653 eran de menor altura que el testigo y las demás fueron iguales. A los 37 meses, las progenies F<sub>4</sub>RC<sub>1</sub>, hermanas: MEG653.153 (99 cm a los 24 meses y 138 cm a los 37) y MEG653.159 (117cm y 161 cm), siguieron siendo más pequeñas que la variedad Castillo®.

El promedio de frutos vanos de las progenies fue de 9,5%, superior al promedio de sus progenitores (8,4%) e igual a los testigos, el cual fue aumentado por los granos vanos de IHCAFÉ 90 (14,6%). El rango de frutos vanos para las progenies estuvo entre

**Tabla 31.** Distribución de la infección máxima por roya en las progenies del MEG0668.

Progenie	Número de plantas en cada grado de la escala de Eskes y Toma-Braghini									Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
MEG653.10	20									20
MEG653.341	19	1								20
MEG653.42	17	3								20
MEG653.82	17	3								20
MEG653.153	17	2	1							20
MEG653.180	16	3	1							20
MEG653.161	16	3								19
MEG653.5	15	5								20
MEG653.317	15	3	1							19
MEG653.154	15	3								18
MEG653.159	15	3								18
MEG653.385	13	6	1							20
MEG653.386	13	6	1							20
MEG653.89	13	3								16
MEG653.173	12	7								19
MEG653.213	11	9								20
MEG653.149	11	7	2							20
MEG653.148	6	8	5							19
MEG653.337	6	7	2	3		1	1			20
MEG653.43	4	9	4	1		2				20
MEG653.50	2	7	4	6						19
IHCAFE 90	2	4	5	6	1					18
MEG653.364	1	2	10	5	2					20
Castillo®	1	1	4	10	2	2				20
MEG653.30	1		6	6	4	2	1			20
MEG656.58	1			1			8	8	2	20
MEG653.91	1					6	11	1		19
MEG653.123		8	6	3	1		1			19
MEG653.183		4	13	2	1					20
MEG653.321		2	9	6	2	1				20
MEG656.394		2	9	3	4		1			19
MEG653.366		2	8	5	1	1	2		1	20
MEG653.221		2	6	7	3	2				20
MEG653.330		1	8	8	2	1				20

Continúa...

4,3% (MEG0656.31) y 32,6% (MEG0653.30); sin embargo, solo diez progenies tuvieron porcentajes superiores al 10%. El promedio de granos caracol de las progenies fue de 14,4%, similar al de los progenitores (14,6%) y en el límite de las variedades comerciales (15%). El rango volvió a ser amplio, entre 8,2% (MEG0653.10) y 35,0% (MEG0653.337). El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre progenies ( $F_{45,39} = 13,74$ ,  $p > 0,001$ ), y con la prueba de Dunett<sub>0,05</sub> se encontraron siete progenies superiores a la variedad Castillo® (Tabla 32). En estas progenies continúan los problemas de esterilidad.

El promedio de café supremo de las progenies fue de 58,5%, similar al de los progenitores (60,7%) lo que las clasifica como de grano medio, e inferior al de la variedad Castillo® Trinidad (72,3%). El rango para las progenies estuvo entre 79,6% (MEG653.159) y 29,2% (MEG656.402) mientras que la variedad Caturra (43,3%), afectada por la roya, estuvo entre las de menor tamaño. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre progenies ( $F_{45,39} = 6,96$ ,  $p > 0,001$ ), y con la prueba de Dunett<sub>0,05</sub> se encontró que las progenies MEG653.159, MEG653.30, MEG653.154 y MEG653.161, eran estadísticamente superiores a la variedad Castillo®, pero iguales a la variedad Castillo® Trinidad (Tabla 32).

La producción promedio, para los cinco años del experimento, fue de 2,33 kg de café cereza/planta, con un rango entre 3,46 en la MEG0656.344 y 1,16 kg de café cereza/planta para San Bernardo, que fue el tratamiento menos productivo. Otras progenies productivas fueron: MEG0653.321, MEG0656.944,

...continuación.

Progenie	Número de plantas en cada grado de la escala de Eskes y Toma-Braghini									Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
MEG656.344		1	8	6	4					19
MEG653.352			7	1	6	3	2			19
Castillo® Trinidad			4	5	4	2				15
MEG656.29			4	4	3	3	2	3		19
MEG656.599			2	4	5	8	1			20
MEG656.196			2	1		4	8	3	2	20
MEG656.483			1	3	5	6	2	1		18
MEG656.522				4	9	5	1			19
MEG653.353				2	4	4	9	1		20
San Bernardo				2	8	8				18
Caturra							5	8	7	20
MEG656.155							4	9	5	18
MEG656.31						2	7	10	1	20
MEG656.402					2	2	13	2		19
MEG656.55					1	3	6	6	4	20
<b>Total general</b>	<b>280</b>	<b>127</b>	<b>134</b>	<b>104</b>	<b>74</b>	<b>68</b>	<b>85</b>	<b>52</b>	<b>22</b>	<b>946</b>
<b>Proporción (%)</b>	<b>29,6</b>	<b>13,4</b>	<b>14,2</b>	<b>11,0</b>	<b>7,8</b>	<b>7,2</b>	<b>9,0</b>	<b>5,5</b>	<b>2,3</b>	

MEG0653.352 y MEG0653.180. En el otro extremo, la variedad Caturra, afectada por la roya, estuvo entre las de menor producción y entre ella y la variedad San Bernardo, se encuentran cuatro progenies del MEG0653.149 y la MEG0656.155, con producciones muy bajas. La variedad Castillo®, tuvo una producción muy cercana al promedio del experimento (Tabla 33). Se realizó el análisis de varianza, y la prueba de Dunnett<sub>0,05</sub>, y se encontró que solo la progenie MEG0656.344 era superior a la variedad Castillo®. Las demás progenies fueron iguales. De acuerdo a estos resultados se hará la selección de las mejores plantas, de las mejores progenies, para avanzar la próxima generación.

**Evaluación de progenies F<sub>2</sub>RC<sub>2</sub> de híbridos con *C. canephora*, seleccionados en el experimento MEG0657.** Para seleccionar las mejores plantas y avanzar la próxima generación, se evaluaron 39 progenies F<sub>2</sub>RC<sub>2</sub> de Caturra x [(Caturra X *C. canephora*) x Caturra], sembradas en la Estación Experimental Naranjal de Cenicafé. En un diseño de látice rectangular de 6x7 con dos repeticiones. La unidad experimental fue un surco de 12 plantas, de las cuales diez fueron efectivas. La distancia entre plantas fue de 1,0 m y entre surcos de 1,5 m. Como testigos susceptibles a la roya (*Hemileia vastatrix*) se sembró la variedad Caturra y como resistente a esta enfermedad, la variedad Castillo® Naranjal. Además, se incluyó como referencia la variedad Iapar 59, también resistente a la roya. Entre agosto de 2012 y mayo de 2015, se

hicieron cinco evaluaciones de roya por medio de la escala de Eskes y Toma-Braghini. Se determinó la calificación máxima de roya por planta y su distribución de frecuencia por progenie, lo que permitió identificar las progenies más resistentes. Se evaluó la altura de las plantas a los 24 y a los 36 meses. La calidad física del grano se evaluó por planta, en al menos dos muestreos durante la cosecha principal. Se midió la producción anual, durante cuatro años. Para las características cuantitativas, se hizo el análisis de varianza, de acuerdo con el diseño en bloques completos al azar, y cuando las diferencias entre progenies fueron significativas (F<1,62), se compararon sus medias con la variedad Castillo®, por medio de la prueba de Dunnett<sub>0,05</sub>. El 16% de las plantas de todas las progenies estuvieron libres de la enfermedad en todas las evaluaciones, pero en el 70% de ellas, las calificaciones fueron inferiores a 2 en todas las lecturas, mostrando que en general las progenies fueron altamente resistentes, mientras que las plantas de Caturra estuvieron entre 6 y 7 y las de Castillo® Naranjal entre 3 y 4. La variedad Iapar 59 fue la más resistente con calificaciones entre 1 y 2. La mayoría de las plantas de las progenies MEG0657.319, MEG0657.346 y MEG0657.84 no mostraron roya. A sus progenitores no se les detectó roya o tuvieron calificaciones de 1 (Tabla 34).

La altura promedio de las progenies, a los 24 y a los 36 meses, fue de 159 cm y 207 cm, respectivamente, siendo la progenie MEG0657.517 (145 cm a los 24 meses y 182 cm a los 36 meses) la de menor altura, y la progenie MEG0657.177 (176

**Tabla 32.** Características del grano de las progenies del experimento MEG0668.

Progenie	Frutos vanos (%)		Granos caracol (%)		Café supremo (%)	
MEG653.159	6,3		12,5		79,6	SC
MEG653.30	32,6	SC	12,7		77,2	SC
MEG653.154	4,9		10,7		76,6	SC
MEG653.161	13,8		17,9	SC	75,2	SC
Castillo@ Trinidad	8,6		6,8		72,3	
MEG653.149	8,9		12,6		72,1	
MEG653.123	5,9		9,9		71,1	
MEG653.91	4,3		10,1		70,3	
MEG653.341	7,2		12,8		70,1	
MEG656.599	15,1		16,5	SC	69,8	
MEG653.153	4,3		11,5		68,3	
MEG653.353	5,5		13,1		68,0	
MEG653.148	6,8		13,9		67,2	
MEG653.221	5,8		11,5		66,2	
MEG653.213	9,6		14,9		63,6	
MEG653.10	6,9		8,2		63,6	
MEG653.352	5,8		14,7		60,2	
MEG653.43	9,7		16,2		59,8	
MEG653.42	5,1		14,6		58,0	
MEG653.317	5,7		14,4		58,0	
MEG653.50	10,8		18,9	SC	57,2	
MEG656.394	7,6		13,4		55,3	
MEG653.5	4,3		10,5		54,7	
Castillo@	7,9		10,1		54,4	
MEG653.321	7,9		18,0		54,2	
MEG653.330	8,2		18,9	SC	54,0	
MEG653.183	6,6		13,4		53,2	
MEG653.386	10,9		12,4		50,8	
MEG653.82	4,7		11,3		48,8	
MEG653.337	24,0	SC	35,0	SC	48,3	
MEG653.366	7,2		13,2		47,8	
MEG656.31	4,0		12,9		47,4	
MEG653.180	15,8		24,4	SC	47,4	
IHCAFE 90	14,6		13,8		46,5	

Continúa...

...continuación.

Progenie	Frutos vanos (%)		Granos caracol (%)		Café supremo (%)	
MEG653.364	6,8		11,8		46,1	
Caturra	4,5		9,2		43,3	
MEG656.344	15,4		14,8		42,2	
MEG656.522	15,4		18,8	SC	38,1	
MEG656.58	4,4		9,2		36,6	
MEG656.402	24,7	SC	11,4		29,2	
Media Progenies	9,5		14,4		58,5	

SC: Superior al testigo

cm a los 24 meses y 228 cm a los 36 meses) la más alta. La variedad Iapar (140 cm y 191 cm), la progenie MEG0657 y la variedad Caturra (147 cm y 182 cm), fueron las de menor altura, mientras que Castillo@ Naranjal tuvo una altura igual al promedio de las progenies, en ambas edades. Los análisis de varianza fueron altamente significativos entre progenies ( $F_{41, 29}$ ;  $p < 0,001$ ) para las dos edades. La prueba de Dunnett<sub>0,05</sub> no mostró diferencias entre la variedad Castillo@ Naranjal y las progenies, ni a los 24 ni a los 36 meses. La ubicación de Castillo@ Naranjal en medio de la tabla hizo que no se registraran mayores diferencias significativas en las dos evaluaciones (Tabla 35). En cambio, sí hubo diferencias significativas con la variedad Caturra en ambas edades: a los 24 meses, las progenies MEG0657.177 (176 cm) y la MEG0657.511 (169 cm) y MEG0657.131 (169 cm) fueron significativamente más altas, mientras que, a los 36 meses hubo 22 progenies significativamente más altas que la variedad Caturra. Por este criterio se descartarán las progenies que resultaron significativamente mayores a los 24 meses y la mayoría de las progenies significativamente más altas a los 36 meses (Tabla 35).

El promedio de frutos vanos de las progenies fue de 9,2% (Tabla 36), superior al promedio de sus progenitores (7,3%) y al de los testigos (7,8%). El rango para las progenies estuvo entre 6,7% (MEG0657.567) y 13,4% (MEG0657.172), mientras que las progenies MEG0657.179 (9,2%), MEG0657.108 (8,8%) y MEG0657.90 (10,1%) fueron muy variables en este carácter, con desviaciones estándar de 5,0%, 3,4% y 2,9% respectivamente. El análisis de varianza fue significativo para progenies ( $p = 0,0496$ ), pero la prueba de Dunnett<sub>0,05</sub> mostró que solo la progenie MEG0657.172 tenía más esterilidad que la variedad Castillo@ Naranjal. Esto muestra que las progenies, en general, han superado los problemas

**Tabla 33.** Producción promedio (kg/planta/año de café cereza) de cinco cosechas, en las progenies del experimento MEG0668.

Progenie	Cos11-12	Cos12-13	Cos13-14	Cos14-15	Cos15-16	Media			
MEG656.344	1,83	3,53	4,10	SC	3,62	SC	4,12	3,46	SC
MEG653.321	1,12	3,58	3,56		3,33		4,40	SC	3,19
MEG656.394	1,48	4,71	3,70		3,34		2,15		3,03
MEG653.352	2,22	4,06	2,95		3,05		3,00		3,01
MEG653.180	2,21	3,58	2,80		3,00		3,34		2,95
MEG653.330	0,91	3,27	3,76		3,12		3,43		2,90
MEG653.341	1,88	3,75	2,43		3,39		3,03		2,88
MEG653.42	1,25	2,84	2,66		3,56		3,54		2,80
MEG653.221	1,44	4,00	2,99		3,22		2,22		2,80
MEG653.183	1,15	3,62	3,31		2,94		2,70		2,73
MEG653.364	1,15	3,60	2,93		3,14		2,85		2,68
MEG653.386	2,24	3,77	2,35		3,00		2,12		2,68
MEG653.213	1,33	3,81	2,58		3,46		2,10		2,67
MEG653.5	1,73	2,95	2,38		2,85		3,17		2,61
MEG653.159	2,22	3,33	2,10		2,81		2,75		2,60
MEG653.50	1,41	3,34	2,25		2,81		3,32		2,60
MEG653.161	1,76	3,30	2,79		2,54		2,16		2,55
MEG653.366	0,99	3,50	3,12		2,76		2,26		2,52
IHCAFE 90	2,10	3,43	2,43		2,47		2,76		2,52
MEG656.522	1,48	3,38	2,35		2,80		2,67		2,49
MEG653.91	2,40	3,94	2,54		1,63		1,75		2,45
MEG653.154	1,86	2,69	2,02		2,11		3,36		2,41
MEG656.599	2,04	3,77	2,13		1,97		1,95		2,37
MEG653.10	0,81	2,56	2,27		2,82		3,47		2,33
MEG653.30	0,98	3,42	2,13		2,96		2,29		2,32
MEG653.337	1,48	2,87	2,66		2,25		2,33		2,31
MEG653.43	1,66	2,61	2,36		2,05		3,22		2,29
MEG656.31	1,84	3,26	2,67		1,48		2,29		2,28
Castillo®	1,33	3,26	2,05		2,16		2,22		2,25
MEG653.82	1,41	2,61	2,20		3,04		2,26		2,25
MEG656.483	1,82	3,27	2,14		1,86		2,08		2,23
MEG653.148	1,50	3,36	1,96		2,25		2,36		2,23
MEG656.29	0,88	3,07	2,45		1,86		2,58		2,22
MEG653.353	1,74	3,51	1,93		1,63		2,10		2,18
MEG656.196	2,03	2,50	2,49		1,30		2,15		2,12
MEG653.385	2,31	2,93	1,90		1,48		1,84		2,05

Continúa...

...continuación.

Progenie	Cos11-12	Cos12-13	Cos13-14	Cos14-15	Cos15-16	Media	
MEG653.123	1,25	3,18	2,10	2,36	1,52	2,05	
MEG656.55	1,51	3,04	2,09	1,86	1,40	1,98	
Castillo® Trinidad	1,23	2,62	2,11	1,90	1,74	1,96	
MEG656.58	1,45	2,17	2,21	1,92	1,82	1,84	
MEG656.402	1,32	2,89	1,91	1,19	1,81	1,82	
MEG653.153	0,95	2,94	1,59	1,93	1,91	1,79	
Caturra	1,42	3,35	1,51	2,04	1,01	1,78	
MEG653.173	1,46	2,61	2,14	1,42	1,16	1,74	
MEG653.317	0,83	2,56	2,05	1,80	1,40	1,70	
MEG653.149	1,90	2,45	1,34	1,48	1,49	1,69	
MEG656.155	2,75	SC	1,32	1,91	0,58	IC	1,47
MEG653.89	0,75	1,23	1,99	1,26	1,60	1,38	
San Bernardo	1,61	1,19	1,11	0,85	1,45	1,16	
<b>Promedio</b>	<b>1,56</b>	<b>3,11</b>	<b>2,40</b>	<b>2,34</b>	<b>2,36</b>	<b>2,33</b>	

SC: Superior al Testigo; IC: Inferior al Testigo

**Tabla 34.** Evaluación máxima de roya (cinco lecturas) en las progenies del experimento MEG0670.

Progenie	Número de plantas en cada grado de la escala									Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
MEG657.319	11	5	1	1	1					19
MEG657.84	10	6	3					1		20
MEG657.346	10	6			1	1	1			19
MEG657.386	8	8	2	1	1					20
MEG657.538	7	8	2			2			1	20
MEG657.540	7	6	2	1	1	2			1	20
MEG657.191	7	4	1	1			3		3	19
MEG657.175	6	6	6	2						20
MEG657.166	6	5	4	1	1	1	2			20
MEG657.137	5	7	4	1	1	1	1			20
MEG657.511	5	7	4	1		2				19
MEG657.536	5	4	5	1		4	1			20
MEG657.299	4	6	1	2		1	4	2		20
MEG657.361	4	6	3	1	2	3	1			20
MEG657.131	4	5	4		1	1	4		1	20
MEG657.148	3	11	1		1	2	1			19

Continúa...

de esterilidad asociados a los híbridos interespecíficos. Esta progenie será descartada (Tabla 36). El promedio de granos caracol de las progenies fue de 13,6%, similar al de los progenitores (14,6%) y dentro de los límites comerciales. El rango estuvo entre 8,8% (MEG0657.317) y 22,5% (MEG0657.511). En otras ocho progenies la frecuencia de granos caracol fue superior al 15%. La variedad Castillo® Naranjal (8,9%) y Caturra (8,6%) fueron las de menor frecuencia. Además, tres progenies tuvieron desviaciones estándares superiores a 4,0%, indicando segregación o inestabilidad debido a su origen interespecífico. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre progenies ( $p < 0,0001$ ), y con la prueba de Dunnett<sub>0,05</sub> se encontró que diez progenies eran superiores a la variedad Castillo®. Estas progenies no se seleccionarán (Tabla 36).

...continuación.

Progenie	Número de plantas en cada grado de la escala									Total
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
MEG657.107	3	7	5	1	4					20
MEG657.317	3	5	4	2			2		2	18
MEG657.364	3	4	5	3	2		2	1		20
MEG657.140	2	10	5		1	1				19
MEG657.90	2	8	6		1	1	1		1	20
MEG657.517	2	6	4	2		2	3	1		20
MEG657.345	2	4	4	3	1	2	1	3		20
MEG657.312	2	3	4	4	3	1			2	19
MEG657.348	2	3	6	1	1	5	1		1	20
MEG657.105	2	2	8	1	1	1	3	1		19
MEG657.172	2	2	8	5	2			1		20
MEG657.139	1	11	3	1		1	2	1		20
Iapar 59	1	9	10							20
MEG657.133	1	8	6	1	1	2			1	20
MEG657.567	1	5	6	2	3	1	1	1		20
MEG657.150		8	8				2		2	20
MEG657.179		6	7	6	1					20
MEG657.170		6	8	1	1	2	1	1		20
MEG657.391		5	6	3	3	1	2			20
MEG657.393		4	6	6	2	1	1			20
MEG657.349		4	7	2	1	1	1	2	2	20
MEG657.108		4	8	4			3		1	20
MEG657.562		4	10	3	3					20
MEG657.177		4	12	2	1			1		20
Castillo® Naranjal		2	8	6	3	1			20	
Caturra						1	5	8	4	18

El promedio de café supremo del experimento fue del 52%, lo que lo clasifica como pequeño, notablemente inferior al de los progenitores (69%) y al de la variedad Castillo® Naranjal, que fue la de mayor tamaño de grano (78%). El rango para las progenies fue particularmente alto, entre 70,4% (MEG0657.179) y 27,5% (MEG0657.517) mientras que la variedad Caturra (48%), estuvo entre esos promedios. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre progenies ( $p < 0,0001$ ), y con la prueba de Dunett<sub>0,05</sub>, se encontró que 18 progenies fueron estadísticamente iguales a la variedad Castillo® Naranjal. Estas progenies tienen grano grande o medio (Tabla 36). Las de grano más pequeño que Caturra serán eliminadas.

El promedio general de producción, de los cuatro años, fue de 2,9 kg/planta/año de café cereza. La mayor producción se obtuvo el primer año de cosecha: 4,11 kg/planta/año y luego declinó los siguientes años, 3,07 kg/planta/año, 2.64 kg/planta/año y 1.85 kg/planta/año de café cereza, respectivamente. La variedad Castillo® Naranjal estuvo entre los genotipos con mayor producción en los cuatro años, con 3,23 kg /planta/año de café cereza, y siguió la tendencia del experimento a través de los años. La variedad Caturra, afectada por la roya tuvo la menor producción: 1.87 kg de café cereza/planta/año. Esta baja de producción fue marcada en el segundo año, cuando la producción promedio por planta no llegó a 1,0 kg de café cereza. La variedad Iapar 59, por el contrario, mostró su alto rendimiento con 3,40 kg/planta/año de café cereza y un rendimiento más estable entre años. Por su parte, la progenie MEG0657.386 con un promedio de 3,42 kg/planta/año de café cereza fue la de mayor rendimiento en los cuatro años, mientras que la MEG0657.538 con 2,15 kg/planta/año de café cereza (228,9 @/ha de cps) fue la menos productiva (Tabla 37). Los análisis de varianza fueron altamente significativos para los dos primeros años ( $p < 0,001$ ), pero no lo fueron para los dos siguientes ( $p = 0,33$  y  $0,13$ ), ni para el promedio de los cuatro años ( $p = 0,10$ ).

En el análisis de calidad en taza, las muestras tuvieron puntajes totales entre 75 (MEG0657.148) y 83 (MEG0657.84). De las 35 progenies 19 tuvieron calificaciones iguales o superiores a 80, que las clasifica como café muy bueno. Las otras 16 tuvieron calificaciones menores, algunas muy cercanas a los 80. Las dos muestras de variedad Castillo® Naranjal y la de Caturra tuvieron calificaciones sobre 80, mientras que la variedad Iapar

**Tabla 35.** Altura a los 24 y a los 36 meses y diámetro de la copa en las progenies del experimento MEG0670.

Progenie	Altura 24 meses (cm)	Sd	Altura 36 meses (cm)	Sd	Diámetro 24 meses (cm)	Sd
Iapar 59	139,8	2,5	190,8	7,4	143,3	6,7
MEG657.517	144,5	8,5	190,5	7,1	144,5	12,7
Caturra	146,9	4,3	181,7	9,4	147,5	0,4
MEG657.319	147,3	16,6	199,1	18,3	153,9	9,4
MEG657.346	147,5	6,4	197,4	6,9	155,0	9,2
MEG657.317	148,9	0,0	195,6	3,1	148,6	6,7
MEG657.84	149,0	3,5	191,3	3,2	152,5	2,1
MEG657.345	151,5	0,7	196,8	2,5	158,0	7,1
MEG657.393	152,8	1,1	205,3	4,6	156,3	0,4
MEG657.536	155,0	1,4	201,0	7,1	165,0	5,7
MEG657.148	155,2	8,9	202,2	11,0	162,4	12,8
MEG657.172	155,5	4,9	210,8	4,6	160,5	9,2
MEG657.348	155,8	1,8	200,3	3,2	157,5	3,5
MEG657.567	156,0	10,6	205,3	SC 18,0	154,3	12,4
MEG657.386	157,0	3,5	195,3	10,3	156,5	12,7
MEG657.107	157,0	2,1	199,4	4,0	158,3	3,1
MEG657.137	157,5	1,4	215,0	SC 6,4	159,5	7,1
MEG657.538	157,5	0,7	203,0	2,8	166,5	2,8
Castillo@Naranjal	158,8	8,1	207,0	14,8	167,3	7,4
MEG657.361	159,0	4,2	202,0	2,8	161,8	3,2
MEG657.90	159,3	15,9	202,0	12,0	164,3	23,7
MEG657.108	160,0	5,7	207,3	SC 2,5	162,5	7,1
MEG657.191	160,3	2,7	215,3	SC 0,4	162,5	3,5
MEG657.299	160,5	6,4	209,0	SC 13,4	159,5	8,5
MEG657.540	161,5	3,5	204,5	SC 0,7	165,0	3,5
MEG657.166	162,3	13,8	216,0	SC 12,0	161,5	10,6
MEG657.175	162,3	3,2	207,8	SC 4,6	164,8	3,2
MEG657.364	162,3	3,2	200,0	8,5	167,5	1,4
MEG657.140	162,8	3,1	215,5	SC 8,5	166,0	0,7
MEG657.312	163,3	3,2	213,4	SC 7,0	162,1	8,0
MEG657.133	163,5	5,7	218,3	SC 3,2	167,8	8,8
MEG657.139	163,8	8,8	221,5	SC 9,2	166,3	11,7
MEG657.170	164,5	4,9	228,0	SC 2,1	170,3	1,1
MEG657.105	165,0	6,3	208,7	SC 6,6	167,3	11,0
MEG657.349	165,3	5,3	218,3	SC 1,1	173,8	4,6
MEG657.391	165,5	3,5	222,5	SC 5,7	168,3	5,3

Continúa...

...continuación.

Progenie	Altura 24 meses (cm)		Sd	Altura 36 meses (cm)		Sd	Diámetro 24 meses (cm)	Sd
MEG657.150	166,5		14,8	212,9	SC	6,2	152,0	12,7
MEG657.179	166,8		6,7	221,5	SC	5,7	173,0	2,1
MEG657.562	166,8		4,6	220,5	SC	0,7	162,0	11,3
MEG657.131	168,8	SC	6,0	221,0	SC	7,8	174,3	5,3
MEG657.511	168,8	SC	10,1	210,5	SC	8,5	164,9	10,1
MEG657.177	175,8	SC	5,3	228,0	SC	3,5	172,0	7,8
Promedio	158,7			207,4			161,3	

**Tabla 36.** Características de fruto y de grano de las progenies del experimento MEG0670.

Progenie	Frutos vanos (%)	Sd	Granos caracol (%)	Sd	Grano supremo (%)	Sd
Castillo® Naranjal	8,4	2,3	8,9	0,3	73,6	6,6
MEG657.179	9,2	5,0	11,4	1,1	70,4	7,4
Iapar 59	8,1	0,9	9,5	1,6	68,5	1,7
MEG657.105	10,2	0,7	13,7	4,3	67,0	1,3
MEG657.391	9,8	1,1	12,3	0,7	65,7	1,5
MEG657.150	6,7	0,6	11,6	1,0	65,1	0,7
MEG657.140	10,6	1,2	14,2	2,4	65,1	3,6
MEG657.393	8,2	1,5	13,9	1,3	63,5	5,8
MEG657.177	8,7	1,0	11,8	0,4	60,8	7,0
MEG657.131	7,9	1,2	14,4	0,1	60,3	0,3
MEG657.319	10,5	0,9	16,9	SC	58,1	9,9
MEG657.346	11,2	2,4	16,6	SC	57,9	3,1
MEG657.538	8,7	1,9	12,2	0,8	57,9	3,5
MEG657.133	8,2	0,2	14,9	SC	57,8	0,5
MEG657.172	13,4	SC	12,9	2,0	57,7	2,0
MEG657.345	9,5	2,0	12,3	3,2	56,1	0,0
MEG657.137	9,3	0,8	14,4	0,6	55,3	2,4
MEG657.317	9,3	2,0	8,8	0,5	55,1	11,7
MEG657.139	9,8	2,2	14,4	0,6	54,6	15,9
MEG657.540	9,9	0,7	13,5	1,1	54,3	4,9
MEG657.536	8,6	1,0	13,6	3,0	52,0	1,0
MEG657.175	9,4	1,7	13,9	0,2	51,1	11,7
MEG657.107	11,2	0,7	16,6	SC	48,6	IC
MEG657.191	9,3	0,6	14,2	2,4	48,5	IC
MEG657.562	8,6	0,3	11,1	1,4	48,2	IC

Continúa...

...continuación.

Progenie	Frutos vanos (%)	Sd	Granos caracol (%)	Sd	Grano supremo (%)	Sd
MEG657.386	10,1	1,6	14,6	1,2	47,9	1,4
Caturra	6,9	1,2	13,2	1,3	47,7	10,5
MEG657.349	9,5	0,5	15,7	0,3	47,2	2,2
MEG657.166	8,4	0,4	12,7	2,2	46,9	1,6
MEG657.148	7,1	0,3	13,2	0,2	46,5	0,6
MEG657.364	12,0	2,2	12,3	0,1	46,1	2,6
MEG657.567	6,7	1,6	11,5	0,7	44,9	8,3
MEG657.108	8,8	3,4	11,3	1,6	44,7	17,3
MEG657.170	8,0	0,7	9,6	0,3	44,3	3,8
MEG657.90	10,1	2,9	18,9	4,3	43,7	3,6
MEG657.84	9,3	1,3	13,5	1,0	43,3	0,5
MEG657.312	8,9	0,0	9,6	0,1	41,4	0,1
MEG657.348	9,7	0,7	14,1	2,8	40,9	8,6
MEG657.361	10,6	1,1	16,4	1,4	36,0	3,2
MEG657.511	10,4g	1,3	22,5	2,2	32,1	7,8
MEG657.299	7,4	0,2	16,6	0,2	31,9	0,6
MEG657.517	8,1	1,5	17,6	0,3	27,5	0,3
<b>Promedio</b>	<b>9,2</b>	<b>1,8</b>	<b>13,6</b>	<b>3,0</b>	<b>52,1</b>	<b>11,6</b>

SC: Superior al testigo; IC: Inferior al testigo

**Tabla 37.** Promedio de producción de café cereza por planta por año en las progenies del MEG0670.

Progenie	Año 12-13 kg/planta de cc	Año13-14 kg/planta de cc	Año 14-15 kg/planta de cc	Año15-16 kg/planta de cc	Promedio kg/planta de cc
MEG657.386	4,77	3,29	3,01	2,61	3,42
Iapar 59	4,03	4,06	3,11	2,40	3,40
MEG657.361	4,99	3,22	3,08	2,28	3,39
MEG657.150	4,57	3,37	2,84	2,63	3,35
MEG657.108	4,72	3,51	3,03	2,11	3,34
MEG657.148	3,81	3,63	2,92	2,91	3,32
MEG657.312	3,98	4,01	3,16	2,11	3,32
MEG657.166	4,26	3,93	3,02	2,04	3,31
MEG657.540	5,34	3,25	3,37	1,30	3,31
MEG657.299	5,69	3,19	2,66	1,59	3,28
MEG657.131	3,94	3,39	3,02	2,61	3,24
Castillo® Naranjal	4,12	3,76	3,13	1,89	3,23
MEG657.317	4,26	3,38	2,59	2,50	3,18

Continúa...

...continuación.

Progenie	Año 12-13 kg/planta de cc	Año13-14 kg/planta de cc	Año 14-15 kg/planta de cc	Año15-16 kg/planta de cc	Promedio kg/planta de cc
MEG657.170	3,34	3,69	3,14	2,34	3,13
MEG657.137	3,68	3,47	2,99	2,27	3,10
MEG657.567	4,18	3,46	2,89	1,83	3,09
MEG657.90	4,83	3,13	2,59	1,73	3,07
MEG657.175	4,39	2,94	2,56	2,36	3,06
MEG657.393	4,31	2,55	2,39	2,92	3,05
MEG657.349	5,20	3,01	2,55	1,33	3,02
MEG657.562	3,41	3,30	3,01	2,27	3,00
MEG657.536	4,98	2,82	2,44	1,65	2,97
MEG657.133	3,86	2,70	3,17	1,97	2,93
MEG657.140	3,76	3,35	2,81	1,62	2,89
MEG657.391	3,84	3,18	2,56	1,93	2,88
MEG657.364	5,45	2,12	2,54	1,17	2,82
MEG657.177	3,41	3,40	2,53	1,90	2,81
MEG657.348	4,40	2,16	2,55	2,10	2,78
MEG657.191	3,65	3,30	2,57	1,48	2,78
MEG657.84	4,51	2,37	2,79	1,36	2,76
MEG657.319	2,88	3,13	2,87	2,06	2,74
MEG657.139	3,25	3,00	2,57	1,69	2,63
MEG657.345	4,54	2,26	2,11	1,45	2,59
MEG657.511	3,96	2,88	2,52	1,00	2,59
MEG657.179	3,10	3,03	2,19	2,01	2,58
MEG657.107	4,33	2,90	1,97	1,02	2,56
MEG657.346	4,26	3,02	1,77	1,11	2,54
MEG657.517	3,47	2,79	2,14	1,72	2,53
MEG657.105	3,38	3,03	1,98	0,83	2,30
MEG657.172	3,02	2,42	1,94	1,59	2,24
MEG657.538	3,52	2,60	1,83	0,64	2,15
Caturra	3,34	0,85	2,01	1,28	1,87
<b>Promedio</b>	<b>4,11</b>	<b>3,07</b>	<b>2,64</b>	<b>1,85</b>	<b>2,92</b>

59, fue la segunda más baja con 76. Finalmente, se seleccionaron las progenies MEG0657.319, MEG0657.84, MEG0657.386, MEG0657.538, MEG0657.540, MEG0657.191, MEG0657.175, MEG0657.317 y MEG0657.150. Estas plantas seleccionadas tienen calificación máxima de roya de 0 a 2, con un promedio de producción anual de 3,6 kg/planta de cc, altura de 160 cm, frecuencia de frutos

vanos de 8,6%, granos caracol de 12,8% y el 61,5 % de los granos calificados como de café supremo.

**MEG102004. Evaluación de poblaciones con resistencia a roya derivadas del Híbrido de Timor.** El desarrollo de variedades con resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) es uno de los objetivos principales de los programas de

mejoramiento de café a nivel mundial. En Colombia, el uso de Híbrido de Timor (HdT) como fuente de resistencia y la variedad Caturra como genotipo base, sumado a la estrategia de diversidad, ha permitido la liberación de 13 variedades ampliamente aceptadas en la caficultura colombiana. No obstante, la enfermedad continúa siendo un desafío constante, por lo que las investigaciones dirigidas al hallazgo de genotipos con la capacidad de enfrentarla son permanentes. De esta manera, con el objetivo de ampliar la base genética de resistencia a la roya (*H. vastatrix*), se evaluaron poblaciones derivadas del Híbrido de Timor. Para ello, se realizaron cruzamientos entre genotipos élite derivados del H.3001 y H.3005 con diferentes introducciones del HdT presentes en la Colección Colombiana de Café (HdT 1343, HdT 832-1, HdT 832/2, HdT 2252). Actualmente, existen poblaciones  $F_3$  y  $F_4$  sobresalientes por diversas características, en especial su alta resistencia a la roya. De acuerdo con los parámetros establecidos en generaciones tempranas, se seleccionaron diez genotipos, los cuales comprenden tres estrategias de piramidización: (a) cruzamientos entre genotipos  $F_4$  derivados del H.3001 y H.3005 (3); (b) cruzamientos de genotipos  $F_4$  del H.3001 x HdT 832/1 (5); y (c) cruzamientos de genotipos  $F_4$  del H.3001 x H. de Timor 2252 (2). En 2011, se estableció el lote experimental a una densidad de 6.600 plantas/ha (1,0 m x 1,5 m) bajo el diseño de bloques completos al azar, con diez plantas como unidad de muestreo y dos repeticiones. Como testigos se establecieron las variedades Caturra y Castillo® Naranjal. Como variables de interés se registraron la producción por planta durante cuatro cosechas, altura y diámetro de copa a los 24 meses de edad, tamaño

de grano (porcentaje de café supremo), contenido de defectos (porcentaje de granos vanos y caracol) e incidencia por roya. Para la medición de esta última se utilizó la escala de campo de Eskes y Toma-Braghini, durante cuatro años, en los meses de mayor presión por la enfermedad. Para las variables producción acumulada, altura de planta y diámetro de copa se realizó análisis de varianza y comparación de las medias, utilizando la prueba de Dunnett ( $p=0,05$ ), empleando la variedad Castillo® Naranjal como testigo de referencia para la primera variable, y la variedad Caturra para altura y diámetro de copa. En el caso de la incidencia por roya se realizó la distribución de frecuencia de acuerdo a la proporción de plantas agrupadas dentro de tres grados de reacción: calificaciones entre 0-1, altamente resistentes; 2-4 resistentes y mayores o iguales a 5 como susceptibles. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,05$ ), para las variables de interés producción y altura de la planta (Tabla 38). Para las variables porcentaje de café supremo y porcentaje de granos vanos no se realizó la prueba, debido a que estos deben de estar dentro de los valores de las variedades comerciales (grano supremo >70%, granos vanos y caracol <10%).

Se registraron tres genotipos con producciones acumuladas estadísticamente superiores a la variedad Castillo®Naranjal (Dunnett  $p=0,05$ ), mientras que las demás son igualmente productivas a esta. Las progenies de mayor producción (2005-9 # 1069, 2005-9 # 517, 2005-9 # 911) se caracterizaron además por poseer un diámetro de copa que difiere al observado en la variedad Caturra, siendo en estos casos de mayor amplitud (Tabla 38).

En términos de altura, tres genotipos presentaron tamaños superiores a la variedad Caturra (2005-9 # 881, 2005-9 # 911, 2005-9 # 918), mientras los demás fueron estadísticamente iguales. Este hecho indica que el 70% de los genotipos pueden ser similares a esta variedad para esta característica; sin embargo, sumado al diámetro de copa, solo el 40% de ellos son fenotípicamente semejantes. El porcentaje de café supremo es considerado de gran importancia, por la amplia aceptación que presentan las variedades con altos valores para esta característica, debido a que está asociado a factores de rendimientos altos. Los resultados obtenidos indican que los genotipos 2005-9 # 1003 y 2005-9 # 911 pueden ser consideradas como de grano grande (>70%). Cuatro genotipos pueden ser consideradas de grano mediano (entre 50% - 69%), mientras que los demás presentan grano pequeño <50%. Sin embargo, es de anotar que las observaciones para esta característica corresponden al registrado durante su última cosecha principal, hecho que puede en cierta medida, subestimar el potencial de los genotipos. Este hecho también se ve reflejado en los testigos de referencia, donde esta característica estuvo muy por debajo de los valores normalmente observados (82,5% Castillo® Naranjal, 60% Caturra). Con relación a los defectos de grano, el contenido de grano caracol es la principal limitante de los genotipos evaluados, debido a que en el 70% de ellos su valor supera el 10%. Aunque este tipo de grano no es descartado en el mercado, contrario al grano tipo monstruo, una alta proporción indica una posible reducción en la producción debido a que son ocasionados por ausencia de una de las

**Tabla 38.** Características agronómicas de las diez progenies F<sub>3</sub> evaluadas en el lote 2011-1.

Progenie	Altura 24 m	Diámetro de copa 24 m	Producción acumulada*	Supremo (%)	Vanos (%)	Caracol (%)
2005-9 # 1003	147,4	157,9*	16,2	75,0	3,6	15,23
2005-9 # 1061	133,6	143,6	17,1	49,7	3,8	17,66
2005-9 # 1069	140,3	158,1*	18,7**	52,5	3,8	11,41
2005-9 # 517	133,5	157,8*	18,5**	55,7	3,5	14,17
2005-9 # 881	172,1*	138,4	14,1	48,9	2,2	17,84
2005-9 # 911	151,3*	153,3*	18,9**	75,0	2,8	12,54
2005-9 # 918	153,2*	146,8	13,3	52,1	2,6	13,25
MEG.1.91 # 211	140,8	139,3	14,8	37,9	2,9	7,83
MEG.1.91 # 227	144,2	143,4	15,2	26,9	2,4	8,95
MEG.1.91 # 8	139,8	149,3	14,0	63,8	3,0	8,08
Castillo@ Naranjal	140,0	159,0*	13,1	54,6	2,3	7,72
Caturra	136,2	135,9	10,5	27,8	1,9	8,71

\* Significativamente superior a la Variedad Caturra según prueba de Dunnet  $p=0,05$

\*\* Significativamente superior a la Variedad Castillo@ según prueba de Dunnet  $p=0,05$

\* kg/planta de cc en cuatro cosechas

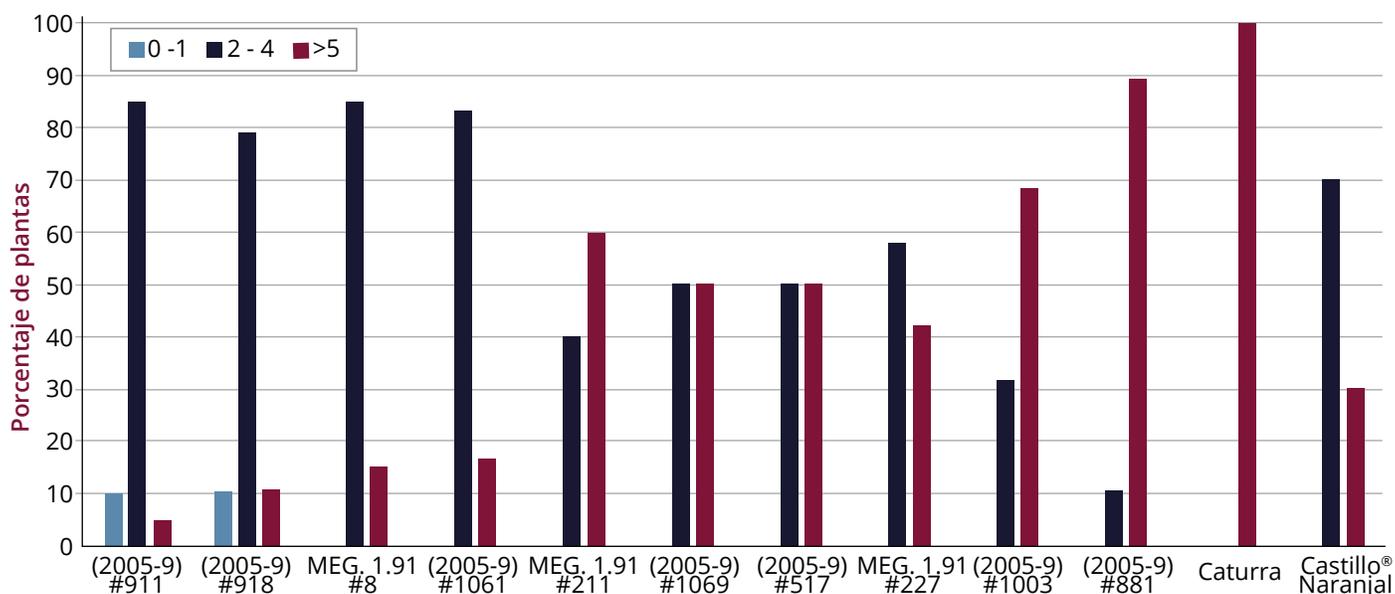
semillas en el fruto. La disminución de los valores de granos caracol a través de selección en genotipos de interés implicaría largos procesos de selección adicional, debido a la alta correlación existente entre los valores progenie y progenitor, hecho que limitaría el uso de estos genotipos.

Se seleccionaron cuatro genotipos resistentes (2005-9 #911; MEG1.91 #8; 2005-9 #1061 y 2005-9 #918), por presentar más del 70% de sus plantas con calificaciones de incidencia a roya menores a 4. Sobresalen las provenientes del cruzamiento entre CU-1842 x HdT 2252 (2005-9 # 911, 2005-9 # 918), por presentar la menor incidencia de la enfermedad (más del 90% de plantas con calificaciones máximas de 4) (Figura 61). Este hecho indica la posible expresión de genes de resistencia del HdT 2252 en estos genotipos, que difieren de los existentes en la línea CU.1842, derivados del HdT 1343. Los otros dos genotipos catalogados como resistentes difieren en su origen, el primero de ellos (MEG1.91 #8) es el resultado del cruzamiento entre dos genotipos F<sub>5</sub> derivados del H.3001/H.3005, mientras el genotipo 2005-9 #1061 proviene del cruzamiento de una línea F<sub>5</sub> derivada del H.3001 con el HdT 832/1. Este hecho indica la posible acumulación de genes de resistencia a la enfermedad, que en los tres casos difieren de los existentes en el Híbrido de Timor 1343.

Con relación a los demás genotipos evaluados, a pesar que ninguno de ellos presentó incidencias

iguales a las observadas en la variedad Caturra (100% de plantas con calificaciones >4), seis pueden ser consideradas como susceptibles, al presentar desde un 50% hasta un 90% de sus plantas con valores superiores a cinco. En ningún caso, este grupo de genotipos será seleccionado para continuar en el avance generacional, debido a que no cumplen con el objetivo principal del programa de mejoramiento genético. El conjunto de resultados indica la existencia de genotipos que sobresalen por su resistencia a la roya y comportamiento agronómico, con méritos para ser evaluados en una próxima generación. Este tipo de genotipos son de gran importancia para la caficultura colombiana, debido a que involucran resistencia proveniente de otras fuentes (HdT 832/1, HdT 2252), lo que significaría un aumento de la diversidad, en términos de genes de resistencia a la roya del café.

**MEG102012. Evaluación regional de progenies avanzadas con el gen de resistencia T a CBD.** Este experimento tiene como objetivo evaluar regionalmente progenies avanzadas que presentan el gen T de resistencia a CBD. El experimento está sembrado en tres localidades: Naranjal, Paraguaquito y El Tambo. El experimento contiene 20 progenies F<sub>4</sub> y F<sub>5</sub> de Caturra x Híbrido de Timor, y cuatro progenies F<sub>4</sub> de [(Caturra x Híbrido de Timor) x Ar] evaluadas con el marcador CMA276 (SAT235), que presentaron



**Figura 61.** Distribución de frecuencia de incidencia de roya (%) en diez genotipos  $F_3$  evaluados, en ocho evaluaciones realizadas durante los años 2014 a 2017. Grados de incidencia de acuerdo a la escala de Eskes y Toma-Braghini (0 a 9). Barras en color azul corresponden a genotipos altamente resistentes (grado 0-1); barras en color verde, corresponden a progenies resistentes (grados 2 a 4); y barras en color rojo indican plantas susceptibles (grado  $\geq 5$ ).

la banda asociada al gen de resistencia T en forma homocigota (Tabla 39). Durante este período se hicieron las evaluaciones de las variables de crecimiento: altura, diámetro del tallo y número de cruces a los 12 meses de edad de las plantas.

Durante este período se hicieron las evaluaciones de variables de crecimiento a los 12 meses de edad. En Naranjal, la altura fue en promedio de 78,70 cm, con un mínimo de 59,30 y un máximo de 88,75, con un diámetro de copa de 80,0 en promedio con valores mínimo y máximo de 56,13 y 95,94 cm respectivamente, y número de cruces de 13,02 en promedio, con valores de 10,06 y 15,50 mínimo y máximo, respectivamente (Tabla 40).

En El Tambo la altura en promedio es de 63,12 cm, con mínimo y máximo de 48,50 y 77,33, respectivamente, con un diámetro de copa promedio de 58,34 con valores mínimo y máximo de 37,66 y 73,17, respectivamente, y número de cruces promedio de 9,17 con valores mínimos y máximo de 5,31 y 12,28, respectivamente (Tabla 41).

En Paraguaicito, la altura promedio es de 98,51 cm, con mínimo y máximo de 76,41 y 112,11 cm, respectivamente, el diámetro de copa fue de 99,20 cm con valores mínimo y máximo de 69,26 y 122,75 cm, y número de cruces de 16,59 en promedio, con valores de 12,03 y 18,89 como mínimo y máximo, respectivamente (Tabla 42).

Las variables de crecimiento reflejan las condiciones climáticas contrastantes de las tres zonas. En Paraguaicito se observa el mayor crecimiento para todas las variables, explicable por la alta radiación solar que se presenta en dicha estación, seguido por Naranjal y con el menor crecimiento en la Estación El Tambo.

#### MEG102014. Evaluar y seleccionar progenies resistentes a CBD con presencia del Gen T.

En este experimento que contiene para la mayoría de sus progenies, la recombinación genética del gen T con genes presentes en accesiones etíopes (Tabla 43), se realizaron las evaluaciones de las variables de crecimiento a los 12 meses de edad de las plantas (Tabla 44). La altura tuvo un valor promedio de 108,5 cm, con valores mínimo y máximo de 88,10 y 142,0 cm. El valor máximo corresponde al tratamiento 3 que presentó porte alto en el campo, al igual que el tratamiento 8. En otros tratamientos se observó segregación por porte. Las plantas de porte alto, así como las heterocigotas por el gen de resistencia T y las susceptibles, serán descartadas al momento de hacer la selección para la siembra de las pruebas regionales.

Se realizó la evaluación por resistencia con el marcador SAT235, con el fin de seleccionar las plantas de cada tratamiento que presenten el gen T en forma homocigota (datos no mostrados).

**Tabla 39.** Descripción de las líneas avanzadas establecidas en pruebas regionales en tres localidades: Naranjal (Caldas), Paraguaicito (Quindío) y El Tambo (Cauca).

Tratamiento	Progenitor	Cruzamiento
1	MEG0313 #198	(CR x HdT)
2	MEG0314 # 961	(CR x HdT)
3	MEG0312 # 1205	(Caturra x HdT) x AR.8 #3
4	MEG0313 # 205	(CR - L .147 x HdT)
5	MEG0313 # 259	(CR - L .147 x HdT)
6	MEG0312 # 780	(Caturra x HdT) x AR.8 #11
7	MEG0314 # 643	(CR x HdT)
8	MEG0314 # 764	(CR x HdT)
9	MEG0312 # 1051	(Caturra x HdT) x AR.40 #79
10	MEG0313 # 161	(CR x HdT)
11	MEG0314 # 740	(CR x HdT)
12	MEG0314 # 1121	(CR x HdT)
13	MEG0313 # 195	(CR x HdT)
14	MEG0314 # 1155	(CR x HdT)
15	MEG0314 # 745	(CR x HdT)
16	MEG0312 # 852	(Caturra x HdT) x AR.8 #9
17	MEG0313 # 257	(CR x HdT)
18	MEG0314 # 960	(CR x HdT)
19	Castillo®	Castillo®
20	MEG0314 # 676	(CR x HdT)
21	MEG0313 #65	(CR x HdT)
22	MEG0314 # 1195	(CR x HdT)
23	MEG0314 # 695	(CR x HdT)
24	MEG0314 # 700	(CR x HdT)
25	MEG0313 #194	(CR x HdT)

**MEG102019. Ampliación de la base genética de *Coffea arabica* L. con el gen SH3 de resistencia a roya (*Hemileia vastatrix*).** La aparición de nuevas razas de roya compatibles con las variedades derivadas del Híbrido de Timor y capaces de romper la resistencia genética lograda hasta el momento, ha creado la necesidad de pensar en otras fuentes de resistencia, las cuales deben ser incorporadas en variedades futuras. Es así como se da inicio al desarrollo de poblaciones que incluyan otras fuentes de resistencia diferentes al Híbrido de Timor. El gen SH3 es una de ellas, la cual se deriva de *Coffea liberica*. Se seleccionaron progenies desarrolladas por el programa de mejoramiento genético de Cenicafé, que incluyeron cruzamientos con *C. liberica*, y en las que se desconoce si el proceso de introgresión del gen SH3 fue exitoso. Así mismo, se incluyó una población F<sub>2</sub> desarrollada a partir de cruzamientos derivados de progenies de la variedad Castillo® por las selecciones indias BA2 -

S288/23 y S795, las cuales se sabe son portadoras del gen. Las poblaciones seleccionadas la conformaron 39 grupos genealógicos, agrupados en generaciones F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>.

Al provenir de cruces interespecíficos, se busca que las F<sub>1</sub> seleccionadas correspondan a plantas fenotípicamente similares a *C. arabica* L. Por tal motivo, se evaluó una población conformada por 427 plantas, que después de obtenida la semilla y establecidos los almácigos se redujo a 126. Se presentó una reducción del 70% en el número de plantas, que obedeció principalmente a que muchas plantas no produjeron semilla viable para establecer su progenie. La generación F<sub>2</sub> se conformó por 280 plantas, provenientes de cruzamientos de progenies de la variedad Castillo® por las selecciones indias BA2 - S288/23 - S795. Se seleccionaron 90 plantas que presentaron fenotípicamente un porte similar a la variedad Caturra. Las plantas seleccionadas se individualizaron y se corroboró la presencia del marcador Sat244 ligado al gen SH3 (Tabla 45).

Las plantas positivas para el marcador Sat244, bien sea en estado homocigoto (32%) o heterocigoto (57%), fueron seleccionadas para la obtención de semilla proveniente de autofecundación de cada planta y así avanzar a la generación F<sub>3</sub>.

**MEG103001. Caracterización de introducciones provenientes de Etiopía.** En Cenicafé existe una colección de germoplasma etíope que proviene principalmente de dos recolecciones que se hicieron en Etiopía: la recolección hecha por la misión de la FAO en 1964/65 y la colección de ORSTOM. Todas las introducciones de la colección de ORSTOM son de las

provincias de Kaffa e Illubabor, y fueron originalmente parte de la colección de Camerún. Algunas de ellas fueron llevadas primero a Montpellier (Francia) y de allí a Colombia. Las introducciones de la misión de la FAO fueron llevadas primero a Turrialba (Costa Rica) y después a Colombia. El sistema nacional de germoplasma de plantas en USA (NPGS), en su estación en Glenn Dale, Maryland, mantiene algunas introducciones de café libres de enfermedades. La evaluación agronómica de la Colección Colombiana de Café tiene interés debido a que permite detectar las introducciones con cualidades agronómicas sobresalientes para ser utilizadas como progenitores en el desarrollo de nuevas variedades, haciendo un mejor aprovechamiento de este recurso y aumentando la eficiencia del Programa de Mejoramiento. En este trabajo se evaluaron 300 accesiones etíopes por producción, características de crecimiento, granulometría, resistencia a roya y calidad en taza, con el objetivo de identificar accesiones que presentan características agronómicas de interés para el programa de mejoramiento de *C. arabica* y utilizarlos como padres para el programa de mejoramiento. Se encontraron accesiones que sobresalen por su alta producción, comparables a *C. canephora* utilizada como testigo.

Respecto a calidad en taza, se identificaron varias accesiones que presentan unas características organolépticas sobresalientes bajo las condiciones de Naranjal. Estas accesiones tienen potencial en localidades con características agroclimáticas que les permitan expresar todo su potencial de calidad sensorial. En la Tabla 46 se presentan las características de las accesiones con producciones estadísticamente

**Tabla 40.** Datos de crecimiento a los 12 meses en Naranjal.

Tratamiento	Número de plantas	Altura a los 12 meses	Diámetro de copa a los 12 meses	Número de cruces a los 12 meses
1	36	83,72	82,06	12,78
2	31	60,06	59,10	10,74
3	36	65,83	62,53	12,69
4	36	87,86	92,33	14,61
5	35	81,11	88,43	12,60
6	36	70,08	61,86	13,22
7	36	80,39	87,78	13,94
8	34	82,00	76,62	12,38
9	23	59,30	56,13	11,52
10	36	85,86	93,39	15,31
11	36	85,69	87,83	14,33
12	32	71,56	68,59	10,06
13	36	84,06	80,92	12,19
14	36	85,47	79,47	11,28
15	36	71,67	75,06	12,58
16	35	75,57	78,80	13,06
17	35	84,66	94,51	14,49
18	36	78,36	78,83	11,94
Castillo®	36	76,03	74,08	13,28
20	36	83,86	87,97	13,69
21	36	87,06	95,94	15,25
22	36	80,94	77,86	12,06
23	36	72,31	78,14	12,97
24	36	88,75	91,94	15,50
25	36	83,78	89,75	13,00

iguales al testigo *C. canephora*. La calidad en taza se compara con el testigo Típica. Vale la pena anotar que para cada experimento se presentan las características de los testigos.

**MEG103003. Identificación de accesiones de *Coffea arabica* tolerantes a déficit y exceso hídricos.** En Colombia la producción de café disminuye por condiciones asociadas directa o indirectamente con la ocurrencia de los eventos climáticos La Niña, que alternan con los eventos El Niño. Para mitigar estos eventos climáticos en la Disciplina de Mejoramiento Genético se están evaluando introducciones de la Colección Colombiana de Café en la búsqueda de genotipos tolerantes a estrés hídrico. Con esta finalidad, se evaluaron por tolerancia a déficit hídrico 11 introducciones etíopes de *Coffea arabica* (CCC.142, CCC.143,

**Tabla 41.** Datos de crecimiento a los 12 meses en El Tambo.

Tratamiento	Número de plantas	Altura a los 12 meses	Diámetro de copa a los 12 meses	Número de cruces a los 12 meses
1	36	71,22	66,36	10,42
2	36	50,58	53,31	8,08
3	36	56,42	49,50	9,75
4	36	66,69	64,42	9,81
5	36	68,06	62,00	9,39
6	36	66,64	60,28	10,22
7	36	60,19	58,92	8,75
8	36	62,86	54,97	8,83
9	36	49,74	47,51	7,54
10	36	77,33	72,94	12,28
11	36	64,14	57,22	9,39
12	36	48,50	37,66	5,31
13	36	68,08	65,47	9,75
14	36	63,11	50,00	7,33
15	36	63,06	53,42	9,08
16	36	69,14	69,46	9,71
17	36	65,69	63,67	9,97
18	36	53,67	46,94	6,92
19	36	60,83	53,42	8,75
20	36	61,08	54,67	8,50
21	36	74,78	71,89	12,25
22	36	62,47	56,22	8,64
23	36	59,81	57,14	9,00
24	36	65,08	58,00	10,03
25	36	68,86	73,17	9,64

CCC.238, CCC.161, CCC.156, CCC.167, CCC.474, CCC.536, CCC.544, CCC.548, CCC.553, testigo Típica) y 11 líneas avanzadas de híbridos interespecíficos provenientes del cruzamiento entre *C. arabica* x *C. canephora* (131, 141, 147, 161, 246, 270, 342, 378, 891, 892, 946, testigo Caturra). Se midió la humedad del suelo y la capacidad de campo, con esta información se estimó la masa de suelo húmedo a capacidad de campo (riego normal, 60% de humedad) y la masa del suelo húmedo a 50% de la capacidad de campo (déficit hídrico, 30% de humedad). Bajo un diseño completamente al azar con 20 repeticiones, se registró la materia seca del tallo, materia seca de la raíz y materia seca total (biomasa), a los cinco meses de aplicación de los tratamientos de estrés hídrico. Semanalmente se midió la humedad gravimétrica a 15 cm de profundidad para asegurar que las plantas se mantuvieran en la humedad definida para cada tratamiento.

El promedio de la humedad del suelo en el tratamiento de riego normal fue de 64% y de 32% bajo déficit hídrico. El análisis de varianza mostró diferencias significativas en la biomasa total de las introducciones etíopes sometidas a los tratamientos de estrés hídrico. Según la prueba de Dunnett las introducciones CCC.474, CCC.548, CCC.553 y CCC.536 bajo déficit hídrico presentaron la menor reducción de biomasa con relación a la variedad Típica, y son candidatas para evaluarse en ambientes de baja precipitación para validar esta respuesta (Tabla 47). En contraste, la variedad Típica sometida a déficit hídrico mostró la mayor reducción de biomasa. Ninguna de las líneas de híbridos interespecíficos tuvieron una pérdida de biomasa menor que la variedad Caturra .

**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 completa contra la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Una alternativa para obtener plantas de café resistentes a la broca es la transferencia mediante ingeniería genética de genes que codifican proteínas insecticidas entre las cuales están los inhibidores de proteasas que inhiben las enzimas digestivas de los insectos, interfiriendo 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. Estudios previos demostraron que el inhibidor de aspártico proteasa de *Lupinus bogotensis* (LbAPI) es efectivo para

el control de la broca, ocasionando en bioensayos una mortalidad de 90% a los 23 días, con una  $DL_{50}$  de 0,91%. Otra alternativa para la obtención de plantas resistentes a la broca es el uso de genes del género *Coffea*, como la patatina que interfiere con el metabolismo de lípidos en la broca y en respuesta a la infestación por broca muestra que a las 24 y 48 h sobre-expresó en *Coffea liberica* cinco veces y 30 veces mayor, respectivamente, que en la variedad Caturra (susceptible).

La transferencia a café de los genes *LbAPI* y patatina es una alternativa para la obtención de plantas resistentes a *H. hampei*, las cuales disminuirán el empleo de insecticidas, evitando las pérdidas del peso de la almendra y reduciendo la contaminación del ambiente. Con el objetivo de transferir los genes que codifican el *LbAPI* la patatina a café, se regeneró tejido embriogénico de tres líneas de variedad Castillo® (CU.1953, CU.2034 y CX.2178), mediante embriogénesis somática indirecta (ESI). De los dos primeros genotipos se utilizaron explantes foliares de plantas del campo y del último genotipo explantes de plántulas *in vitro*. El tejido embriogénico producido a partir de los explantes se propagará y utilizará para la transferencia a café de los genes que codifican para el inhibidor de aspártico proteasa (*LbAPI*) y la patatina.

**MEG106001. Desarrollo de herramientas para la selección asistida.** Como resultado de trabajos colaborativos entre Cenicafé y la Universidad de Cornell (NY, USA) se obtuvo el genoma completo de *Coffea arabica* variedad Caturra y de *C. eugenoides*, además de borradores de los genomas de *C. liberica*, así como del Híbrido de Timor (*C. arabica*). La versión actual del genoma

**Tabla 42.** Datos de crecimiento a los 12 meses en Paraguaicito.

Tratamiento	Número de plantas	Altura a los 12 meses	Diámetro de copa a los 12 meses	Número de cruces a los 12 meses
1	36	102,64	17,44	111,06
2	36	82,67	14,31	83,22
3	36	87,39	16,64	81,81
4	36	104,17	18,03	106,81
5	36	107,56	17,39	107,89
6	36	89,42	15,39	94,36
7	36	100,61	17,00	105,33
8	36	108,94	17,28	101,56
9	36	85,75	15,33	85,67
10	36	105,11	17,61	104,22
11	36	106,89	17,81	109,72
12	34	76,41	12,03	69,26
13	36	109,97	17,22	122,75
14	36	98,28	15,78	99,58
15	36	94,50	16,47	94,42
16	36	83,97	13,97	93,14
17	36	96,97	17,08	91,72
18	36	102,42	15,72	97,64
19	36	94,31	16,44	88,19
20	36	102,53	17,56	111,83
21	36	112,11	18,89	116,56
22	36	106,78	16,81	102,25
23	36	93,36	16,75	94,75
24	36	103,22	18,19	99,67
25	36	106,81	17,50	106,58

de *C. arabica* contiene 22 pseudomoléculas, 11 para cada uno de los sub-genomas del alotetraploide, correspondientes a los ancestros *C. eugenoides* y *C. canephora*, denotados como  $E^A$  y  $C^A$ , respectivamente. El tamaño calculado del genoma de Caturra es de 1.100 Mb, de los cuales se ensambló el 99,48%, donde el 90% de la secuencia se encuentra en cromosomas con un tamaño total de 498,79 Mb para el sub-genoma *C. canephora* y 491,12 Mb para el sub-genoma *C. eugenoides*. El ensamblaje mostró altos valores de NG50, donde el 50% de los genomas estuvieron en secuencias de 42,36 Mb y 46,87 Mb para los genomas de *C. arabica* y *C. eugenoides*, respectivamente. Se identificaron 89.656 genes, de los cuales 79.595 (88,77%) se encontraron en los cromosomas y el 11,2% de los genes se encontraron en las 1.735 secuencias ensambladas no ancladas a cromosomas. Parte de las secuencias no ancladas corresponden a regiones del genoma de

**Tabla 43.** Progenies a evaluar en el experimento MEG102014.

Cruzamiento	Tto
[CR x (CR x H de T) - M.2388]	1
Castillo®	2
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.40 #79	3
[CR x (CR x H de T) - M.2388]	4
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.8 #9	5
FM8-1.222 x Orstom. Ar.8 #11	6
[CR x (CR x H de T) - M.2388]	7
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.8 #11	8
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.8 #9	9
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.8 #9	10
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.8 #9	11
AR.56 #96 x PL.1979	12
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.8 #9	13
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.404-RS.460-BK.261 x AR.40 #79	14
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.8 #9	15
AR.56 #96 x (CR-L.426 x HT)-MER.2387-PL.1979	16
CR- L.426 x H de T 1343 MEZCLA	17
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.404-RS.460-BK.261 x AR.40 #79	18
(CA-CV1 x HT-1343-I.574-CV2)-AR.1324-PL.1000-A.222 x AR.8 #9	19
AR.8 #3 x (CR-L.426 x HT)-MER.2387-PL.1979	20
CR- L.426 x H de T 1343 MEZCLA	21
CR- L.426 x H de T 1343 MEZCLA	22

Caturra que presentan heterocigosis, de tal manera que pueden representar haplotipos del individuo secuenciado (Tablas 48 y 49).

Paralelamente, se obtuvo el primer borrador del genoma del Híbrido de Timor (HdT) 1343, progenitor de las variedades Colombia, Castillo® y Cenicafé 1. El HdT presentó alta heterocigosis, lo que resultó en un ensamblaje de 24.499 contigs para un total de 810.36 Mb de secuencia, con un N50 de 50,41 Kb, donde el scaffold más largo fue de 1,13 Mb. Los análisis preliminares mostraron cerca de 800 variantes estructurales entre variedad Caturra y el Híbrido de Timor. A futuro, la caracterización de estas regiones junto con el análisis de genómica de poblaciones de líneas mejoradas derivadas del cruzamiento de ambos materiales permitirá la identificación de regiones de introgresión asociadas con rasgos de importancia como la resistencia a la roya del café y a la enfermedad de las cerezas del café (CBD), entre otras características.

Adicionalmente, se analizó la diversidad genética del HdT conservado en la Colección Colombiana de Café. Para ello, se genotificaron 50

plantas del HdT provenientes de diferentes introducciones del material a Colombia, y se sumó la información fenotípica proveniente de evaluaciones de incidencia de roya mediante la escala Eskes y Toma-Braghini recopilada por la Disciplina de Fitopatología de Cenicafé, durante 11 años. Los análisis de roya mostraron cómo a través del tiempo aparecen razas del patógeno, capaces de infectar diferentes líneas del HdT. En ausencia de razas de roya en Colombia el CIFC describió a la mayoría de las accesiones de HdT como resistentes a todas las razas de roya, provenientes de África, evaluadas por dicho instituto. Los análisis indican asociación entre genotipo y fenotipo de resistencia, mostrándose segregación de la resistencia entre los materiales del HdT evaluados (Figura 62).

Los resultados obtenidos muestran que aún hay factores de resistencia a la roya en materiales del HdT que no se han utilizado en las variedades de Colombia, los cuales constituyen un recurso valioso para la incorporación de dichos genes en el desarrollo de las variedades del futuro.

Para el genoma de *C. liberica* se obtuvo un total de secuencia ensamblada de 1158.867 MB dividida en 251.462 Scaffolds con un N50 de 7,308 Kb.

La exploración del borrador del genoma de *C. liberica*, mediante integración de información de mapeo genético y genómica comparativa, permitió delimitar la región de introgresión del factor de resistencia a la roya SH3 en el cromosoma homeólogo 3 de *C. arabica*. Mediante PCR electrónica se encontró un contig del ensamblaje de *C. liberica*, con una longitud de 71.799 bp, donde se amplificaron los marcadores microsatélites SAT244 y BA-124-12K-f. Estos marcadores se utilizan

**Tabla 44.** Datos de crecimiento a los 12 meses en el experimento MEG102014.

Tratamiento	Altura a los 12 meses	Diámetro de copa a los 12 meses	Número de cruces a los 12 meses
1	115,25	117,70	19,72
2	100,75	102,45	16,43
3	142,00	134,75	16,75
4	116,55	116,15	19,14
5	102,65	105,75	14,28
6	102,05	107,30	15,95
7	115,40	118,00	18,38
8	134,10	117,60	14,45
9	91,67	96,87	15,74
10	88,10	81,95	15,43
11	96,05	95,90	13,18
12	106,10	96,35	17,67
13	92,80	90,25	15,11
14	100,85	100,20	15,29
15	103,65	104,55	15,60
16	127,55	114,45	18,21
17	102,00	108,85	18,38
18	111,87	115,81	15,12
19	120,15	109,70	16,31
20	108,75	107,80	16,35
21	109,80	107,10	17,25
22	98,94	102,12	15,10

para la selección asistida por marcadores moleculares del gen SH3. Sobre el contig asociado al gen SH3 se predijeron 12 genes, el marcador SAT244 se ubicó en un intrón de un gen que codifica una fosfatidato citidililtransferasa y el marcador BA-124-12K-f se encuentra entre un exón y un intrón del gen que codifica para un transportador de magnesio tipo MRS2-I-like. En el mismo contig se encontró un gen R de resistencia a enfermedades, con motivos RX-CC\_like, NB-ARC, LRR que constituye el primer candidato a gen de resistencia SH3. Es de anotar que variedades desarrolladas en otros países que contienen el SH3 han presentado resistencia durable a la roya. Actualmente, la disciplina de Mejoramiento Genético de Cenicafé tiene líneas en diferentes avances generacionales que contienen dicho mecanismo de resistencia, el cual será incorporado en variedades a futuro.

**Tabla 45.** Estado del gen SH3 en plantas F3, derivadas de cruzamientos de progenies de la variedad Castillo® por las selecciones indias BA2, S795 y S288/23.

Población f2		Estado del gen SH3
Madre	Padre	
CX.2848	BA2 S795 S288/23	11% *Homocigoto recesivo para SH3
CX.2178		57% *Heterocigoto para SH3
CX.2710		
CU.1852		
CU.1843		32% *Homocigoto dominante para SH3

\*Resultados obtenidos empleando el marcador molecular Sat244.

**Tabla 46.** Características agronómicas y calidad en taza de las accesiones etíopes más productivas. Para cada experimento se presentan las características de los testigos Típica y *C. canephora*.

Experimento	ID CCC	Producción media*	Altura 24 meses	Calidad física del grano (%)			Calidad en taza	
				Supremo	Vanos	Caracol	Puntaje total	Notas generales
1601	161	7,1	227,9	34,4	10,2	16,2	7,5	Floral
1601	318	7,3	244,3	53,6	6	18,2	6	Floral, amargo
1601	341	7,7	268	50,3	15,4	11,1	8	Floral, aromática
1601	509	7,7	229,2	14,2	7,3	8	5,5	Cítrico, herbal
1601	473	7,9	196,3	34,8	16,6	15,6	5,5	Dulce, inmaduro
1601	168	7,9	214	33,6	6,3	14,5	5	Limpio
1601	334	8,6	255	69,2	4,4	18,1	4,5	Inmaduro, astringente
1601	Típica	4,8	262,1	68,6	20,4	13,4	5,5	Dulce, herbal
1601	Canephora	9,5	232,1	25,7	9	16,1	3	Harina
1602	199	4	163,8	28,7	3,6	13,5	5	Limpia
1602	471	4	192	25,8	6,5	14,1	4,5	Amargo, astringente
1602	290	4	159,2	27,8	11,1	14,8		
1602	195	4	191,3	26,7	4,4	15,8	5	Astringente, dulce
1602	216	4,2	175	18,3	2,9	10,6	7	Floral
1602	197	4,2	155	39,1	3,5	18,5	5	Limpia
1602	425	4,2	196,3	70,5	3,5	11,9		
1602	149	4,4	195,8	37,8	5,1	30	5	Astringente, floral
1602	415	4,7	186,7	42,9	3,1	21,6	7	Floral
1602	531	4,9	180	43,1	6,1	10,5	5	Astringente
1602	412	5	171,7	25,3	10,9	10,9	4,5	Cereal, ligero harina
1602	212	5,2	186	41,4	13,1	21,6	4,5	Astringente, amargo
1602	295	5,8	172,1	31,4	7,5	18,2	5,5	Acidez, dulce
1602	193	6,1	182	10,8	11,6	21	6	Balance
1602	Típica	4,3	183,3	73,3	12,6	10,7	5,5	Dulce, herbal
1602	Canephora	6	157,9	37,4	9,2	17,7	3	Harina
1603	418	7,1	201,4	41	3,2	11,6		
1603	329	7,1	209,4	34,6	3	13,7	6,5	Cítrico, floral
1603	227	7,2	170,6	39,5	25,4	10,5		
1603	496	7,2	148,8	17,3	6,1	11,2		
1603	326	7,4	185	52,8	3,9	16,2	5	Acidez, astringente
1603	217	7,8	170,6	42	26,3	15,6		
1603	289	8,1	183,6	31,4	3,4	15,4		
1603	513	8,2	185	23,3	6	21	4	Amargo, astringente
1603	Típica	2,1	195	66,6	3,7	10,4	4,5	Astringente

Continúa...

...continuación.

Experimento	ID CCC	Producción media*	Altura 24 meses	Calidad física del grano (%)			Calidad en taza	
				Supremo	Vanos	Caracol	Puntaje total	Notas generales
1603	Canephora	7,1	177,5	31,7	11,5	15,4	3	Harina
1604	300	4,8	146,4	4	4,8	7,4	8	Dulce, limpio
1604	391	4,8	215	27	2,5	7,7	6	Floral, astringente
1604	364	4,8	178,3	56	7	14,4		
1604	493	4,9	152,9	15,5	4,8	7,7		
1604	503	4,9	151,3	23,3	4,7	10,2		
1604	332	5	192,1	29,6	3,5	13,6	5,5	Floral, limpio
1604	502	5,1	177,9	41,6	5,5	12,8		
1604	497	5,3	141,9	25,6	9,9	10,9		
1604	505	5,4	144,3	34	10,6	17,3		
1604	494	5,6	152,9	13,3	5,1	10,2	6	Floral, limpio
1604	405	5,6	194,4	37,7	7	16		
1604	508	6,2	161,4	31,4	5,1	7,4	5	Astringente
1604	506	6,2	153,8	18,1	4,6	7,3	5,5	Floral, astringente
1604	510	6,3	176,9	23,7	8,2	10,6	5,5	Dulce
1604	366	6,5	200	26,3	5	15,5		
1604	491	6,8	161,9	8,3	6,9	14,1		
1604	367	7,4	183,1	17,5	5,4	16,5	4,5	Floral, acidez
1604	Típica	2,1	193,1	59,6	4,3	8,8	4,5	Astringente
1604	Canephora	7,2	174,4	31,2	11,1	14,7	2,5	Harina
1605	298	5,2	161,9	15,6	4,4	28,5	5	Suave, ligero floral, amargo
1605	245	5,2	167	24,5	4,4	14,8		
1605	240	5,3	163,1				7	Cítrico, dulce, ligero astringente
1605	228	5,5	180,7	41,9	3,4	12,5	4,5	Floral, herbal, inmaduro
1605	205	5,5	176,3	6,8	4,1	8,9	8,5	Cardamomo, floral
1605	204	5,6	167,5	8	4,7	18,1	5,5	Acidez
1605	307	6,4	184,4	53,7	5,7	13,3	8	Floral, suave
1605	309	6,5	170,7	37,2	6,3	21	4,5	Amargo, astringente
1605	280	6,5	160,7	40,1	5	9,2	5,5	Limpio, astringente
1605	293	6,6	168,8	43,3	3,7	15,1	8	Floral, ligero astringente
1605	154	6,9	163,1	48,4	5,6	15,3		
1605	292	7	139,4	4,3	6,1	12,2	4,5	Cereal

Continúa...

...continuación.

Experimento	ID CCC	Producción media*	Altura 24 meses	Calidad física del grano (%)			Calidad en taza	
				Supremo	Vanos	Caracol	Puntaje total	Notas generales
1605	313	7	168,1	25,7	24,1	19	7,5	Acidez, flora, cereal
1605	215	7,2	153,8	27,3	6,3	22,2	6,5	Suave, limpio
1605	305	7,3	151,4	25,3	12,3	14,8	6	Floral, amargo
1605	277	8,3	148,1	40,1	4,2	13		
1605	Típica	2,5	168	63,8	5,6	10,6	5	Limpio, cereal
1605	Canephora	7,5	151,9	18	8,6	12,9	3,5	Amargo, cereal
1606	146	6,1	197,1	2,7	4,1	15,5		
1606	148	6,3	175,6	14,1	5,1	19,4		
1606	514	6,4	170,6	11	6,6	13,8	4,5	Cereal, limpio
1606	511	6,6	142,5	15,3	6	12,9	6,5	Suave, limpio
1606	342	6,8	153,8	11,2	4,1	13,6	7	Floral, cereal
1606	349	7	161,3	14,1	4,9	16,4	5,5	Floral, astringente
1606	361	7	175,6	13,8	4,4	16,4	8	Floral, ligero cítrico
1606	343	7,3	175,6	22,3	4	15,7	6	Floral, astringente
1606	Típica	4	175	60,7	4,6	10,3	3	Harina, astringente
1606	Canephora	5,7	143,1	37,9	13,3	15,4	3,5	Amargo, cereal

\*Producción media: kg/árbol de cc en cuatro cosechas

**Tabla 47.** Prueba de Dunnnett de la pérdida de materia seca total de 11 introducciones etíopes bajo déficit hídrico con relación a riego normal contra el testigo Típica.

Comparación	Promedio simultáneo del 95%	Límites de confianza
CCC.161-Típica	-4.941	-20.187 10.305
CCC.143-Típica	-9.861	-25.107 5.385
CCC.156-Típica	-11.764	-27.010 3.482
CCC.142-Típica	-13.549	-28.795 1.697
CCC.167-Típica	-14.104	-29.349 1.142
CCC.238-Típica	-14.592	-29.838 0.654
CCC.544-Típica	-15.137	-30.383 0.109
CCC.474-Típica	<b>-17.780</b>	<b>-33.026 -2.535 ***</b>
CCC.548-Típica	<b>-21.779</b>	<b>-37.025 -6.533 ***</b>
CCC.553-Típica	<b>-28.931</b>	<b>-44.177 -13.685 ***</b>
CCC.536-Típica	<b>-41.450</b>	<b>-56.696 -26.205 ***</b>

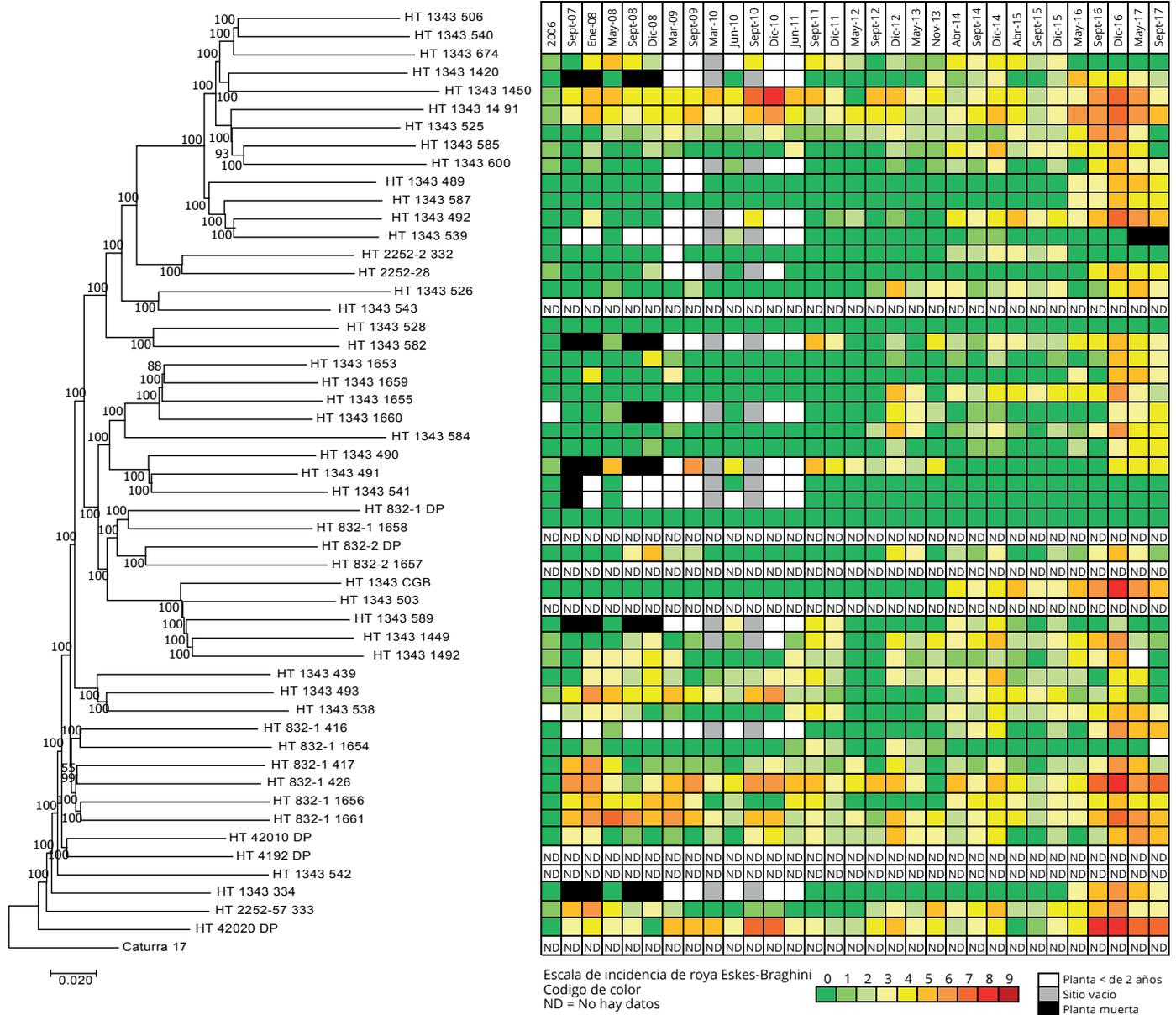
\*\*\* Significativamente inferior a la Variedad Típica según prueba de Dunnet  $p=0,05$

**Tabla 48.** Descripción de secuencias ensambladas a nivel de cromosoma de los genomas de *C. arabica* variedad Caturra y *C. eugenioides*.

Cromosoma	<i>Coffea arabica</i>				<i>Coffea eugenioides</i>
	CA longitud (pb)	No. Genes	EA longitud (pb)	No. Genes	Longitud (pb)
1	50.636.588	3.877	48.756.970	3.934	53.691.034
2	66.155.350	5.975	71.633.312	6.129	79.790.123
3	41.566.753	3.239	37.271.464	2.749	48.389.548
4	41.786.336	3.537	42.507.429	3.424	43.756.297
5	45.899.693	3.316	39.439.615	2.986	52.590.270
6	55.181.588	4.485	52.240.725	4.376	56.253.515
7	38.854.053	3.443	35.392.230	2.853	40.525.418
8	39.008.463	2.994	45.117.557	3.338	47.530.510
9	38.064.651	2.984	35.839.895	2.635	42.903.947
10	45.429.025	3.829	40.458.934	3.210	39.566.964
11	36.215.491	2.996	42.465.768	3.286	53.112.746
<b>Total</b>	<b>498.797.991</b>	<b>40.675</b>	<b>491.123.899</b>	<b>38.920</b>	<b>558.110.372</b>

**Tabla 49.** Descripción de la secuencia ensamblada del genoma de *C. arabica* variedad Caturra.

Subgenoma	No. Secuencias	Longitud (pb)	Genoma	No. Genes
CA	11	498.797.991	45,35%	40.675
EA	11	491.123.899	44,65%	38.920
Scaffolds	1.735	104.371.058	9,49%	10.061
Total	1.757	1.094.292.948	99,48%	89.656



**Figura 62.** Filogenia y línea histórica de respuesta a la roya de componentes del Híbrido de Timor en la Colección Colombiana de Café. Agrupamiento por Neighbor-Joining a partir de distancias calculadas por el método de máxima verosimilitud compuesta. La escala de color en el tiempo corresponde a valores de incidencia de roya en escala Esques y Toma-Braghini.

## Poscosecha

**POS107004. Desarrollo y validación de una herramienta tecnológica basada en visión de máquina y TICs para la administración de labores agrícolas en la finca cafetera.** Se desarrolló una estrategia autónoma para la adquisición de imágenes en el campo con un dispositivo móvil y un sujetador. El sistema realiza el conteo automático de frutos en tres estados (verde, pintón y maduro), con base en algoritmos 2D y 3D, y con ese conteo hace una estimación del número real de frutos en las ramas (Figura 63). Los errores de estimación por medio del método automático son de 17%, 7% y 22%, correspondiente a errores de conteo, porcentaje de maduración y estimación de masa, respectivamente. Se verificó el error de estimación en condiciones reales entre el conteo manual de los frutos sobre las cuatro ramas seleccionadas y la masa de las mismas ramas chequeadas. Se encontró que este error es del 24% en promedio, muy cercano al 22% obtenido con la estimación automática de la masa. El método de estimación fue evaluado y validado por medio del uso del aplicativo móvil y se generaron mapas de producción en cerca de 16 parcelas sembradas en café, con lo que se confirma



que es posible estimar la producción total de la parcela a partir de la información adquirida, con un error del 18% y  $R^2$  de 0,94.

**POS107005. Evaluación de mallas, canguaros y hamacafés para la recolección manual de café.** Durante el 2018 se establecieron las lonas como medio de recolección en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, para adicionalmente utilizarlas como medio de multiplicación. El primero de agosto de 2018 se realizó un día de campo con más de 200 caficultores de los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío, Antioquia, Valle del Cauca y Tolima, donde se les entregó la información teórica y práctica relacionada con la recolección manual de café con lonas (Figura 64). La prueba semi-comercial que se realizó arrojó una ventaja de 33,0% de mayor rendimiento a favor de las lonas, en comparación con el método tradicional con coco.

**POS107019. Impacto del uso de la máquina derribadora y la espera entre pases de recolección sobre la necesidad de mano de obra.** En el primer semestre de 2018 se hicieron pruebas en la Estación Experimental El Tambo con la derribadora selectiva de café Brudden DSC-18, en una versión de prototipo avanzado de la máquina (Figura 65). Con esa máquina se obtuvieron resultados contundentes en favor de la semi-mecanización de la cosecha de café, pues en condiciones poco favorables de carga y concentración de frutos maduros, se obtuvieron aumentos mayores del 100% con contenidos de frutos verdes en la masa cosechada menores del 10%, lo que hace que esos pases se hayan recogido con reducciones de costos promedio de 11,57% en una versión de pago mixta.



**Figura 63.** Evaluación de la maduración de frutos por visión de máquina en el campo.



**Figura 64.** Uso de lonas para la cosecha manual asistida de café.



**Figura 65.** Derribadora DSC-18 y lonas para la cosecha asistida de café en Colombia.

### POS101012. Puesta a punto y evaluación de la selectora de frutos de café por color (SFC).

Se realizaron modificaciones al modelo de máquina seleccionadora de frutos de café por color SFC y se realizó la evaluación de su desempeño. Se cambió el sistema dosificador de frutos de café por un conjunto de bandas en "V", con el fin de ampliar la distancia entre un fruto y otro antes de entrar a la banda clasificadora de frutos. Adicionalmente, se modificó el sistema de clasificación de frutos,

con el fin de procesar todos los frutos que entren en cola dentro de un proceso informático. El desempeño de la máquina SFC mostró que la eficacia de clasificación es del 86% para todos los casos (Figura 66), sin embargo, la masa no clasificada aún presenta un alto porcentaje de frutos que deberían ser clasificados en alguno de los estados de maduración analizados, razón por la cual se considera realizar una mejora al algoritmo de clasificación. La capacidad de la máquina seleccionadora es de 280 kg h<sup>-1</sup>. Bajo estas condiciones con la máquina seleccionadora se logró mejorar en el 90% de los casos la calidad física y en el 55% de los casos la calidad de la bebida.

### POS101003. Control de la contaminación producida por las aguas residuales del lavado del café obtenidas con la tecnología ECOMILL®.

Se evaluó la adición a la pulpa de las aguas residuales del lavado del café (ARL) producidas con la tecnología Ecomill® (Figura 67), con consumo específico de 0,5 L kg<sup>-1</sup> de cps, como estrategia para eliminar la producción de vertimientos. Se observó que con relación de pulpa de café y ARL de 2:1 (2 kg de pulpa: 1 L de ARL), en las primeras 24 h se retiene entre el 62,7% y el 76,6% del volumen adicionado, y con aplicación posterior a la pulpa de los drenajes el 100%. Para la aplicación de las ARL a la pulpa puede utilizarse el tornillo sinfín y la bomba sumergible. De acuerdo con estos resultados, con empleo de la tecnología Ecomill® y las prácticas evaluadas para la aplicación de las ARL a la pulpa puede realizarse el beneficio húmedo del café sin generar vertimientos.

### POS101015. Evaluación de especificaciones de operación de un lavador de café para pequeños productores.

La remoción de mucílago con el equipo evaluado es afectada por la velocidad de giro del rotor y el volumen específico de agua utilizado. El daño mecánico a los granos no es afectado por la velocidad de giro ni el volumen específico de agua. Teniendo en cuenta la posibilidad de eliminar los vertimientos aplicando las aguas de lavado a la pulpa, los mejores resultados se obtienen con velocidad de giro del rotor de 300 r min<sup>-1</sup> y volumen específico de agua de 0,7 L kg<sup>-1</sup> de cps. El daño mecánico causado a los granos durante el lavado varía entre 0,03% y 0,20%. Con el nuevo lavador se reduce notoriamente el requerimiento específico de energía eléctrica



**Figura 66.** a. Selectora de frutos y b. clasificación de frutos de café por color.



**Figura 67.** Equipo Ecomill LH300 para el lavado del café.

(kWh t<sup>-1</sup> de café lavado) con relación a las tecnologías Ecomill® y Becolsub, 70% y 92,9%, respectivamente.

**POS103001. Secador intermitente de flujos concurrentes para café.** Se obtuvo café con alta uniformidad de humedad final y alta eficiencia térmica utilizando un secador intermitente de flujos concurrentes-IFC64 (Figura 68). Para obtener café seco con el color del pergamino y bajo daño mecánico en el secado en capa fija empleado en Colombia, se requiere reducir la humedad del café antes de iniciar el proceso en el IFC, utilizando secado solar o ventilación con aire a temperatura ambiente, a valores entre 40% y 45% (b.h.), y evitar que la temperatura de los granos durante el proceso supere los 40°C. De esta forma se obtiene también un producto con alto porcentaje de germinación (>85%), el cual permite esperar adecuado comportamiento de la calidad en el almacenamiento y, dependiendo de la calidad de la materia prima utilizada, café de alta calidad sensorial, con más de 80 puntos en la escala de SCA.

**POS101002. Gestión integral del recurso hídrico.** Se realizaron las asesorías para el diseño de siete beneficiaderos ecológicos comunitarios en los departamentos de Cauca y Nariño, considerando una armonía entre los aspectos técnicos, arquitectónicos y de ingeniería, con aspectos sociales y teniendo en cuenta su relación con el entorno cafetero, el uso eficiente de

los espacios requeridos, empleo de materiales y mano de obra local, entre otros. En el diseño de los beneficiaderos ecológicos comunitarios, la tecnología implementada contribuye a la producción de café de alta calidad, con mejores indicadores técnicos y ambientales que en el beneficio de café realizado en las fincas, en forma individual. Adicionalmente, se busca reducir los costos del proceso de beneficio, aumentar el precio de venta del producto y contribuir al bienestar de los productores y sus familias.

**POS104003. Evaluación de productos químicos para el tratamiento de aguas residuales del café.**

Se evaluó la adición de sales de hierro y aluminio en aguas residuales del beneficio del café generadas en los tanques de fermentación, frescas y a las 24 h y 48 h de generadas, después de acondicionarlas con hidróxido de calcio a una concentración de 4 g L<sup>-1</sup>, con el fin de determinar los rendimientos del proceso de depuración del agua residual. Se encontró como mejor dosis para el sulfato de hierro, en aguas residuales frescas, un valor de 3 g L<sup>-1</sup>, que permitió remover el 59,3% de la carga orgánica expresada como DQO y para el cloruro de hierro, un valor de 2 g L<sup>-1</sup>, que permitió remover el 59,2% de la carga orgánica expresada como DQO. Respecto a las sales de aluminio, se encontró como dosis óptima un valor de 1,5 g L<sup>-1</sup>, en aguas residuales frescas, tanto para el cloruro como para el sulfato, que permitieron remover el 78,4% y 74,2%, respectivamente, de la carga

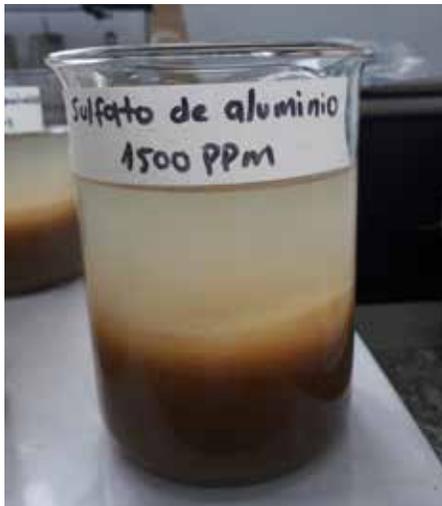
orgánica expresada como DQO (Figura 69). Se evidenció que a medida que transcurre el tiempo de fermentación de las aguas residuales del café disminuye la eficiencia de las sales químicas en la remoción de la carga orgánica.



**Figura 68.** Secador intermitente de flujos concurrentes (IFC64).

**POS104006. Determinación de la calidad de aguas superficiales en las microcuencas del Proyecto GIA.**

Después de siete campañas de monitoreo de aguas superficiales realizadas en el Proyecto GIA, entre el año 2015 y 2017, se encontró para las 11 microcuencas evaluadas, un deterioro promedio, en el índice global de calidad del punto 1 del 5,68% al comparar las Condiciones Iniciales (CI) (primer monitoreo) vs Condiciones Actuales (CA) (séptimo monitoreo) y un deterioro promedio del 6,88% al



**Figura 69.** Sulfato de aluminio para el tratamiento de aguas residuales del beneficio del café.

comparar las CI vs Condiciones Medias (CM) (promedio de los monitoreos 2, 3, 4, 5, 6 y 7). Para el punto 2, se presentó un mejoramiento promedio en el índice global de calidad del orden del 6,47% (CI vs CA) y del 3,18% (CI vs CM) (Figura 70).

Con relación al cambio de calidad del agua en el punto 2 de monitoreo respecto al punto 1, en función del índice global de calidad, se presentó una disminución promedio en el deterioro del punto 2 (mejoramiento) del 101,30% al comparar las CI vs CA y del 21,71% al comparar las CI vs CM. Todas las microcuencas evaluadas presentaron un mejoramiento en la calidad del punto 2, al comparar las condiciones iniciales y las condiciones actuales (séptimo monitoreo).

En conclusión, se evidenció un mejoramiento en la calidad del agua superficial en 23 de las 25 microcuencas participantes del Proyecto GIA, al comparar las condiciones iniciales (antes de la implementación del Proyecto GIA en las microcuencas) y las condiciones medias evaluadas

al final de la campaña 4 y al final de la última campaña de monitoreo (campaña 7).

El volumen total de agua mejorada con categoría de calidad “excelente”, considerando el índice global de calidad y los caudales medios entre las campañas de monitoreo inicial y final, por efecto de la implementación del Proyecto GIA en las microcuencas cafeteras se estimó en 116,5 millones  $m^3$  año<sup>-1</sup> y con categoría de calidad “buena”, disponible para la naturaleza, como consecuencia de las acciones GIA se estimó en 167 millones  $m^3$  año<sup>-1</sup>.

#### **POS104007. Tratamiento y ahorro de agua en finca. Gestión integral del recurso hídrico.**

Se diseñaron las plantas de tratamiento de aguas residuales para los beneficiaderos comunitarios del Proyecto GIA, instalados en los departamentos de Nariño y Cauca, y se cuantificó la reducción de la contaminación en las fincas cafeteras impactadas por el Proyecto GIA, como resultado de la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la vivienda y del beneficio del café. La reducción de la carga contaminante en las microcuencas GIA se determinó con base en las 3.346 implementaciones en tratamiento de aguas residuales instaladas, en las 25 microcuencas GIA. Para 1.638 intervenciones en manejo y tratamiento de las aguas residuales del café se presentó una reducción total de 2.336 t año<sup>-1</sup> de DQO y para 1.708 intervenciones en manejo y tratamiento de las aguas residuales domésticas se presentó una reducción total de 107 t año<sup>-1</sup> de DQO.

Con los sistemas de tratamiento para las aguas residuales de la vivienda y del beneficio del café se logró evitar el 37% y 29,5%, respectivamente, de la contaminación generada por

los vertimientos del 50% de las fincas ubicadas a menos de 200 m de los cuerpos de agua.

**POS104008. Generación de un índice de vulnerabilidad del territorio ante la amenaza climática.** Se construyó y evaluó un índice que permitiera medir el grado de vulnerabilidad del territorio cafetero de la zona central colombiana a la disponibilidad hídrica, en cantidad y calidad, ante amenazas tales como el cambio climático, el aumento de la población y el cambio en las actividades socio-económicas de los territorios.

Los valores del índice de vulnerabilidad del territorio a la disponibilidad hídrica variaron entre un valor de 0,32 (categoría de vulnerabilidad alta), en el transecto P1-P2 del monitoreo 4 en la microcuenca quebrada El Tabor (Balboa, Risaralda) y un valor de 10,68 (sin vulnerabilidad), en el transecto P1-P2 del monitoreo 2, en la microcuenca del río Chamberí (Salamina, Caldas).



**Figura 70.** Transecto para la evaluación de la calidad del agua en una microcuenca del Proyecto GIA.

Puede concluirse que la generación de un índice de vulnerabilidad del territorio a la disponibilidad hídrica que integre variables como el caudal ecológico, el caudal de calidad, la calidad físico-química, biológica y de hábitat de los cuerpos de agua, y que incorpore la población que habita en los cuerpos de agua se constituye en una herramienta eficaz para evaluar el efecto del cambio climático sobre la disponibilidad hídrica y para generar y establecer estrategias que permitan disminuir el riesgo de vulnerabilidad a la disponibilidad hídrica en los territorios.

**POS104009. Evaluación de filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales del café.** Se evaluó la efectividad de la tecnología de filtros verdes para el tratamiento de las aguas residuales del beneficio del café, después de someterlas a un tratamiento primario, que incluyó los procesos de hidrólisis-acidogénesis, flotación, sedimentación y filtración. Los resultados obtenidos en las parcelas experimentales ubicadas en Cenicafé (sede La Granja) permitieron determinar la efectividad de la utilización del pasto vetiver como material vegetal de los filtros verdes, con aplicación de cargas hidráulicas de hasta 20 mm y de cargas orgánicas de hasta 2 t ha-día<sup>-1</sup> de DQO (Figura 71). Los efluentes obtenidos de los filtros verdes presentaron características de calidad acordes a lo exigido en la normativa hídrica vigente para vertimientos a cuerpos de agua superficial y al suelo, sin que se presentara un deterioro en las características físico-químicas del mismo.

Los resultados obtenidos en ensayos realizados en la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia) permitieron corroborar la efectividad de la utilización de pasto vetiver y la aplicación de cargas hidráulicas máximas de 60 mm (cargas hidráulicas medias de 12 mm) y cargas orgánicas de hasta 6 t ha-día<sup>-1</sup> de DQO (cargas orgánicas medias de 1,2 t ha-día<sup>-1</sup> de DQO), produciendo vertidos por debajo de los límites establecidos por la normativa colombiana vigente.



**Figura 71.** Uso de filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales del beneficio.

**POS109004. Huella hídrica asociada a la producción del café.** En tres estaciones experimentales de Cenicafé: Estación Naranjal (Chinchiná, Caldas), Estación El Tambo, (El Tambo, Cauca) y la Estación El Rosario (Venecia, Antioquia), se realizó la investigación para determinar la Huella Hídrica del Café de Colombia, en sus tres componentes: verde, azul y gris, y en sus diferentes etapas de cultivo: germinador, almácigo, levante, producción y beneficio (Figura 72).

En la etapa de germinador la huella hídrica total promedio fue de 1.343 L m<sup>2</sup>, representando la huella hídrica gris un porcentaje del 72,67%, la huella hídrica verde el 14,75% y la huella hídrica azul el 12,57%. En la etapa de almácigo la huella hídrica total promedio fue de 1.468 L m<sup>2</sup>, representando la huella hídrica gris un porcentaje del 15,46%, la huella hídrica verde el 77,93% y la huella hídrica azul el 6,61%.

Al momento se han generado, mediante la aplicación de una primera metodología de cálculo, los valores de la huella hídrica verde y gris, en la Estación Experimental Naranjal, para las etapas de levante y producción, con valores de 1.386 L m<sup>2</sup> y de 2.016 L m<sup>2</sup> respectivamente, para la huella hídrica verde, y de 1.188 L m<sup>2</sup> y de 773 L m<sup>2</sup> para la huella hídrica gris. Para la etapa de beneficio, en la Estación Naranjal la huella hídrica verde fue cero, la huella hídrica azul fue de 4,2 L kg<sup>-1</sup> de cps y la huella hídrica gris fue de 19,40 L kg<sup>-1</sup> de cps.

En resumen, el valor de la huella hídrica del café de Colombia, en la Estación Experimental Naranjal, para un cultivo con 42 meses de establecido en el campo, fue de 9.998 L kg<sup>-1</sup> cps, de los cuales la huella hídrica verde representó el 61,03% (6.102 L kg<sup>-1</sup> de cps), la huella hídrica gris representó el 35,97% (3.596 L kg<sup>-1</sup> de cps) y la huella hídrica azul representó el 3,00% (300 L kg<sup>-1</sup> de cps).



**Figura 72.** Parcela para la evaluación de la huella hídrica del café en Colombia.



### **SUE101002. Restauración de predios afectados por procesos erosivos, en las microcuencas asociadas al Proyecto GIA.**

En esta vigencia finalizó el proyecto que tuvo como objetivo restaurar predios afectados por procesos erosivos y movimientos en masa, en las 25 microcuencas asociadas al Proyecto GIA, en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Nariño y Valle del Cauca. En este año las actividades se enfocaron en acompañar a los equipos GIA de los Comités de Cafeteros, en la entrega de las 50 intervenciones, de las cuales 25 correspondieron a la implementación de lotes vitrina en conservación de suelos en plantaciones de café en etapa de establecimiento y 25 a restaurar sitios afectados por movimientos en masa. Las implementaciones de los lotes vitrina fueron acordes a las condiciones del terreno, del clima y los requerimientos del caficultor (Figura 73). La cuantificación del aporte de sedimentos en algunos de los predios, permitió demostrar a la comunidad, que dichas prácticas cumplen con el objetivo de disminuir la pérdida de suelo por erosión hídrica (Figura 74). En restauración ecológica, las obras cumplieron con los principios técnicos requeridos, funcionaron adecuadamente y los procesos de vegetalización y recuperación avanzaron de forma exitosa (Figura 75). La totalidad de las obras cumplieron el objetivo de mitigar los problemas causados por movimientos en masa. La percepción del caficultor con relación a las intervenciones fue buena, y se estableció un compromiso de sostenibilidad en el tiempo, para preservar las obras y replicar las prácticas de conservación en otros lotes. Se realizó el estudio detallado de la caracterización de los lotes con prácticas de conservación para la evaluación de los indicadores de calidad en cuatro de los cinco departamentos.

**SUE101003. Evaluación de la vulnerabilidad del suelo en el cultivo del café a la variabilidad climática.** Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad del suelo ante el cambio climático, en los municipios de Santuario y Balboa en el departamento de Risaralda y Salamina en el departamento de Caldas. Para cumplir el objetivo, se crearon tres índices: i) Índice de vulnerabilidad a la disponibilidad y conservación de nutrientes en el suelo – IVDCNS, ii) Índice de vulnerabilidad de pérdida de nutrientes por lixiviación – IVPN, y iii) Índice de vulnerabilidad por pérdida de suelo – IVPS. Para IVDCNS se utilizaron los resultados de análisis de caracterización química de suelos de 438 predios (Balboa: 141, Salamina: 150 y Santuario: 147) y

## **Suelos**

133 predios de caracterización física. Para IVPN se evaluó la lixiviación de fósforo, calcio, magnesio y potasio en las unidades cartográficas Chinchiná y Parnaso de Balboa, Tablazo de Salamina y Unidades Catarina y Chinchiná de Santuario. Para el IVPS se recolectó información en los 438 predios y se tomaron muestras de suelo para someterlas en el laboratorio a lluvia simulada. El IVDCNS (Tabla 50) fue medio para los tres municipios, explicado por un indicador de baja vulnerabilidad para la disponibilidad de nutrientes y acidez, y medio-alto para capacidad para retener agua. El IVPN fue bajo para Santuario y muy bajo para Balboa y Salamina. De estos, el elemento que menos se lixivió fue el fósforo, mientras que la aplicación de cloruro de potasio contribuyó a las mayores pérdidas de calcio. El IVPS para Balboa y Salamina fue bajo, mientras que para Santuario fue medio. La integración de los tres índices permite concluir que la vulnerabilidad del suelo en el cultivo de café a la variabilidad climática, en los municipios de Balboa y Salamina, en su mayoría es baja, mientras que en Santuario es media; por lo que se recomienda que, en los tres municipios, el caficultor realice prácticas para aumentar la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad del suelo al cambio climático.

**SUE101004. Susceptibilidad y amenaza a los movimientos en masa de suelos de laderas en zonas cafeteras colombianas.** Los deslizamientos superficiales detonados por lluvias afectan la sostenibilidad en la región cafetera. Con el



**Figura 73.** Lote con prácticas de conservación de suelos en el Valle del Cauca.



**Figura 74.** Instalación de caja colectora de sedimentos en lote vitrina de conservación de suelos.



**Figura 75.** Lote con prácticas de restauración ecológica en el Valle del Cauca.

objetivo determinar la susceptibilidad del suelo a deslizamientos y su relación con la lluvia se realizó esta investigación en la Cuenca La Mica (Pácora, Caldas) con un área de 12,6 km<sup>2</sup>. Por medio del programa ArcGIS 10.3.1, información Lidar y geoambiental en resolución 10 m x 10 m, se determinaron los factores predisponentes a deslizamientos mediante análisis de relación de frecuencias (RF)

y regresión logística múltiple (RLM). Los modelos de susceptibilidad a deslizamientos aplicados fueron RLM y SHIA-Landslide-Probabilístico, y la determinación de la amenaza se hizo por el segundo modelo, con lluvias del período de La Niña 1999-2000. Los modelos se validaron por la técnica ROC. El área promedio de los deslizamientos fue de 1.388 m<sup>2</sup> y su concentración de 29,4 por km<sup>2</sup>. El análisis del inventario de deslizamientos permitió inferir cómo la acción antrópica amplifica el número de deslizamientos de área inferior a 450 m<sup>2</sup>.

El análisis de RF mostró alta relación de los deslizamientos con los siguientes factores: pendientes mayores de 26,6°, altitud entre 2.100 m y 2.420 m, distancia a drenajes naturales hasta 40 m, distancia a las fallas geológicas hasta 200 m, distancia a las vías entre 20 m a 400 m, unidades geológicas básicas y ultrabásicas, complejo de suelos derivado de cenizas volcánicas, curvatura de tipo cóncava y convexa. El modelo RLM mostró relación de máxima verisimilitud de los siguientes factores: geología, geoformas, grado de la pendiente, altitud, dirección de flujo, curvatura y distancia a los drenajes naturales, fallas y vías con la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos. El modelo de susceptibilidad a deslizamientos obtenido por RLM, presentó un área bajo la curva (AUC) del análisis ROC de 0,73, tasa de verdaderos positivos (tpr) de 67% y tasa de falsos positivos (fpr) de 33%; el modelo de susceptibilidad SHIA-Landslide alcanzó una tpr de 62% y una fpr de 50%. El modelo de amenaza obtuvo un tpr de 73% y un fpr de 59%, lo cual puede considerarse una buena predicción de la probabilidad anual de deslizamientos bajo escenario de La Niña.

**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 analizó una nueva base de datos, correspondiente al departamento de Santander, conformada por 9.261 registros, obtenidos durante los años 2004 a 2016. Mediante el programa estadístico R se efectuó el análisis descriptivo de la información a nivel departamental y municipal para cada propiedad química analizadas; así mismo, se determinó la frecuencia de las propiedades de interés según los rangos establecidos para café en el país. Los resultados indican que más del 80% de las muestras analizadas exhiben algún grado de acidez (valores bajos de pH menor de 5,0 y presencia de aluminio intercambiable). Con respecto a la materia orgánica del suelo, el común denominador es el

**Tabla 50.** Valores promedio y clasificación de los indicadores de vulnerabilidad del suelo a la variabilidad climática en los municipios objeto de estudio.

Indicador		Risaralda		Caldas
		Balboa	Santuario	Salamina
IVDCNS - Vulnerabilidad a la disponibilidad y conservación de nutrientes en el suelo	Promedio IVDCNS	2,87 Medio	2,88 Medio	2,90 Medio
	• Acidez y bases intercambiables	3,91 Baja	3,43 Baja	3,87 Baja
	• Capacidad retención de agua	2,08 Alto	2,41 Medio	2,09 Alto
	• Fósforo	3,24 Medio	3,71 Bajo	3,99 Bajo
IVPN - Vulnerabilidad a la pérdida de nutrientes por lixiviación	Promedio IVPN	4,33 Muy bajo	3,57 Bajo	4,74 Muy bajo
	• Pérdidas de P	5,0 Muy bajo	5,0 Muy bajo	5,0 Muy bajo
	• Pérdidas de K	3,83 Baja	2,70 Medio	5,0 Muy bajo
	• Pérdidas de Ca	5,0 Muy bajo	5,0 Muy bajo	5,0 Muy bajo
	• Pérdidas de Mg	4,32 Muy bajo	3,30 Bajo	4,68 Muy bajo
IVPS - Vulnerabilidad por pérdida de suelo	Promedio IVPS	3,32 Bajo	3,13 Media	3,49 Bajo
	• IVUS -Uso actual del suelo	3,13 Media	2,92 Media	3,32 Bajo
	• IVEH -Erodabilidad	5,0 Muy bajo	5,0 Muy bajo	5,0 Muy bajo
IVSVC - Índice de vulnerabilidad del suelo a la variabilidad climática		3,33 Bajo	3,09 Media	3,45 Bajo

bajo contenido de esta propiedad, pues el 71% de las muestras presentaron niveles menores al 6%, condición que sugiere limitación en la disponibilidad de nitrógeno para las plantas de café. El fósforo también se caracteriza por presentar valores bajos en el 80% de los casos (menor de  $10 \text{ mg kg}^{-1}$ ). En cuanto a las bases intercambiables, el 89% de los registros analizados se caracterizan por niveles bajos a medios de potasio (menores de  $0,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), el 48% fueron bajos en calcio (menores de  $1,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) y el 72% bajo en magnesio ( $0,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). El azufre no mostró ser deficiente en la mayoría de los lotes evaluados. La alta Capacidad de

Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), sugiere que, en de manera general, los suelos del departamento exhiben una elevada capacidad para retener nutrientes como el potasio, calcio y magnesio, en especial si se corrige la acidez del suelo. Basado en la información las frecuencias de rangos de las propiedades de interés, se realizó la agrupación de los municipios, de acuerdo a la frecuencia de muestras con rangos críticos de fertilidad definidos para café a nivel nacional. Como ejemplo de lo anterior, en las Tabla 51 y 52 se presenta la agrupación de los municipios para los rangos críticos de pH y materia orgánica, respectivamente.

**Tabla 51.** Agrupación de los municipios del departamento de Santander, de acuerdo con la frecuencia (%) de muestras con rangos críticos para pH (menor de 5,0).

Rango de frecuencia (%)	Municipios
0-20	Jordán, Málaga, San José
20-40	Aguada, Cabrera, Enciso, Güepa, Molagavita, San Andrés, Santa Bárbara, Tona
40-60	Charta, Onzaga, Paz, Piedecuesta, San Joaquín, San Miguel, Suratá
60-80	Aratoca, Belleza, Betulia, Bolívar, Bucaramanga, Carmen, Cepita, Chipatá, Curití, Florián, Floridablanca, Guaca, Guacamayo, San Benito, San Vicente, Santos, Simacota, Zapatoca
80-100	Albania, Barbosa, Barichara, Charalá, Chima, Confines, Contratación, Coromoro, Encino, Galán, Gámbita, Girón, Guadalupe, Guapotá, Guavatá, Hato, Jesús María, Lebrija, Matanza, Mogotes, Ocamonte, Oiba, Palmas, Páramo, Pinchote, Playón, Puente Nacional, Rionegro, San Gil, Socorro, Suaita, Sucre, Valle San José, Vélez, Villanueva

**Tabla 52.** Agrupación de los municipios del departamento de Santander, de acuerdo con la frecuencia (%) de muestras con rangos críticos para materia orgánica (menor de 8,0%).

Rango de frecuencia (%)	Municipios
0-20	-
20-40	Albania
40-60	Belleza, Coromoro, Florián, Gambita, Jesús María, Sucre
60-80	Bolívar, Contratación, Encino, Guavatá, Oiba, Paz, Puente Nacional, Santos, Suaita, Suratá
80-100	Aguada, Aratoca, Barbosa, Barichara, Betulia, Bucaramanga, Cabrera, Carmen, Cepita, Charalá, Charta, Chima, Chipatá, Confines, Curití, Enciso, Floridablanca, Galán, Girón, Guaca, Guacamayo, Guadalupe, Guapotá, Güepa, Hato, Jordán, Lebrija, Málaga, Matanza, Mogotes, Molagavita, Ocamonte, Onzaga, Palmas, Páramo, Piedecuesta, Pinchote, Playón, Rionegro, San Andrés, San Benito, San Gil, San Joaquín, San José, San Miguel, San Vicente, Santa Bárbara, Simacota, Socorro, Tona, Valle San José, Vélez, Villanueva, Zapatoca

**SUE102002. Capacidad de almacenamiento de agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera colombiana.** La realización de esta investigación tiene como fin determinar la capacidad de almacenamiento de agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera colombiana. En este período la investigación se enfocó en las Unidades Cartográficas de suelo más representativas del departamento de Antioquia (Tabla 53), con una metodología dividida en las siguientes etapas:

Identificación de Unidades de Suelo. Se identificaron las unidades cartográficas de suelo Salgar, Doscientos, Chinchiná, Suroeste y Venecia, como las de mayor representación en área en los municipios de cafeteros de Andes, Betania, Betulia, Ciudad Bolívar, Concordia,

Fredonia, Jardín, Salgar y Santa Bárbara (Figura 76).

**Selección de puntos de muestreo y fincas.** En las unidades cartográficas identificadas se marcaron tres puntos de muestreo, y el Servicio de Extensión de Antioquia seleccionó las fincas más cercanas a los puntos señalados, cuya cafcultura cumpliera las condiciones más comunes de la zona.

**Muestreo de suelo.** Por cada finca seleccionada se tomaron cuatro muestras simples, tanto de muestra disturbada como sin disturbar

**Propiedades analizadas.** Con las muestras se determinó materia orgánica, textura, distribución de agregados y densidad real, densidad aparente, retención de humedad a 0,033 y 1,500 MPa, y conductividad hidráulica saturada.

El análisis parcial de las muestras de suelo indica que la porosidad total presenta valores entre 71,57% y 50,84%, la retención de humedad volumétrica a 0,033 MPa entre 44,96% y 35,15%, y a 1.500 MPa entre 35,97% y 29,31% (Figuras 77), los contenidos de materia orgánica entre 17,57% y 5,42% (Figura 78), la densidad la aparente entre 1,11 y 0,56 g.cm<sup>-3</sup> y la real entre 2,26 y 1,92 g.cm<sup>-3</sup> (Figuras 79 y 80, respectivamente) y la capacidad de almacenamiento de agua entre 14,71 y 3,56 %. Especialmente, estas unidades son uniformes y edafológicamente contrastantes, por lo cual las recomendaciones de manejo que se originan de estudios regionales, como en este caso, suelen resultar acertadas y de fácil apropiación.

**SUE102004. Evaluación de la fertilidad del suelo en la zona cafetera de Huila.** Un aspecto importante para sostener y mejorar la

**Tabla 53.** Ubicación de los puntos de muestreo por unidad de suelo y municipio en la zona cafetera del departamento de Antioquia.

Unidad de Suelo	Materia parental	Municipio	Vereda	Finca
Salgar	Esquistos	Betulia	San Antonio	Aguacatala
		Salgar	Margarita	La Esperanza
		Ciudad Bolívar	San Miguel Santa Rosa	Las Flores
Doscientos	Basalto Augítico	Betulia	Saladitos	La Ilusión
		Concordia	Pueblo Rico	La Primavera
Suroeste	Aglomerado	Concordia	Morron	San Juan
		Concordia	Morron	San Juan
		Andes	Orizaba	El Golgota
Chinchiná	Ceniza volcánica	Andes	Chaparrala	Quebrada Bonita
		Jardín	Morro Amarillo	El Nogal
		Jardín	Morelia	La Sara

productividad de los cafetales tiene que ver con la fertilidad del suelo y la adecuada nutrición de las plantaciones. Este trabajo tiene como finalidad conocer en mayor detalle las propiedades de los suelos dedicados al cultivo de café en el departamento de Huila, con el fin de proponer estrategias de manejo que contribuyan al incremento de la productividad y la rentabilidad del negocio. Durante la vigencia del tercer año del Proyecto, se tomaron 2.135 muestras de suelo para el análisis químico en los municipios de Acevedo, Agrado, Altamira, Campoalegre, El Pital, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, Isnos, La Argentina, La Plata, Nátaga, Neiva (Oriente), Paicol, Palermo, Palestina, Pitalito, Rivera, Suaza, Tarqui y Tesalia. Los resultados obtenidos en este período, en su mayoría, corroboran las tendencias registradas en los dos años anteriores, siendo los puntos de mayor atención los bajos contenidos de la materia orgánica y la prevalencia de las condiciones de acidez. Los resultados de los análisis químicos se interpretaron en el programa SIASCAFÉ y fueron entregados a los Coordinadores Seccionales del Comité, para que a su vez los entreguen a los caficultores. Mediante técnicas de laboratorio se determinó la dinámica de calcio, magnesio y potasio, así como las dosis de cal requeridas para la corrección de la acidez en las unidades cartográficas del suelo más representativas. Según los resultados obtenidos se generaron recomendaciones para el manejo de la fertilidad del suelo y la nutrición de los cafetales en las dos etapas fenológicas del cultivo (levante y producción).

**SUE102007. Bacterias involucradas en el ciclo del nitrógeno en respuesta a la fertilización química y orgánica.** Con el objetivo de profundizar en el entendimiento de la dinámica de las comunidades bacterianas del suelo por efecto de la fertilización nitrogenada, en un cafetal en edad productiva de la Estación Experimental La Catalina, se evaluó la abundancia y la diversidad de dichas comunidades luego de la aplicación de nitrógeno (N), a partir de urea y de lombricomposto de pulpa de café. Se contó además con un tratamiento sin fertilización. Luego de 30, 60 y 90 días de la aplicación de las fuentes mencionadas, se tomaron muestras de suelos compuestas, tanto en el control como en cada modalidad de fertilización, en los primeros 10 cm de profundidad. A los suelos recolectados se evaluó el pH, posteriormente se almacenaron, liofilizaron y se enviaron muestras a la empresa Novogene para la secuenciación y amplificación de la región RNA-16s, con el fin de determinar la complejidad microbiana en términos de abundancia y riqueza. En general, durante los diferentes períodos de evaluación, el número de Unidades Taxonómicas Operativas (UTO) se incrementó respecto al control en 17% y 27% para urea y lombricomposto, respectivamente, indicando así que el fenómeno puede asociarse al efecto de la aplicación de las fuentes fertilizantes propiamente dichas. Del total de géneros de bacterias registrados, pocos aparecen referenciados en la literatura, soportando algún tipo de función asociada a la fertilidad del suelo y un alto porcentaje son hasta ahora no cultivables. Los cambios en la abundancia en grupos funcionales asociados con la ureasa, la nitrificación,

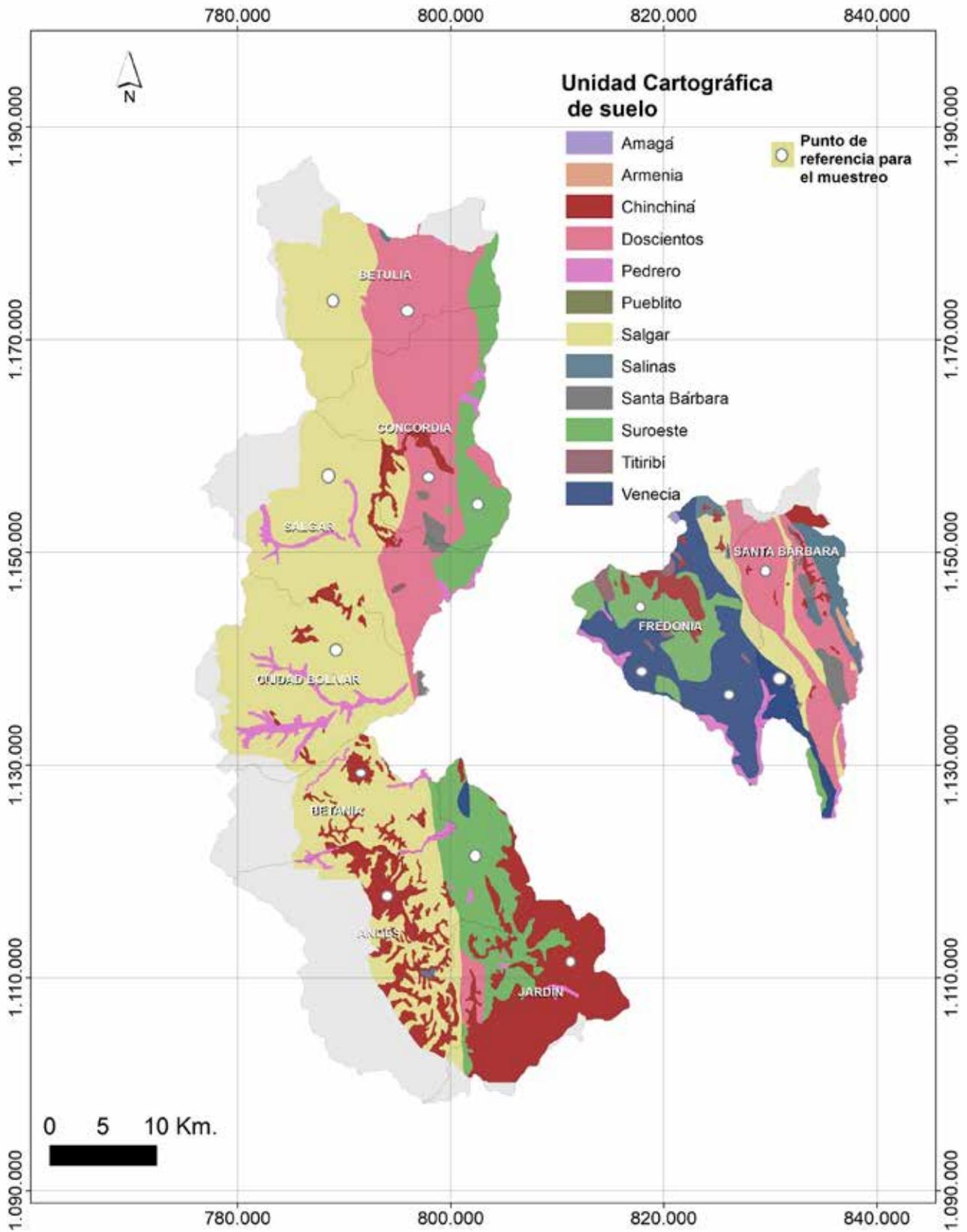
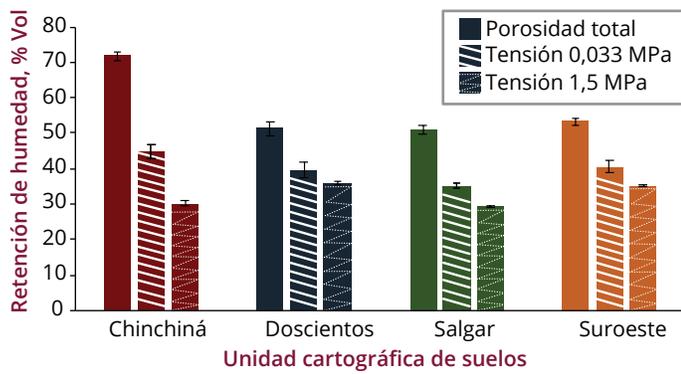
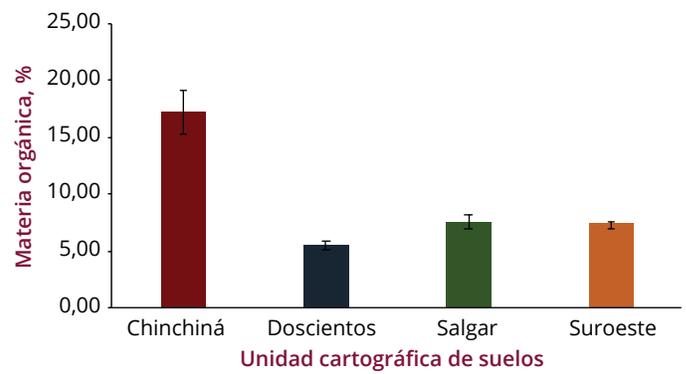


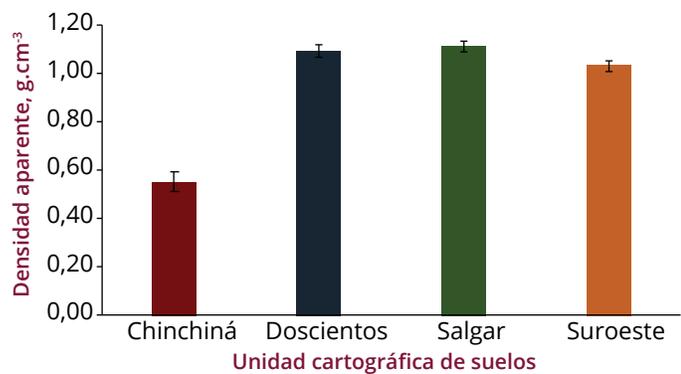
Figura 76. Mapa de unidades de suelo de la región cafetera de Antioquia y espacialización de los sitios muestreados.



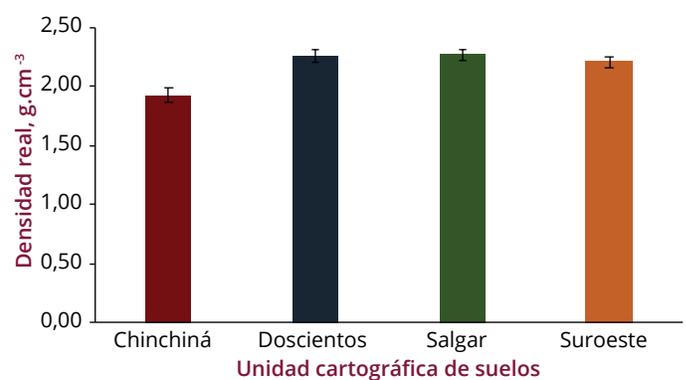
**Figura 77.** Retención de humedad a 0,033 MPa, 1,5 MPa y porosidad total, para las unidades cartográficas de la región cafetera de Antioquia.



**Figura 78.** Contenido de materia orgánica, para las unidades cartográficas de la región cafetera de Antioquia.



**Figura 79.** Densidad aparente, para las unidades cartográficas de la región cafetera de Antioquia.



**Figura 80.** Densidad real, para las unidades cartográficas de la región cafetera de Antioquia.

la oxidación anaeróbica de amonio, la fijación de nitrógeno y otros grupos como la solubilización de fósforo y mineralización de la materia orgánica, cambiaron en uno y otro tratamiento.

**SUE102010. Crecimiento del café en función de la humedad del suelo.** Con el objetivo de establecer una expresión estadística que describa el comportamiento de la materia seca de la planta de café en función del potencial mátrico del suelo, se evaluó el efecto de 13 potenciales mátricos del suelo, desde saturación (0,00 MPa) hasta superar el punto de marchitez permanente (1,75 MPa), en el crecimiento de café variedad Castillo®, durante la etapa de almácigo. La evaluación se realizó en Cenicafé, por un período de 3 meses, empleando suelos de las Unidades Catarina y Chinchiná, de texturas contrastantes. Por cada tratamiento se tuvieron 12 unidades experimentales y la variable respuesta fue la biomasa seca de la planta. Se encontró efecto de los tratamientos en la materia seca de las plantas, comportamiento que presentó variaciones entre las unidades de suelo.

Se obtuvieron las expresiones matemáticas que explican el comportamiento de la materia seca de la planta de café durante la etapa de almácigo, en función del potencial mátrico del suelo.

**SUE102022. Evaluación de las enmiendas de uso común en la caficultura colombiana para corregir la acidez.** Dados los problemas de acidez en los suelos de la zona cafetera y su efecto en la producción de café, el enclamiento se convierte en una práctica fundamental, que precisa el uso de enmiendas con la calidad suficiente para elevar el pH y neutralizar el aluminio intercambiable, además de aportar nutrientes. Con este experimento se busca evaluar la eficiencia de algunas enmiendas de uso común por los caficultores en términos de humedad, eficiencia granulométrica, poder de neutralización-PN, concentración de nutrientes y poder relativo de neutralización total a escala de laboratorio, para después verificar el efecto de los productos en el suelo. De esta manera, tras un sondeo de las enmiendas más aplicadas en 14 departamentos

cafeteros del país, se realizó una selección de 32 enmiendas, de las cuales, se ha medido el poder de neutralización a 24 hasta la fecha. Este parámetro valora la capacidad de una enmienda para neutralizar la acidez del suelo en condiciones ideales, expresada con base en el carbonato de calcio, al cual se le asigna un valor de 100%. De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 54), se evidencia que no todas las enmiendas evaluadas tienen efecto como correctivos de acidez en términos del pH, propiedad que se encuentra directamente relacionada con la composición química y homogeneidad de estos productos. Las cales agrícolas presentan valores de PN cercanos a 100%, las dolomitas variaron entre 92% y 103% y, por su parte, las rocas fosfóricas exhiben valores muy bajos (menor de 22%). Para productos conocidos como integrales (mezclas que además de corregir la acidez proporcionan elementos como fósforo, azufre y silicio) se obtuvieron valores cercanos al 60%. Hasta el momento, las cales agrícolas, dolomitas y apagadas se han caracterizado por presentar un mayor PN.

**SUE10301. Evaluación del efecto de herbicidas pre-emergentes y post-emergentes en el control de arvenses.** Las arvenses compiten e interfieren altamente en el crecimiento de la planta de café en todas las etapas del cultivo. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de herbicidas pre y pos-emergentes durante la etapa de almácigo. Para ello se evaluaron cuatro tratamientos en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito. Estos consistieron en la aplicación de dos ingredientes activos de acción pre-emergente y la mezcla de dos post-emergentes (Tabla 55), aplicados al suelo de la bolsa que contenía las plantas de café; adicionalmente, se contaba con un testigo manual. Como variable de respuesta se midió en cada tratamiento el porcentaje de cobertura de las arvenses presentes en la bolsa.

En la Estación Naranjal se realizaron cuatro controles manuales durante seis meses, aproximadamente. En esta localidad, fue necesario llevar a cabo tres controles con oxyfluorfen, dos con s-metolachlor y tres con la mezcla de post-emergentes. En el primer control manual (aproximadamente 45 días después del trasplante de las chapolas), el promedio de cobertura con los pre-emergentes fueron diferentes a los post-emergentes y el testigo, con porcentajes de cobertura inferiores del 1,0% (Figura 81). Para para el segundo, tercer y cuarto controles manuales, todos los productos evaluados presentaron coberturas menores a las del testigo con porcentajes entre el 0% y 7%.

Para la Estación Paraguaicito fueron necesarios dos controles manuales, realizados a los 90 y 189 días. Al igual que el testigo, los herbicidas pre y pos-emergentes requirieron dos aplicaciones, con la particularidad de que en el segundo control todos los herbicidas evaluados demostraron diferencias estadísticas, al testigo con porcentajes de cobertura promedio inferiores al 5% (Figura 82).

En las dos localidades, las plantas de café tratadas con la mezcla de los post-emergentes mostraron síntomas de fitotoxicidad en su desarrollo (Figura 83). En Paraguaicito, el s-metolachlor afectó a las plantas, generando defoliación y malformación en las hojas (Figura 84).

**Tabla 54.** Valores de poder de neutralización (PN) correspondientes a 24 enmiendas de uso común en la zona cafetera de Colombia.

Número	Nombre comercial	PN, %
1	Cal agrícola	100
2	Cal agrícola	98
3	Calciprill	98
4	Cal dolomita	103
5	Cal dolomita	102
6	Cal dolomita	93
7	Cal dolomita	100
8	Cal dolomita	93
9	Cal dolomita	103
10	Magprill	99
11	Cal apagada	116
12	Cal magnesiana	86
13	Dolfos	95
14	Abonos Paz del Río	69
15	Fosfoenmienda inorgánica	22
16	Fosfoabono 25%	15
17	Fertifoscal 30%	15
18	Fosfoindustrial 35%	15
19	Fosforita	14
20	Enmienda triple 30	61
21	Mejicorrectio	59
22	T-FOS	38
23	Oxidol	90
24	Yeso agrícola	32

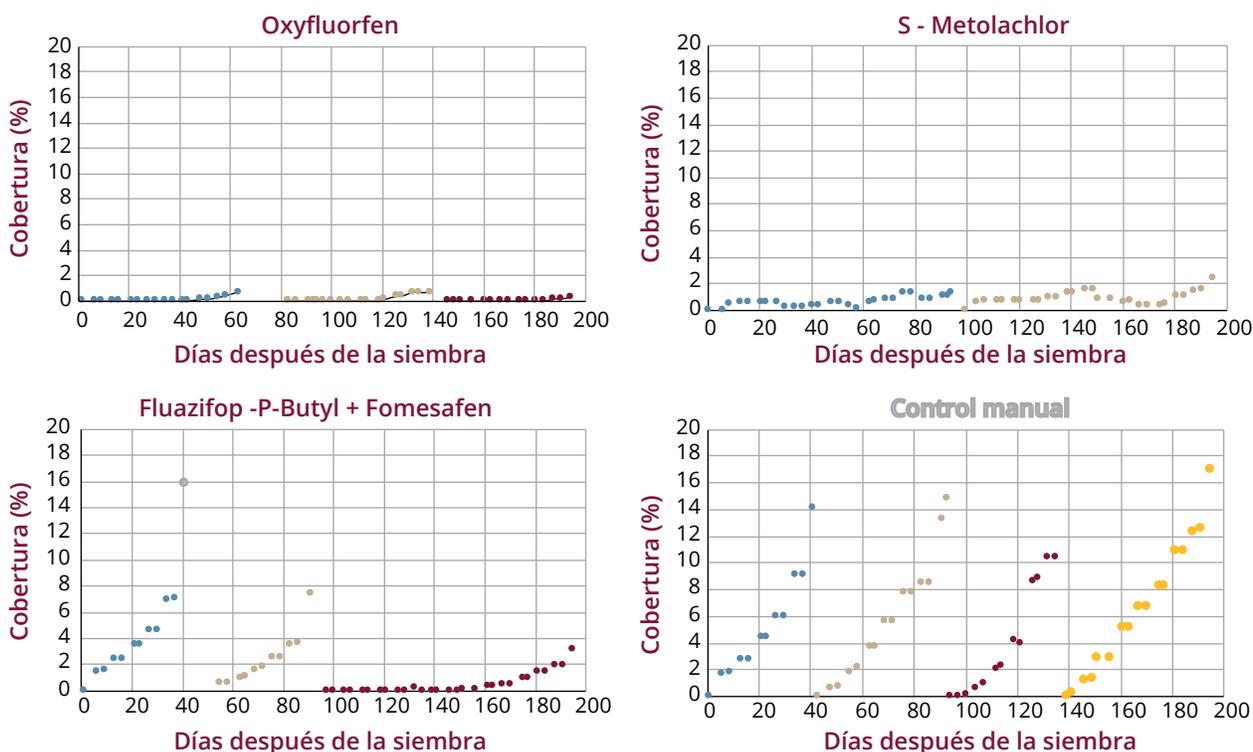
**SUE104004. Corrección de la acidez del suelo en el establecimiento de cultivos de café.**

Uno de los problemas comunes en la mayoría de las regiones cafeteras del país es la acidez del suelo. La manera eficiente de corregir esta condición consiste en incorporar cal al momento de la siembra. Mediante el desarrollo de esta investigación se busca determinar el efecto del encalamiento al momento de la siembra en el manejo de la acidez del suelo y el crecimiento del café. Se presentó efecto de la aplicación de la caliza dolomítica en la producción de café cereza durante el año 2017 (Figura 13); en este

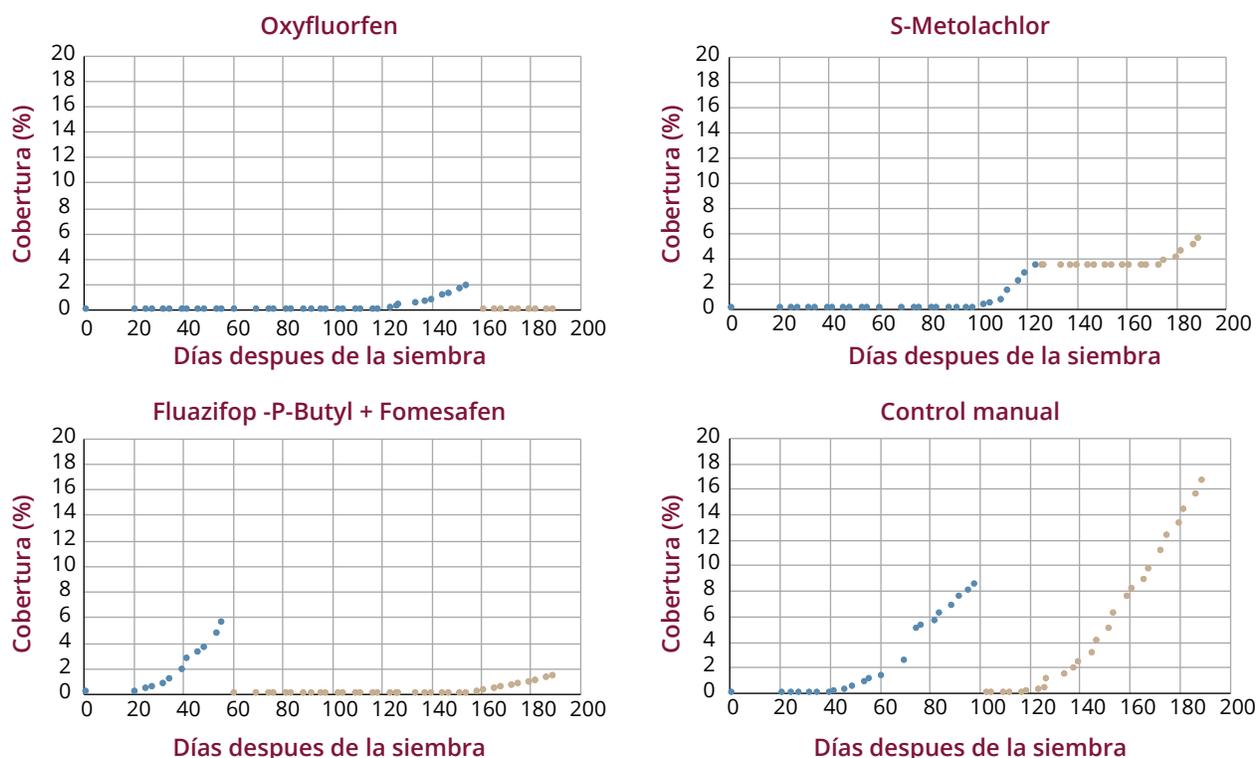
sentido, se presentó un incremento equivalente del 15% en la producción. El promedio más alto se obtuvo con una dosis de 60 g dm<sup>3</sup> del material encalante, resultados que sugieren una cantidad media a baja para esta localidad, posiblemente como consecuencia de la textura arenosa de los suelos. Al expresar la producción de café cereza en función del pH del suelo, se asociaron los mayores rendimientos con valores cercanos a 5,0 (Figura 86). Un procedimiento similar indica, además, que contenidos de aluminio intercambiable-Al<sup>3+</sup> mayores a 1,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> o, en su defecto, porcentajes de saturación de Al<sup>3+</sup>

**Tabla 55.** Descripción de los tratamientos en bolsas de almácigo.

Tratamiento	Producto comercial	Nombre técnico (ingrediente activo)	Momento de aplicación	Dosis aplicada por hectárea	Dosis aplicada por bolsa	Dosis aplicada por m <sup>2</sup> de almácigo
1	Goal 2 EC	oxyfluorfen	Pre-emergente	2,0 L	0,0093 mL	0,35 mL
2	Dual Gold 960 EC	s-metolachlor	Pre-emergente	2,0 L	0,0093 mL	0,35 mL
3	Fusilade 2000 EC + Flex SL	fluazifop-p-butyl + fomesafen	Post-emergente	1,0 L + 1,0 L	0.0286 mL	1,08 mL
4	Control manual (testigo)	-----	-----	-----	-----	-----



**Figura 81.** Porcentajes de cobertura de arvenses en bolsas de almácigo en respuesta a los tratamientos con herbicidas y el control manual en la Estación Naranjal.



**Figura 82.** Porcentajes de cobertura de arvenses en bolsas de almácigo en respuesta a los tratamientos con herbicidas y el control manual en la Estación Paraguacito.

superiores a 30%, reducen significativamente el rendimiento del cultivo (Figuras 87 y 88). Con respecto a la saturación de bases, calculada a partir de la Capacidad de Intercambio Catiónica-CIC  $[(Ca+Mg+K)/CIC]$ , valores mayores de 10% parecen ser adecuados (Figura 89).

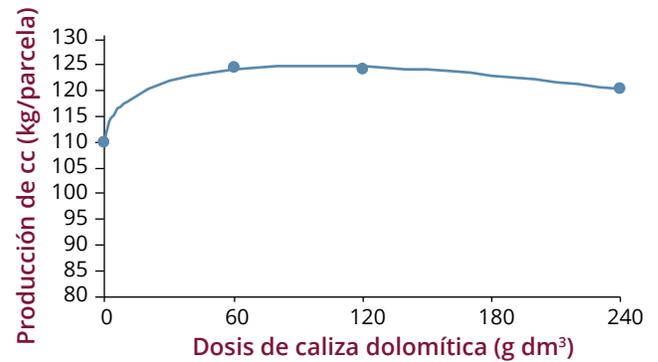
**SUE104006. Evaluación de estrategias para el manejo de la acidez del suelo en la producción de café.** La acidez del suelo se considera uno de los factores limitantes de la producción en la mayoría de las regiones cafeteras de Colombia. Con el desarrollo de este trabajo se quieren evaluar estrategias para el manejo de la acidez del suelo en la producción de café. Para lo anterior, desde el mayo del año 2015 en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda) se evalúan diferentes estrategias para el manejo de la acidez del suelo; entre ellas, dosis, fuentes, formas y épocas de aplicación de enmiendas para la corrección de la acidez. El pH del suelo se incrementó en respuesta a la aplicación de la cal dolomita (Figura 90); al respecto, los mayores efectos ocurrieron en la capa superficial (de 0 a 5 cm) y disminuyeron conforme se profundizó en el perfil (Figura 91). El incremento del pH en los primeros 5 cm varió entre 0,50 y 0,85 unidades, según la dosis aplicada. El efecto de las dosis más bajas (800 y 1.600 kg ha<sup>-1</sup>) se limitó a los 10 cm, mientras que para las más altas (2.400, 3.600 y 4.000 kg ha<sup>-1</sup>) logró tener consecuencias hasta los 20 cm. El incremento promedio del pH para las cuatro profundidades estudiadas fluctuó entre 0,0 y 0,44 unidades (Figura 92). El efecto de los tratamientos aplicados al momento de la siembra (año 2015) se han conservado para la segunda cosecha (año 2017); en este sentido, la producción obtenida con la incorporación de 120 g/hoyo de caliza dolomítica ha sido mayor que el testigo sin encalamiento y el uso de la roca fosfórica (Figura 93). La aplicación superficial de dolomita tuvo efectos en la producción de la segunda cosecha; al respecto, con



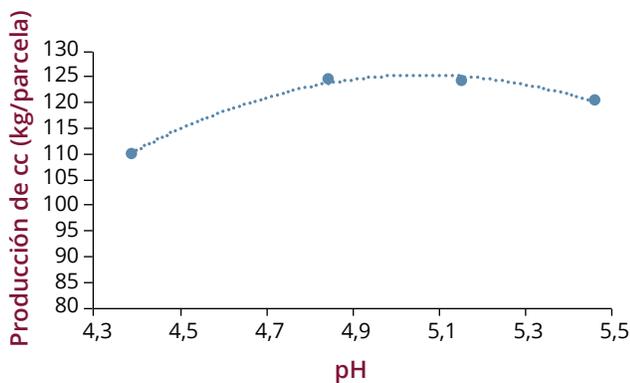
**Figura 83.** Toxicidad evidenciada en la chapola después de aplicar la mezcla de los herbicidas post-emergentes.



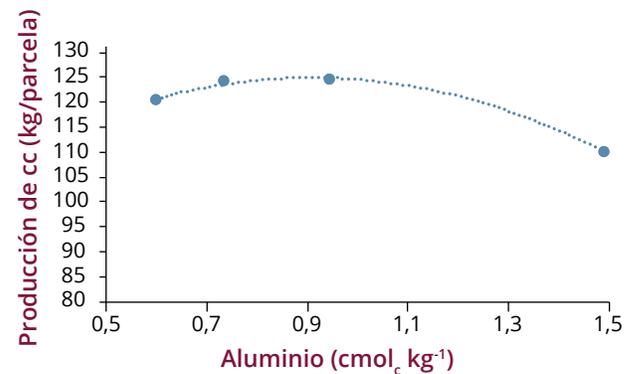
**Figura 84.** Toxicidad observada en la planta con la aplicación del herbicida pre-emergente s-metolachlor. **a.** Planta de café defoliada por la aplicación del producto; **b.** Malformación de las hojas por el efecto del herbicida.



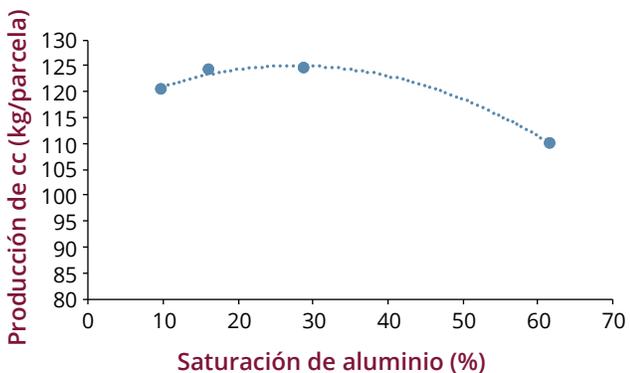
**Figura 85.** Producción de café cereza (cc), obtenida durante el año 2017, en respuesta a la incorporación de caliza dolomítica al suelo del hoyo en la siembra.



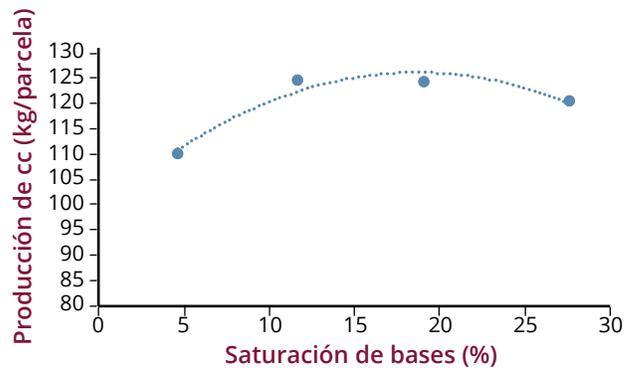
**Figura 86.** Producción de café cereza (cc) en función del pH del suelo del hoyo de la siembra.



**Figura 87.** Producción de café cereza (cc) en función del aluminio del suelo del hoyo de la siembra.



**Figura 88.** Producción de café cereza (cc) en función de la saturación del aluminio del suelo del hoyo de la siembra.

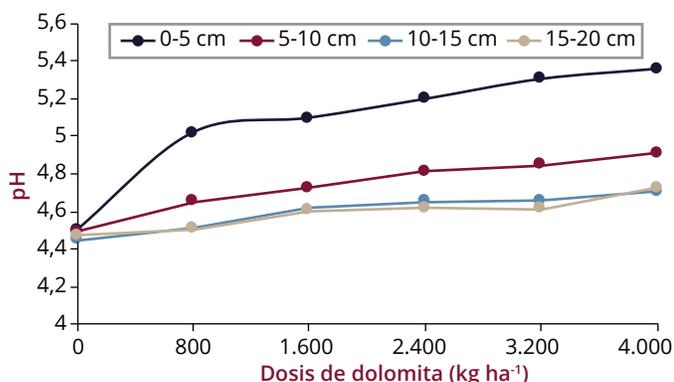


**Figura 89.** Producción de café cereza (cc) en función de la saturación de bases del suelo del hoyo de la siembra.

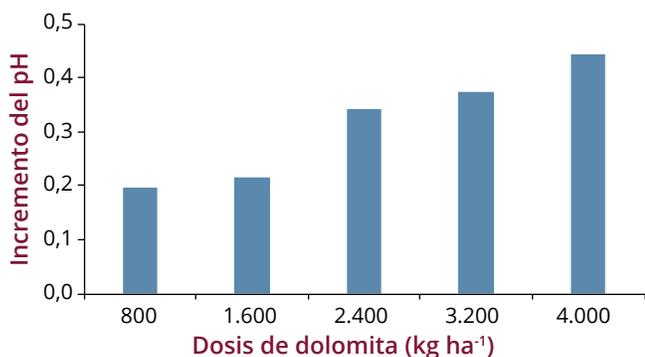
2.400 kg ha<sup>-1</sup> se obtuvo el promedio más alto (Figura 94). Cabe resaltar que la enmienda fue esparcida de manera homogénea en toda el área cultivada. Al expresar la producción en función del pH promedio de las cuatro profundidades, los mayores rendimientos se presentaron cuando esta propiedad alcanzó valores cercanos a 4,8 y 4,9 (Figura 95).

**SUE104009. Respuesta de café al suministro de fertilizantes y enmiendas durante la etapa de almácigo.** Disponer de colinos vigorosos es el primer paso para el establecimiento exitoso de los cafetales y su permanencia en el campo; de allí, la necesidad de llevar a cabo labores que contribuyan en su obtención, entre las cuales

la nutrición ocupa un lugar importante. Esta investigación tiene como propósito determinar la respuesta de café durante la etapa de almácigo al suministro de nutrientes y enmiendas en las diferentes regiones cafeteras del país. Durante esta vigencia, en la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia) se evaluó el efecto de 40 tratamientos en el crecimiento de las plantas de café, para tres de las unidades cartográficas representativas del departamento (Salgar, Oriente y 200). En este informe se presentan los resultados correspondientes a las pruebas de incubación, realizadas con seis enmiendas de uso común en la región, destinadas a la corrección de la acidez del suelo. En las tres unidades de suelo, la caliza dolomítica presentó el mayor poder de neutralización de la acidez (incrementos del pH), seguido por el Escorias Thomas, mientras que la Roca fosfórica presentó bajo poder de neutralización (Figura 96).



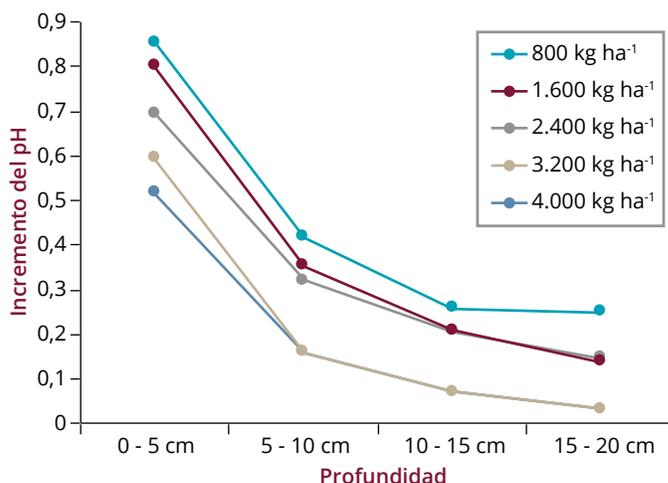
**Figura 90.** Cambios del pH a través de la profundidad del suelo en respuesta a dosis de dolomita.



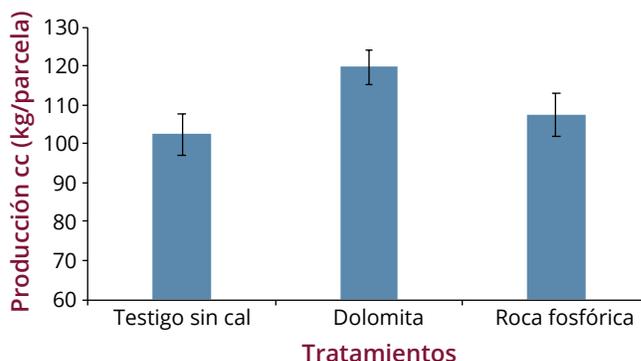
**Figura 92.** Incremento promedio del pH del suelo con respecto al tratamiento testigo (sin encalamiento), en respuesta a dosis de dolomita.

En cuanto al efecto de los tratamientos en el crecimiento de café (Figura 97), la respuesta al suministro de fósforo (2 g/planta de  $P_2O_5$ ), proporcionado como DAP, fue significativa y de alta magnitud; en contraste, el empleo de enmiendas con fósforo (Abono Paz del Río y Roca fosfórica 28) no generó el mismo efecto, resultado que sugiere la aplicación de fuentes solubles del elemento para esta etapa del cultivo. Cuando se aplicó DAP a suelos tratados con enmiendas que no son fuentes de fósforo (caliza dolomítica, Mejocorrectio, Enmienda Triple 30 y Agrosolar), la ganancia en la materia seca fue baja o nula.

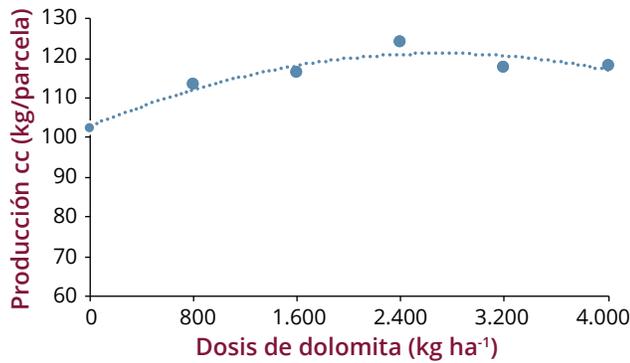
**SUE104025. Respuesta del café a riego y fertirriego.** Con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de café a riego y fertirriego, se inició



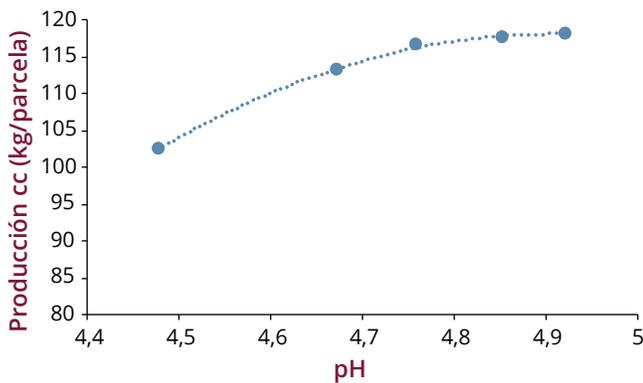
**Figura 91.** Incremento del pH del suelo con respecto al tratamiento testigo (sin encalamiento), generado a través de la profundidad en respuesta a dosis de dolomita.



**Figura 93.** Producción de café durante la segunda cosecha en respuesta a la incorporación de enmiendas al suelo en el momento de la siembra.

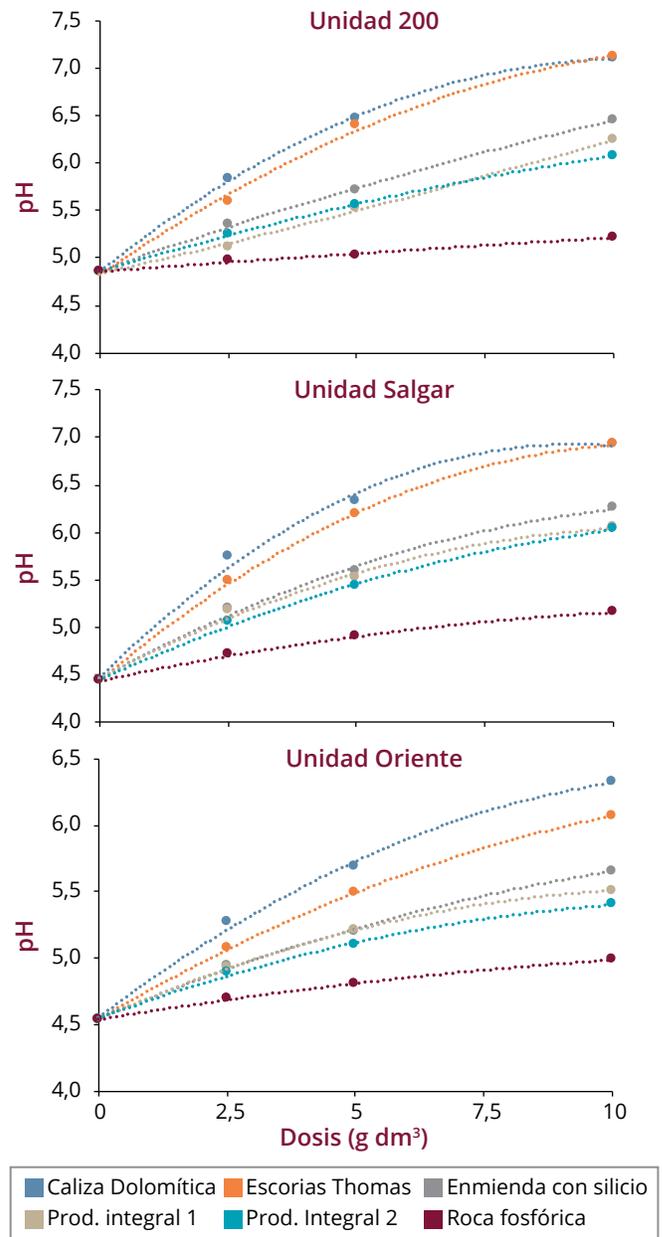


**Figura 94.** Producción de café durante la segunda cosecha en respuesta a la aplicación de dolomita.



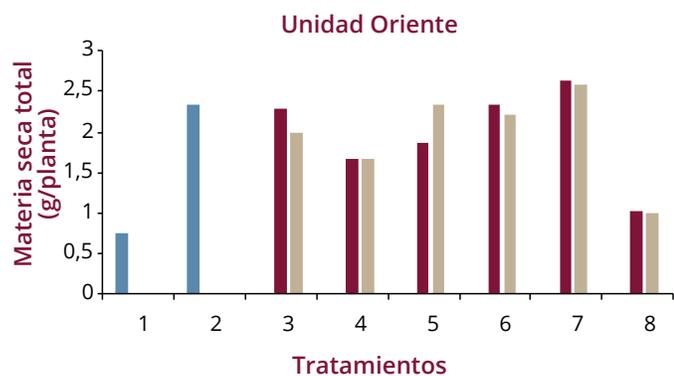
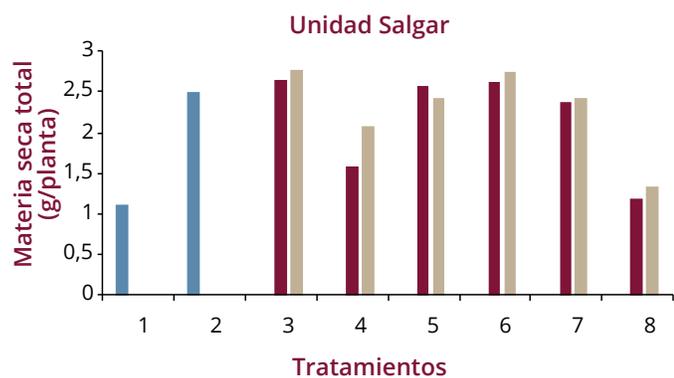
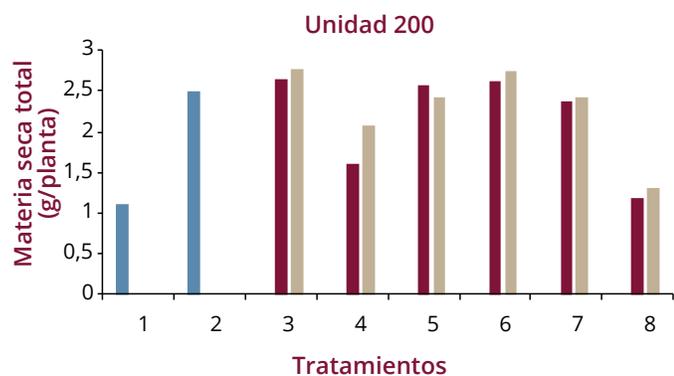
**Figura 95.** Producción de café cereza en respuesta al pH promedio del suelo en los primeros 20 cm de profundidad.

una investigación en la Estación Experimental Paraguaicito (Quindío), en un lote de 0,2 ha, con diez progenies de café variedad Castillo®, con edad de 28 meses, y distancia de siembra de 1,0 x 1,4 m. Para cumplir el objetivo se evalúan tres tratamientos: i) fertilización convencional sin riego (testigo absoluto), ii) fertilización convencional más riego por goteo, y iii) fertirriego. La aplicación del riego se realizará cuando el suelo presente una tensión entre 0,04 - 0,05 MPa y se suspende cuando está entre 0,01 - 0,02 MPa. La medida de la tensión del suelo se realizará a diario, mediante dos tensiómetros ubicados estratégicamente en el lote a una profundidad de 25 cm. Como variable respuesta se evalúa la producción de café cereza acumulada y como variable complementaria la calidad física del grano. A la fecha, se demarcaron las nueve parcelas, de tal manera que cada bloque estuviera compuesto por las diez progenies de la variedad Castillo Paraguaicito, posterior a esto se instaló el sistema de riego por goteo, conformado por seis módulos (parcelas) de 128 plantas, cada planta con un gotero autocompensado con descarga de 4 L h<sup>-1</sup>, ramales portagoteros en manguera de



**Figura 96.** Cambios en los valores del pH de tres unidades de suelos de Antioquia, en respuesta a dosis de enmiendas de uso común en el departamento.

16 mm, líneas primarias y secundarias con tubería de PVC de 1 ½", sistema de fertirriego con inyector tipo venturi, motobomba a gasolina de 6,5 HP, y dos tanques para almacenamiento de agua de 1.000 L (Figura 98). Por otro lado, se han venido calibrando los tensiómetros, ubicados a 25 cm de profundidad, con las condiciones del suelo y la precipitación. Los resultados que se tienen a la fecha indican que esta herramienta es confiable para definir el momento de inicio de los riegos y es de fácil comprensión por los colaboradores que están a cargo de revisar la necesidad de apertura del sistema (Figura 99).



- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 - Testigo sin enmienda y sin P | 5 - Enmienda Triple 30+P    |
| 2 - Testigo sin enmienda+P       | 6 - Mejicorrectio+P         |
| 3 - Caliza dlomítica+P           | 7 - Agrosolar+P             |
| 4 - Abono Paz del Río sin P      | 8 - Roca fosfórica 28 sin P |

- Dosis enmienda=0,0 g/dm<sup>3</sup>
- Dosis enmienda=2,5 g/dm<sup>3</sup>
- Dosis enmienda=5,0 g/dm<sup>3</sup>

**Figura 97.** Materia seca total de las plantas de café durante la etapa de almacigo en respuesta a alternativas para la corrección de la acidez y el aporte de fósforo (P).

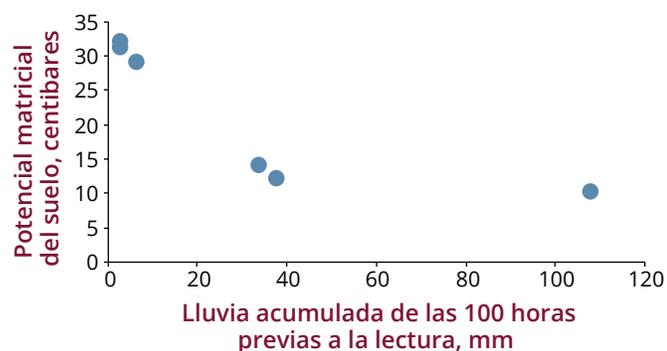


**Figura 98.** Sistema de riego establecido. **a.** Tanques de almacenamiento, motobomba e inyector tipo venturi, **b.** Plantas de café con gotero autocompensado y **c.** Tensiómetro de 25 cm.

### SUE104026. Evaluación de equipos portátiles para la aplicación de fertilizantes granulados en el cultivo de café.

Esta investigación tiene como objetivo evaluar equipos portátiles para aplicar fertilizantes granulados en el cultivo de café. Durante esta vigencia, en la Estación Experimental Naranjal se evaluó para la etapa de producción de café, la eficiencia en la aplicación de fertilizantes con una abonadora manual de espalda Guarany (Figura 100a) y el método convencional al voleo. Para la etapa de levante se evaluó de manera adicional el equipo bastón abonador (Figura 100b).

En cinco jornadas se evaluaron el número de sitios que se fertilizaban cada 30 min (variable de respuesta) y el porcentaje de fertilizante que en promedio se depositaba por planta (variable complementaria). El análisis estadístico de número de sitios fertilizados en producción no mostró diferencias entre el equipo Guarany y la fertilización al voleo. En la Tabla 56 se presentan los resultados descriptivos del número de sitios fertilizados por jornada con el equipo Guarany y el método convencional, en lotes con plantas en producción. Referente a las variaciones en las cantidades aplicadas por planta, con el equipo Guarany se presentó una desviación del 27% (sobre o sub-



**Figura 99.** Potencial mátrico del suelo, medido con tensiómetro de 25 cm y su relación con la lluvia acumulada de 100 horas.

**Tabla 57.** Número de sitios aplicados por jornada con cada método de fertilización en lotes con plantas en levante.

Lote	Método de fertilización		
	Al voleo	Bastón abonador	Guarany
Lote 8 Caseta	987	902	1.121
Macadamia	2.273	2.494	2.214
Maní	1.436	888	1.182
María	4.647	3.868	4.002
Monumento	1.989	1.218	1.950
Polideportivo	695	898	867

**Tabla 56.** Número de sitios aplicados por jornada con cada método de fertilización en lotes con plantas en producción.

Lote	Método de fertilización	
	Al voleo	Guarany
Cruceta	3.222	3.111
La Cancha	470	526
La Guaca	4.057	3.706
Lote 8 Mango	3.286	1.574
Matilde	978	511
Plan Reposo	1.135	757
Tanque	3.403	3.114



**Figura 100.** Equipos evaluados para la aplicación de fertilizantes granulados. **a.** Equipo Guarany; **b.** Bastón abonador.

dosificación), mientras que mediante el método convencional este porcentaje fue del 5%. En la etapa de levante, el análisis estadístico no indicó diferencias con las variables número de sitios fertilizados y la cantidad del fertilizante por planta, cuando se compararon los equipos para aplicar fertilizante y el método convencional. En la Tabla 57 se muestra de manera descriptiva el rendimiento que tuvieron

los operarios por jornada al aplicar fertilizante en lotes con plantas en levante. Con respecto al tiempo invertido (jornada), el rendimiento operativo de los métodos de fertilización evaluados no se vio afectado por la fatiga de los operarios. Con la abonadora Guarany se rasgó la manguera conductora de fertilizante en menos de cuatro horas de trabajo, razón por la cual fue reemplazado por otra.



## **Disciplinas de apoyo a la investigación**



# Disciplinas de apoyo a la investigación

## Divulgación y Transferencia

Durante la vigencia del 2017-2018 en la Disciplina de Divulgación y Transferencia, se realizó la edición, diagramación y publicación de los Avances Técnicos 479 al 486, la Revista Cenicafé Vol. 68 No. 2 y Vol. 69 No. 1, el Anuario Meteorológico 2017, el libro Informe Anual de Actividades de Cenicafé del año 2017, los libros del Proyecto Gestión Inteligente del Agua:

- “Análisis del retorno social de la inversión del proyecto Manos al Agua”
- “Calidad del agua en microcuencas cafeteras”
- “Comunidades cafeteras por el buen gobierno del agua”
- “Conservación de suelos y aguas”
- “Modelo integrado de manejo de microcuencas cafeteras - Experiencia “Manos al Agua”
- “Monitoreo climático: herramienta al servicio de la caficultura colombiana”
- “Transferencia de tecnología y extensión rural”
- “Tecnologías apropiadas para el tratamiento de aguas en fincas cafeteras”
- “Análisis de paisaje: efecto de las coberturas de la tierra sobre



la contaminación producto de la fertilización del café, Microcuenca La Frisolera, municipio de Salamina, Caldas”

- “Análisis y diseño de beneficiaderos ecológicos comunitarios para café”
- “Comunidades competentes, transformando sus microcuencas”
- “La formación multinivel en Manos al Agua - Gestión Inteligente del Agua”
- “Impacto económico en las fincas cafeteras de Colombia”
- “Modelo de medición gestión inteligente del agua”
- “Manejo forestal de microcuencas cafeteras en Manos al Agua”
- “Sistematización, transferencia y sostenibilidad”.

Adicionalmente, se publicaron los libros “La adopción de Tecnologías Agrícolas, bases para su comprensión” y “Clima de la caficultura en Colombia”, conmemorativos de los 80 años de Cenicafé.

Se publicaron en la página Agroclima.Cenicafe.org los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 26 al 37, con la información climática y las recomendaciones técnicas para el cultivo del café, de acuerdo con cada zona cafetera del país.

Dentro de las actividades más importantes desarrolladas por los Investigadores de Cenicafé, en el marco del Sistema de Gestión

Integral, ligado al Acuerdo de Nivel de Servicio: Construir y Utilizar Espacios de Interacción, se encuentran las 47 actividades de capacitación de los Extensionistas de todo el país, a las cuales asistieron 2.657 colaboradores del Servicio de Extensión, desde octubre de 2017 hasta septiembre de 2018.

En Cenicafé se realizó el Encuentro de Coordinadores de Extensión durante los días 5 y 6 de julio, en los cuales se realizó la capacitación y profundización en la agronomía de la caficultura y programas de la Gerencia Técnica, para 220 profesionales.

Adicionalmente, se realizaron cuatro días de campo en las instalaciones de Cenicafé y Naranjal sobre “Más Agronomía Más Productividad”, “Cosecha con Lonas”, “Energía solar en la finca cafetera” y el “Encuentro Corporaciones Autónomas Regionales”, con 821 asistentes.

Cenicafé y el Servicio de Extensión participaron en la Feria de Cafés de Colombia expo 2018 en el stand de la Gerencia Técnica Más Agronomía Más Productividad, con las presentaciones de Cosecha del café con lonas, Ecomill para el beneficio del café, Manejo de la acidez del suelo y nutrición de cafetales, Manejo Integrado de Arvenses en cafetales, Manejo Integrado de Plagas en cafetales, Siembra de variedades mejoradas con resistencia durable a la roya, Manejo de la sombrío del cultivo, Siembra de los cultivos en las épocas correctas y Establecimiento de la densidad de siembra y ciclos de renovación, así como las actividades de Más Agronomía Más Productividad del Profesor Yarumo y las áreas demostrativas del stand, en las cuales se atendieron más de 2.000 visitantes interesados en las tecnologías y conocimientos puestos a disposición de los caficultores de Colombia.

Para el logro de esta actividad adicional al compromiso de los investigadores de Cenicafé, doctores Juan Rodrigo Sanz, Siavosh Sadeghian, Pablo Benavides, Carlos Ariel Ángel, Claudia Flórez, Raúl Rendón, Valentina Osorio, Fernando Farfán, Carlos Tibaduiza, Luis Fernando Salazar y Jenny Pabón; se contó con un grupo de nueve extensionistas del Comité de Cundinamarca quienes nos apoyaron en la atención del stand, los Ingenieros Norberto Rodríguez, Álvaro Sepúlveda, Eugenio Alarcón, Jorge Bohórquez, Nelly Jiménez, María Victoria Rivera, Óscar Rojas, Édgar Jiménez y Ángela Cepeda.

En esta jornada los Comités de Cafeteros de Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima, Antioquia, Boyacá, Norte de Santander, Cundinamarca y Magdalena apoyaron con la entrega de tecnologías y café para los caficultores y demás visitantes de la feria

Entre octubre de 2017 y septiembre de 2018 se atendieron en Cenicafé 5.851 personas.

Durante este año se realizaron:

- 148 reuniones
- 405 charlas técnicas
- 42 Reuniones con caficultores, en las cuales se atendieron 1.393 personas

Durante el año 2018 se realizó el despacho de los Avances Técnicos 473 al 480, la Revista Cenicafé Vol.68 Nos.1 y 2, el Informe Anual de Cenicafé del 2017, el libro Optimización operacional de secadores mecánicos para café pergamino, el boletín Cómo agregar valor a las pasillas en las fincas cafeteras, los Anuarios Meteorológicos Cafeteros 2015 y 2016, así como los volantes de broca, roya, renovación, y los afiches de fenol y períodos de carencia, a los Comités de Cafeteros y colaboradores de Oficina Central. En total, se despacharon más de 185.00 ejemplares de las publicaciones anteriormente descritas.

Como estrategia web para la divulgación de las publicaciones y tecnologías de Cenicafé y eventos de transferencia desarrollados en el Centro, se activó el Twitter de Cenicafé (@Cenicafe), a través del cual se han publicado 372 Tweets con cerca de 1.700 seguidores.



## Tecnología de Información y Comunicaciones

Cenicafé cuenta hoy día con una infraestructura de hardware y software sólida y un talento humano profesional capaz de dar soporte e implementar las mejores soluciones como respuesta a los retos e iniciativas planteadas por los investigadores, bajo las prácticas y estándares internacionales. Entre las soluciones y actividades desarrolladas se destacan:

**SIGA-Sistema de Información y Gestión Administrativa de Investigaciones.** Este sistema soporta la gestión documental de las investigaciones para el SGI y la gestión de iniciativas y el seguimiento de propuestas cerrando el ciclo de vida de un proyecto. En un esfuerzo por consolidar los manejadores de contenido se implementaron varios módulos de gestión administrativa del SIGA, entre los que se destacan: gestión de empleados, gestión de eventos de capacitación y gestión de control de entrada /salida de vehículos, como paso inicial a la migración de nuestros sistemas Web hacia nuevas tecnologías de desarrollo.

**Agroclima.** Se implementó una aplicación que permite la verificación y consistencia de la información



proveniente de las estaciones automáticas con relación a las variables climáticas temperatura, humedad relativa y lluvia.

**SIG-Sistemas de Información Geográfica.** Con relación a los SIG, se han gestionado bases de datos, servicios Web y scripts para la automatización de procesos geográficos, que han permitido la construcción de mapas, la generación y la modelación de datos climáticos en escenarios ENOS para distintas investigaciones y la participación activa en distintos proyectos.

**DA-Directorio Activo.** El equipo de trabajo enfocó sus conocimientos técnicos en migrar la plataforma de red @Novell al Directorio Activo de @Windows, asegurando la integridad y seguridad de la información. Esta migración implicó una serie de tareas de configuración y actualización en todos los computadores del Centro.

**Infraestructura.** Si bien Cenicafé cuenta con una infraestructura física de primer nivel, siempre se hace necesario realizar tareas de seguimiento, análisis de vulnerabilidades, aseguramiento y control de toda la plataforma para garantizar el acceso autorizado y seguro a nuestros datos y sistemas Web, incluida la red meteorológica automática, para la cual se crearon protocolos de monitoreo y mantenimiento.

**Biblioteca.** Cabe destacar que, si bien los sistemas de información Web dan mayor visibilidad y accesibilidad a las bases de datos bibliográficas y documentales, nuestra biblioteca mantiene un flujo constante de atención a usuarios que, durante esta vigencia, llegó a 1.959 de los cuales 1.012 se atendieron en sala y 947 en línea, consultando 892 libros y 1.904 documentos.





**Recursos humanos y financieros**



# Recursos humanos y financieros

## Dirección Administrativa y Financiera

### Recursos de 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. A su vez, el Fondo Nacional del Café (FoNC), transfiere estos recursos a la FNC.

### Presupuesto de Cenicafé año 2018 – Recursos Propios

Para el año 2018, el presupuesto de recursos propios asciendió a \$26.841 millones, de los cuales, \$23.171 millones corresponden a recursos transferidos por la FNC y \$3.670 millones a ingresos por aprovechamientos, incluidos \$3.011 millones provenientes de la entrega de semilla de variedades mejoradas de café a los Comités Departamentales de Cafeteros, ingresos con los que deben financiarse los gastos de este Programa.

Los recursos para la nómina fija son los que mayor participación tienen en el presupuesto de Cenicafé (Figura 101).



### Convenios de Cofinanciación año 2018

Cenicafé continuamente gestiona 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 controlan a través de una contabilidad independiente, por medio de un Centro de Beneficio exclusivo, implementado a partir del año 2015.

En el año 2018, han estado vigentes 16 convenios, con recursos que suman \$8.505 millones, de los cuales \$2.237 millones se encuentran en gestión. En la Tabla 58 se presenta el presupuesto de los convenios de cofinanciación para el año 2018, por entidad aportante.

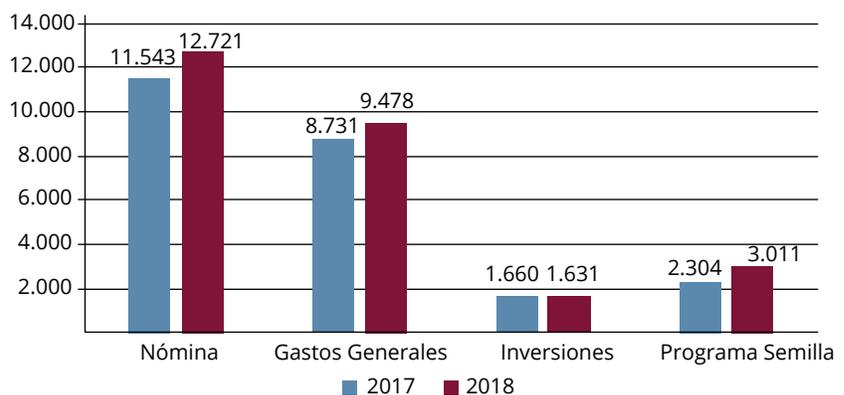


Figura 101. Presupuesto recursos propios por concepto.

En el año 2016 se definió que los recursos gestionados directamente con el SGR deben estar en cabeza de los Comités Departamentales de Cafeteros, por lo tanto, con las capacidades actuales de Cenicafé se está brindando el soporte técnico – científico necesario para contribuir a la formulación de proyectos, acordes a las necesidades específicas de cada Departamento. Hasta el momento están en etapa de formulación los presupuestos con los Comités Cesar- Guajira, Quindío y Casanare.

### Administración y depuración de activos fijos

Con el apoyo del área de Tecnología de Información y Comunicaciones-TIC, se creó un aplicativo para la gestión de activos fijos, el que facilitó el proceso de depuración. Al 30 de septiembre de 2018, Cenicafé cuenta con 6.222 bienes adquiridos con recursos privados de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, recursos de Entidades Cofinanciadoras,

recursos del Fondo Nacional del Café FON2 y recursos de la Oficina Central, de los cuales se ha inventariado un total de 4.864 activos, que corresponden al 78% de los mismos, quedando pendiente un total de 1.358 bienes equivalentes al 22% (Tabla 59).

Durante el período enero-septiembre de 2018 se han efectuado 136 bajas de activos o retiro de inventarios, en su mayoría entregadas a título de donación a la Entidad sin Ánimo de Lucro: “Corpoinfantil”, quienes realizan una destinación final sin contaminar el medio ambiente.

### Gestionar Talento Humano

La Gestión del Talento Humano de Cenicafé se realiza de acuerdo con las directrices y políticas de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, cuyo propósito se enmarca en “Generar transformación cultural y eficiencia organizacional en el logro de objetivos y metas institucionales mediante la selección, inducción, desarrollo del talento humano, el fortalecimiento del liderazgo, la articulación de los equipos de trabajo y la gestión de un ambiente laboral armónico, seguro y saludable”.

En la actualidad, 231 colaboradores hacen parte de las diferentes disciplinas de investigación y apoyo del Centro (Tabla 60); este grupo humano está conformado por un 68% de hombres y un 32% de mujeres.

### Formación del personal de nómina Cenicafé

El Centro cuenta con un equipo humano altamente capacitado para responder a las necesidades de la caficultura; para el año 2018, la planta de personal se vio fortalecida con dos profesionales con formación doctoral y con siete con formación de

**Tabla 58.** Convenios Nacionales e Internacionales.

Entidades Nacionales	Convenios	Presupuesto Mill. \$ (1)	Total (%)
Departamento Del Huila	1	3.778	44,4%
Ecoflora	1	57	0,7%
Bayer S.A.	1	158	1,9%
FMC Colombia	1	12	0,1%
Colinagro S.A.	1	29	0,3%
Orbiotec S.A.S.	1	12	0,1%
Min.Agricultura – Kfw	1	166	1,9%
Colciencias - Tics Finca	1	40	0,5%
Colciencias / Sumicol	1	255	3,0%
<b>Subtotal convenios nacionales</b>	<b>9</b>	<b>4.506</b>	<b>53,0%</b>

Entidades Internacionales	Convenios	PTO Mill. \$ (1)	% Total
Bayer AG	1	473	5,6%
GIA	1	520	6,1%
Nestec	1	63	0,7%
Jiffy	1	2	0,0%
York Potash Ltd	1	174	2,0%
IDRC	1	65	0,8%
Mitsui & Co. Ltd.	1	464	5,5%
En Formulación		2.237	26,3%
<b>Subtotal convenios internacionales</b>	<b>7</b>	<b>3.999</b>	<b>47,0%</b>
<b>Total (1)</b>	<b>16</b>	<b>8.505</b>	<b>100%</b>

(1) Incluye saldo del año 2017 por \$3.546 millones; desembolsos estimados convenios vigentes año 2018 \$2.722 millones y presupuesto para proyectos en formulación \$2.237 millones.

**Tabla 59.** Activos Año 2018.

Detalle Inventariado						Total	%
	Ofic. Central FON1	Ofic. Central Gest. Proyectos	Ofic. Central FON2	Cenicafé FON1	Cenicafé Convenios		
Total Inventariado	343	260	2	3.738	521		
Falta Inventariar	102	0	0	1.203	53	1.358	22
<b>Total Activos Fijos</b>	<b>445</b>	<b>260</b>	<b>2</b>	<b>4.941</b>	<b>574</b>	<b>6.222</b>	<b>100</b>

maestría. Es así como el 61% de los colaboradores del Centro cuenta con formación superior, de estos, el 64% tiene formación de posgrado.

### Comisiones de trabajo

Durante el período octubre 2017 a septiembre 2018 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 dependencias del Gremio. Se realizaron 2.137 comisiones de trabajo (4.412 días). Adicionalmente, este equipo humano asistió a congresos, reuniones y foros internacionales (13 visitas internacionales, 72 días comisionados).

### Gestionar bienes y servicios

#### Compras y Servicios

El objetivo de este proceso 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 y la actualización de información de los que se tienen en las bases de datos, con el propósito de disminuir los tiempos de respuesta y ser eficientes en la calidad de los productos y servicios adquiridos; por esta razón, 75 de los 580 proveedores registrados para el período octubre 2017 – septiembre 2018, fueron proveedores nuevos, para un consolidado en los tres últimos años de 232 proveedores nuevos.

#### Evaluación de proveedores

Anualmente se lleva a cabo el proceso de evaluación de los proveedores, de conformidad

con los lineamientos establecidos en el proceso Gestionar compras y contratación. Los proveedores evaluados son los considerados de alto impacto en los procesos de Investigación, teniendo en cuenta una escala que va entre cero y cinco, siendo cero muy malo y el límite superior, el mejor (Tabla 61).

En total fueron catalogados de alto impacto 172 proveedores, de los cuales, el 92% (159 empresas) obtuvieron una calificación destacada, el 7%, (12 empresas) obtuvieron 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 de los servicios.

#### Reclamaciones de seguros corporativos

En el período comprendido entre octubre de 2017 y septiembre de 2018, fueron gestionadas tres reclamaciones por motivos de hurto y daños por torrenciales, por un valor total de \$ 25 millones.

**Tabla 60.** Formación personal nómina.

Nivel Académico	No. Personas	No. Personas	Variación (%)
	Sep. 2017	Sep. 2018	
Doctorado	17	19	12
Maestría	39	46	18
Especialización	29	26	-10
Pregrado	62	50	-19
Técnicos/ Tecnólogos	44	37	-16
Bachiller/ primaria	57	53	-7
<b>Total</b>	<b>248</b>	<b>231</b>	<b>-7</b>

## Contratación

Con el apoyo del área de Tecnología de Información y Comunicaciones de Cenicafé y el diseño conceptual del área de Contratación, se creó un aplicativo para el control y seguimiento interno de contratos, el cual permitió consolidar información y generar reportes desde el año 1996, período desde el cual se custodian archivos de contratos en Cenicafé.

### Mantenimiento y Servicios

La sección de mantenimiento pertenece al proceso de Bienes y Servicios, desde el cual se gestionan requerimientos del proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, de acuerdo con el tipo de servicio a ejecutar los servicios se clasifican dependiendo del equipo al cual se le realiza el mantenimiento. Los servicios ejecutados en Cenicafé son: de infraestructura, a equipos y al parque automotor. A continuación, se referencian algunos de los apoyos brindados por la sección durante el período 2017 – 2018.

### Servicios a infraestructura.

Los servicios prestados a la infraestructura fueron gestionados teniendo como

**Tabla 61.** Calificación evaluación de proveedores año 2017.

Concepto	Hasta 1,9	Entre 2,0 - 2,9	Entre 3,0 - 3,9	Entre 4,0 - 5,0	Total
Evaluación de Proveedores Catalogados de Alto Impacto para la Organización	0	1	12	159	172

base las necesidades de las diferentes disciplinas de investigación: servicios de adecuaciones y mantenimiento a la infraestructura y servicios a redes de distribución eléctrica, como:

**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, en la Tabla 62 se muestra la cantidad de equipos atendidos por disciplina de investigación.

**Gestión del parque automotor.** Teniendo en cuenta la necesidad de mejorar las condiciones de seguridad en los desplazamientos, y el incremento de solicitudes de transporte durante los últimos años, se adquirieron dos vehículos doble cabina de motor diésel, los cuales son óptimos para desplazamientos

largos por su confiabilidad y ahorro de combustible.

Durante el año se han dado de baja cinco vehículos, dos de ellos que prestaban servicio en las Estaciones Experimentales Pueblo Bello y Paraguaicito.

**Tabla 62.** Mantenimiento de equipos priorizados para investigación.

Disciplina	No. de equipos
Mejoramiento Genético	95
Suelos	39
Calidad	38
Fitopatología	33
Experimentación	28
Entomología	23
Fisiología Vegetal	23
Poscosecha	22
<b>Total</b>	<b>301</b>

# 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

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos, M.Sc.  
Valentina Osorio P., Ing. Alimentos, Esp.  
Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga  
Luz Fanny Echeverry G., Química  
Jenny Paola Pabón U., Ing. Agrícola, M.Sc.  
Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química  
Alexis Urriago Y., Técnico en Producción Agrícola  
Paola Andrea Calderón T., Tecnólogo en Producción  
Agropecuaria Ecológica

##### Fisiología Vegetal

José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.  
Aristóteles Ortiz., Químico, M.Sc.  
Carlos Andrés Unigarro M., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
Natalia Catalina Flechas B., Bióloga  
Mauricio Jiménez S., Ing. Agrónomo  
Marlio Fernando Abella D., Agrónomo  
Marta Bibiana Escobar P., Tecnóloga Química  
Claudia Marcela Mora A.  
Mario Franco A.  
Claudia Patricia Valencia V.

Sebastián Grajales H., Pasante Universitario  
Sebastián Quiceno G., Pasante Universitario

##### Suelos

Siavosh Sadeghian K., Ing. Agrónomo, Ph.D.  
Hernán González O., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
Luz Adriana Lince S., Ing. Agrónomo, Geóloga, M.Sc.  
Vanessa Catalina Díaz P., Química, Esp.  
Víctor Félix Alarcón T., Ing. Agrícola  
Leina Carina Vitobis A., Agrónomo  
Johan Cuervo C., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
Juan Carmilo Rey S., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
Claudia Marcela Ospina F., Tecnóloga Química  
Rigoberto Ochoa I., Tecnólogo en Administración de  
Empresas Agropecuarias  
Stephania Rincón B., Tecnóloga Química  
Sebastián Mejía G., Tecnólogo Químico  
Sebastián García B. Tecnólogo en Gestión de Recursos  
Naturales  
Laura Marcela Restrepo P., Aprendiz Universitario

### Fitotecnia

Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
 José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
 Fabio Alexis Torres A., Ing. Agrónomo, Esp.  
 Jorge Alexis Ramos P., Ing. Agrícola  
 Cristian Salomón Rodríguez V., Ing. Agrónomo  
 Andrés Felipe León B., Ing. Agrónomo  
 Rocío Espinosa A., Médico Veterinario y Zootecnista  
 Andrés Mauricio López L., Médico Veterinario y Zootecnista, M.Sc.  
 Carlos Augusto Ramírez C., Técnico Profesional en Técnicas Forestales  
 Miguel Ángel Erazo R., Tecnólogo en Agricultura de Precisión  
 Jonnier Alejandro Hoyos A., Tecnólogo en gestión agropecuaria  
 Gabriel Santiago Gil M., Tecnólogo en Producción Agrícola  
 Juan Gilberto Vargas P., Tecnólogo en Producción Agrícola  
 Diego Javier Trujillo A., Tecnólogo en Producción Agrícola

### Mejoramiento Genético

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo Ph.D.  
 Diana María Molina V., Bacterióloga Ph.D.  
 María del Pilar Moncada Botero., Ing. Agrónomo Ph. D  
 Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo M.Sc  
 Juan Carlos Arias S., Ing. Agrónomo M.Sc.  
 Andrea Valencia O., Bióloga M.Sc.  
 Hernando A. Cortina Guerrero., Ing. Agrónomo M.Sc  
 Julio Quiroga Cardona., Ing. Agrónomo M.Sc.  
 Luisa Fernanda López M., Ing. Agrónomo  
 Conrado Antonio Quintero D., Administrador Financiero  
 Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero  
 Jairo Jaramillo O., Ing. Mecatrónico  
 Gilbert Rodríguez Q., Técnico Profesional en Desarrollo de Producción Pecuaria  
 Jhon Esteban Quintero A., Técnico en Producción de Café  
 Jhon Jairo Cuellar V., Tecnólogo en Producción Agrícola  
 Hernán Díaz C.  
 Cruz Elena Díaz M.  
 Omar Villarreal  
 Jesús David Gómez P., Pasante Universitario  
 Lorena Muñoz A., Pasante Universitario  
 Marcela Escudero C., 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.  
 Flor Edith Acevedo B., Ing. Agrónomo Ph.D.  
 Lucio Navarro E., Biólogo, Ph.D  
 Luis Miguel Constantino C., Biólogo Entomólogo, M.Sc.  
 Leidy Johanna Tapias I., Química Industrial, M.Sc.  
 Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo

Ferney López F., Ing. Agrónomo/Contador  
 Mauricio Jiménez Q., Agrónomo  
 Laura Alexandra Laiton J., Ing. Agrónomo  
 Adriana Paola Gómez C., Tecnólogo en Administración y Producción Limpia de Café  
 Juan Paulo Pimentel S., Tecnólogo en Administración de Empresas Agropecuarias  
 Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café  
 Wilmar Osorio C., Tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias  
 Juan Carlos Ortiz F.  
 Carlos Alberto Quintero A.  
 Claudia Bibiana Tabares B.  
 Faber de Los Ríos P.  
 Diana Marcela Giraldo V.

### Agroclimatología

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo, Ph.D  
 Álvaro Jaramillo Robledo., Ing. Agrónomo, M.Sc  
 Ninibeth Gibelli Sarmiento H., Ing. Agrícola  
 Pablo Jaramillo R., Ing. Ambiental  
 Stephan Andrés Salazar A., Ing. Agrícola  
 Jonnier Alejandro Hoyos A., Tecnólogo en gestión agropecuaria  
 Wilmar A. Rendón G., Tecnólogo en Sistemas Informáticos  
 Myriam Giraldo M.  
 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.  
 Carlos Mario Calle., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
 Isabel Cristina Ramírez P., Ing. Agrónomo  
 Carlos Alberto Zuluaga E., Técnico en Mantenimiento de Computadores y Redes de datos.  
 Alejandro Gallego., Tecnólogo en Gestión Agropecuaria  
 Carlos Arturo González V.  
 Jorge Dicksson Ocampo M.  
 Jaroliver Cardona G.  
 Alexander Jaramillo J.  
 Luisa Fernanda Silva G., Aprendiz

### Poscosecha

Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico, Ph.D.  
 Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola, Ph.D.  
 Nelson Rodríguez V., Ing. Químico, Ph.D.

Paula Jimena Ramos G., Ing. Electrónico, Ph.D  
 César Augusto Ramírez G., Arquitecto, M.Sc.  
 Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos, M.Sc.  
 Juan Carlos López N., Microbiólogo, M.Sc  
 Álvaro Guerrero A., Ing. Electrónico/Electricista  
 Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico  
 Laura Vanessa Quintero Y., Ing. Química  
 Carlos Alfonso Tibaduiza V., Ing. Agrícola  
 Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica  
 Jorge Alexander Londoño C., Técnico en Soldadura por Arco  
 y por Soplete  
 Mario Espinosa G.  
 Javier Velásquez H.  
 Samuel Castañeda.  
 Walter Mauricio Osorio O.  
 Sebastián Bravo C., Pasante Universitario  
 Andrés Felipe Rincón H., Aprendiz

## EXPERIMENTACIÓN

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

### Estación Experimental Naranjal

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

### 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

Diego Fabián Montoya., Agrónomo  
 Francisco Javier Álzate O.  
 Vidal de Jesús Largo T.

### Estación Experimental La Trinidad

Carlos Julio Ramírez Q., Ing. Agrónomo

### Estación Experimental Paraguaicito

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo  
 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

### Biometría

Rubén Darío Medina R., Estadístico M.Sc.  
 Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.  
 Hernando García O., Ing. Agroforestal

### Economía

Hugo Mauricio Salazar E., Ing. Agrónomo, M.Sc.  
 César Alberto Serna G., Contador, M.Sc.  
 Juan Carlos Gómez S., Contador, Ing. Agrónomo, M.Sc.

### 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  
 Julieth Sofía Veloza B., Profesional en diseño gráfico  
 Paula Andrea Marroquín B., Diseñadora Gráfica  
 Laura Hernandez L., Aprendiz  
 Valentina Núñez P., Aprendiz

### Unidad de Gestión de Proyectos

Cristy Mayerly González D., Ing. Ambiental  
 Josué David Espitia F., Economista

### Tecnología de la Información y Comunicaciones

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico  
 Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.  
 Alma Patricia Henao T., Lic. en Lenguas Modernas,  
 Bibliotecóloga, Esp.  
 Elkin Marcelo Valencia L., Ing. de Sistemas, Esp.  
 Daniel Orozco J., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, Esp.  
 Leonardo Adolfo Velásquez N., Ing. de Sistemas y  
 Telecomunicaciones, Esp.  
 Kevin Adolfo Hincapié V., Ing. de Sistemas y  
 Telecomunicaciones, Esp.  
 Andrés Felipe Ramírez M., Ing. de Sistemas y  
 Telecomunicaciones, Esp.  
 José Rubiel Castrillón G., Ing. de Sistemas y  
 Telecomunicaciones.

Audberto Quiroga M., Biólogo, Esp.  
 Juan Camilo Espinosa O., Ing. Topográfico, Esp.  
 Juan Pablo Carvajal B., Ing. Electrónico  
 Luz Ángela Fernández R., Licenciada en Psicopedagogía  
 Jorge Wilmar Valencia G., Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información

## 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.  
 Jesús Danilo González O., Contador, Esp.  
 Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público  
 Daniela López O., Contadora, Esp.  
 Diana Marcela Buitrago R., Administración de empresas  
 Lina Marcela Patiño G., Tecnóloga en Gestión Administrativa  
 Verónica Alejandra Velásquez B., Aprendiz  
 Carlos Felipe Galvis C., Aprendiz

### Gestión de Bienes y Servicios Contratación

Juan David Álzate O., Economista, M.Sc.  
 Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial  
 Juan Manuel Meza S., Administrador de empresas, Esp.  
 Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de Negocios  
 Lina María Giraldo, Administrador financiero  
 Diego Alejandro Muñoz G., Economista  
 Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de Negocios  
 Jesús Alberto Vergara T., Técnico en Sistemas  
 Gabriel Antonio Melo P.  
 Francy Giraldo G., Aprendiz  
 Gelen Eliana Arias R., Aprendiz

### Gestión de Bienes y Servicios-Mantenimiento

Óscar Fernando Ramírez C., Ing. Mecatrónico  
 Paulo Alejandro Arias C., Ing. Electricista, Esp.  
 Cristian Andrés Chica G., Ing. Mecatrónica  
 Robinson Guzmán G., Técnico Electricista  
 Jorge Hernán Marulanda E., Tecnólogo en Electrónica  
 Gabriel Hernando Ortiz C., Tecnólogo en Gestión Bancaria y Financiera  
 Albert Johanne Agudelo L. Tecnólogo en Electrónica  
 Uriel López P.  
 Rogelio Rodríguez G.  
 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.  
 Natalia Rengifo G., Aprendiz

### Gestión de Tesorería

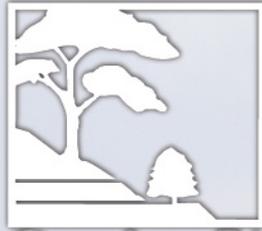
Carlos Andrés Pineda M., Contador Esp.

### Gestión del Talento Humano

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

### Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L., Ing. Industrial, M.Sc. . PMP®  
 Juan Manuel Muñoz O., Administrador de empresas, M.Sc  
 Valentina Sepúlveda C., Ingeniera Industrial, Esp. PMP®  
 Astrid Yuliana Ortiz R., Administradora de Empresas, Esp.



Cenicafé

Ciencia, tecnología  
e innovación  
para la caficultura  
colombiana

[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)