

Informe anual





Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

COMITÉ NACIONAL

Ministro de Hacienda y Crédito Público

Alberto Carrasquilla Barrera

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural

Andrés Valencia Pinzón

Ministro de Comercio, Industria y Turismo

José Manuel Restrepo Abondano

Director del Departamento Nacional de Planeación

Gloria Amparo Alonso Másmela

Representante del Gobierno en Asuntos Cafeteros

Nicolás Pérez Marulanda

Período 1° enero/2019 - diciembre 31/2022

José Eliecer Sierra (Antioquia)

José Alirio Barreto (Boyacá)

Eugenio Vélez Uribe (Caldas)

Danilo Reinando Vivas (Cauca)

Juan Camilo Villazón (Cesar-Guajira)

Javier Bohórquez Bohórquez (Cundinamarca)

Ruber Bustos Ramírez (Huila)

Javier Mauricio Tovar (Magdalena)

Jesús Armando Benavides (Nariño)

Armando Amaya Álvarez (Norte de Santander)

Carlos Alberto Cardona (Quindío)

Luis Miguel Ramírez (Risaralda)

Héctor Santos Galvis (Santander)

Ólivo Rodríguez Díaz (Tolima)

Camilo Restrepo Osorio (Valle)

Gerente General

Roberto Vélez Vallejo

Gerente Administrativo y Financiero

Juan Camilo Becerra Botero

Gerente Comercial

Juan Camilo Ramos Mejía

Gerente Técnico

Hernando Duque Orrego

Director Investigación Científica y Tecnológica

Álvaro León Gaitán Bustamante

ISSN - 2145-521X

ISSN - 2744-9211 (En línea)

DOI 10.38141/10783/2020

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

Comité Editorial Cenicafé

Pablo Benavides M.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Entomología, Cenicafé

Luis Fernando Salazar G.

Ph.D. Ing. Agrónomo. Suelos, Cenicafé

Carmenza Esther Góngora B.

Ph.D. Microbióloga. Entomología, Cenicafé

José Ricardo Acuña Z.

Ph.D. Biólogo. Fisiología Vegetal, 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

Carmenza Bacca R.

Óscar Jaime Loaiza E.

Fotografías

Página 17, Jorge Willmar Valencia G.

Página 49, Luis Miguel Constantino C.

Archivo Cenicafé

Impreso por

Cómo Citar:

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

Contenido



Resumen ejecutivo

5



Disciplinas de investigación

Agroclimatología	17
Biometría	27
Calidad	33
Economía Agrícola	46
Entomología	49
Experimentación	65
Fisiología Vegetal	66
Fitopatología	82

15

Fitotecnia	90
Mejoramiento Genético	99
Poscosecha	114
Suelos	122



Disciplinas de apoyo a la investigación

141

Divulgación y Transferencia	143
Tecnología de Información y Comunicaciones	145



Recursos humanos y financieros

151



Resumen ejecutivo





Centro Nacional de Investigaciones de Café



Con la prioridad de fortalecer el eje económico como base necesaria para desarrollar los ejes ambientales y sociales de la caficultura, Cenicafé realiza las investigaciones que corresponden a la prestación del Servicio de Investigación Científica y Tecnológica del Fondo Nacional del Café, que se ejecuta a través de la Federación Nacional de Cafeteros. Siguiendo los lineamientos del Plan Estratégico de la Federación de Cafeteros, y de acuerdo con las directrices de la Gerencia General y de la Gerencia Técnica, las investigaciones responden a las solicitudes de la Comisión de Producción del Congreso Nacional Cafetero, de los Comités Departamentales y de las iniciativas que resultan de la vigilancia tecnológica que hacen los investigadores del Centro.

Durante el año 2020 se adelantó el Plan Operativo con investigaciones enmarcadas en los tres componentes de la rentabilidad económica del cultivo que son aumento en la productividad, eficiencia en el uso de insumos y mano de obra, y mayor valor agregado por calidad. Así mismo, las actividades de capacitación al Servicio de Extensión y de divulgación hacia los caficultores, se orientaron en la estrategia "Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad" de la Gerencia Técnica, en un período lleno de retos, adaptaciones e innovaciones por efecto de la pandemia mundial de la COVID-19, en el que todo el equipo de Cenicafé adelantó 160 proyectos y actividades de investigación. A continuación, se destacan los resultados de este trabajo.

Avance en tecnologías para mejorar integralmente la calidad del café

Más renovación: Una caficultura más joven con semilla mejorada

Las Estaciones Experimentales de Cenicafé produjeron y distribuyeron 82.273 kg de semilla para este período, con un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio del 112,5%. Por primera vez, la mayor parte correspondió a la variedad Cenicafé 1 (41%) seguida de Castillo® General (29%) y Variedad Castillo El Tambo (14%). Las variedades Castillo Zonales representaron un 5%. En la participación de las Estaciones Experimentales en la producción de semilla se contó con un 51% de la Estación Naranjal, 17% de la Estación El Tambo, 14% de la Estación La Trinidad y 11% de las Estaciones La Catalina y El Rosario. Las pruebas de germinación indicaron promedios de 92,90% en el laboratorio y de 90,05% en arena.

Se estimaron las condiciones idóneas de temperatura y humedad relativa para el almacenamiento de semillas de *C. arabica*. Se evaluó la viabilidad, la protrusión radicular, la germinación y el vigor, y se concluyó que las semillas de café se conservaron en óptimas condiciones fisiológicas para su propagación en un almacenamiento de $10,5 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura y $65 \pm 7\%$ de humedad relativa, hasta por cuatro meses. Igualmente, se evaluó el efecto del material de empaque para el almacenamiento de semilla, encontrándose que el polietileno trilaminado y bilaminado preservó la calidad de la semilla durante 12 meses y la bolsa de papel kraft la preservó hasta por seis meses.

Adicionalmente, las variedades Castillo®, Tabi y Cenicafé 1 se caracterizaron químicamente. Los lípidos variaron entre 10,7%-

12,3%, los tocoferoles entre 40,6–60,2 mg vitamina E/100 g aceite de café, con cantidades superiores del α -Tocoferol. Los ácidos grasos mayoritarios fueron palmítico y el linoleico con promedios de composición de 38,7–40,5% y 34,1–37,9%. La sacarosa es el principal azúcar con promedio de 8,1%±0,49. Los promedios de compuestos fenólicos y flavonoides, importantes antioxidantes, se cuantificaron en 65±3,4 mg.

En la protección del patrimonio colectivo de los caficultores colombianos, la Federación Nacional de Cafeteros continuó con la solicitud de Derecho de Obtentor ante el Instituto Nacional Agropecuario (ICA), de las líneas componentes de las variedades desarrolladas por Cenicafe-FNC. A la fecha, se tiene el Certificado de Obtentor de diez líneas componentes de variedades y está en proceso el certificado de 14 líneas más.

Más resistencia: Una caficultura con mayor diversidad genética

Con el propósito de desarrollar variedades de café adaptadas a la geografía cafetera colombiana, la FNC ha mantenido la Colección Colombiana de Café (CCC), depositaria de la diversidad disponible para *Coffea arabica* de todas las características agronómicas que permiten el desarrollo de variedades mejoradas de café. En 2019, se continuó con la caracterización de este germoplasma lo que permitió la identificación de 12 accesiones tolerantes a estrés hídrico, que podrían ser utilizadas como parentales para el desarrollo de variedades de café mejor adaptadas a esta condición. Así mismo, se encontraron 13 árboles androestériles de diez accesiones, que podrían a futuro viabilizar la propagación de híbridos F1 de café a través de semilla, contribuyendo a reducir los costos de obtención y permitiendo el uso masivo de híbridos.

Con miras a incorporar nuevas fuentes de resistencia contra la roya, diferentes a las del Híbrido de Timor 1343 CV2 que poseen las variedades comerciales actuales, se establecieron en el campo 55 poblaciones F1 que cuentan con genes de resistencia provenientes de Híbridos de Timor aun sin utilizar en Colombia, además de genes contra la roya provenientes de *C. arabica*, *C. liberica* y *C. canephora*.

Se avanzaron a la generación F3, 32 plantas provenientes del cruzamiento entre la variedad Castillo® e introducciones etíopes, que presentan un menor número de estados de la broca; esto materiales, aunque no son considerados resistentes, sí pueden contribuir en la estrategia de manejo

integrado de la broca, disminuyendo la población de este insecto-plaga. En estas poblaciones se presenta una segregación cuantitativa, donde intervienen varios genes, confirmando que esta característica es heredable. En esta línea de control genético contra la broca, se evaluaron los híbridos de café provenientes de líneas de variedad Castillo® y dos introducciones etíopes con mayor productividad que los parentales, y donde la broca se reproduce un 50% menos que en Caturra, llevándose plantas a pruebas regionales a Antioquia, Cauca y Magdalena. Se iniciaron estudios para evaluar el silenciamiento de genes de la planta de café asociados a los volátiles que atraen a la broca.

Se construyó un mapa genético de *C. arabica* altamente saturado con 43.090 marcadores, con los cuales se puede ubicar e identificar un gen o grupo de genes relacionados con características de importancia agronómica, calidad organoléptica y resistencia/tolerancia a factores bióticos o abióticos limitantes para la caficultura colombiana. Finalmente, se evaluaron dos métodos de transformación genética "*in planta*" de *Coffea arabica*. El primero es mediante infección con *Agrobacterium* del tejido meristemático de chapolas de café y el segundo consistió en la polinización manual de flores emasculadas con polen genéticamente modificado. Los dos métodos fueron eficientes en la transformación y podrían ser utilizados en estudios genéticos del café.

Más resiliencia: Una caficultura adaptada a la variabilidad climática

Se continuó respaldando el monitoreo meteorológico en todo el país cafetero (199 estaciones convencionales y 115 automáticas) y contribuyendo a entender la respuesta de la planta al clima. En la Plataforma Agroclimática se actualizaron los registros históricos y se desarrolló una versión preliminar del Atlas Cafetero Interactivo. A partir del seguimiento a las anomalías climáticas y modelos de predicción, se generaron las recomendaciones de adaptación para el cultivo, en el Boletín Agrometeorológico Cafetero mensual.

Uno de los desafíos más importantes que ha presentado la transición de la red meteorológica convencional a la automática es la homogeneidad y consistencia entre los datos. En estaciones que operan en paralelo se observaron sesgos promedios en temperatura que superan el rango de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, admitido por Ideam y la Organización Meteorológica Mundial. Para reducirlo se utilizó

la corrección basada en cuantiles. El análisis preliminar indica que mediante funciones de corrección es posible respaldar la continuidad de la serie de las estaciones convencionales.

Para afianzar los resultados preliminares sobre la capacidad de captar carbono por parte del cultivo de café, se monitoreó el flujo de energía, agua y gases, en un sistema de producción de maíz intercalado con zoca de café, mediante la técnica de covarianza de torbellinos. La energía se disipó principalmente como calor latente (47% - 72%), en el proceso de evapotranspiración. El coeficiente del cultivo (K_c), para zoca de café, fluctuó entre $0,79 \pm 0,04$ y $0,99 \pm 0,04$. El sistema se comportó como sumidero de carbono, con un potencial de fijación entre 3,4 y 5,0 t ha⁻¹ de C. Así mismo, se evaluó el efecto protector de partículas de caolinita cuando hay exceso de temperatura y/o irradiancia, utilizando almácigos a libre exposición solar. Los almácigos asperjados con caolinita a 60 g L⁻¹ o a plena exposición solar tuvieron mayor peso seco respecto al almácigo a la sombra, no obstante, la pérdida de plantas fue mayor (entre 6%-11%); sin embargo, los tratamientos con caolinita presentaron adaptaciones morfológicas en el área foliar y área foliar específica, que podrían favorecer una mejor adaptación del almácigo a la siembra en el campo.

Para robustecer el modelo de balance hídrico para café a libre exposición, se evaluaron sus componentes en predios hidrológicos en tres estaciones experimentales. El análisis preliminar de la distribución de la lluvia indica que, la lluvia efectiva (% de lluvia externa) varía según el rango de intensidad, 5 minutos, horaria y diaria. Los porcentajes más altos de interceptación correspondieron a las menores intensidades. La lluvia efectiva fluctuó entre el 82% y 87% en El Tambo, entre el 77% y el 93% en Naranjal y, en Paraguaicito, entre el 74% y 76%. Así mismo, en dos localidades de Santander y Quindío se viene realizando el monitoreo de la humedad el suelo, con el fin de evaluar dos sistemas de riego (goteo y aspersión) y fertirriego en café bajo sombra y al sol.

Mas agronomía: Una caficultura con manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses

Para el control de la broca del café, se valida en el campo un producto fitoquímico que controla la broca dentro de una estrategia de manejo integrado, el cual produce un efecto combinado de mortalidad y disuasión. Igualmente, los estudios sobre biología de insectos han identificado dos

poblaciones de *Monalonion velezungeli*, causante de la chinche de la chamusquina en Huila, así como estructuras morfológicas en hembras y machos de broca y chamusquina relacionados con la búsqueda de los hospedantes y la atracción sexual. Se identificaron las chisas que abundan en cuatro regiones cafeteras de Colombia y se registran dos insectos nuevos en cultivos de café: *Sibine* sp. (Limacodidae) en Cundinamarca y *Ecnomorhinus quasimodus* (Curculionidae) en Nariño.

En investigaciones sobre control biológico de plagas se mantiene un cepario de microorganismos, con 314 aislamientos, preservados en tres métodos diferentes, y en el intestino de la broca se identificaron 12 géneros de bacterias cultivables, las cuales son candidatas para estudios de control mediante paratransgénesis. En cuanto al control químico, aún no se ha detectado resistencia genética ni fisiológica de la broca al clorpirifos. Para el manejo integrado de plagas, se establecieron las bases para una alerta temprana de chamusquina en el Huila, donde el seguimiento de la humedad relativa nocturna ha permitido anticipar en dos semanas la aparición de daños en el campo, cuando esta variable baja entre 68% y 78%, en altitudes entre 1.640 y 1.880 m. Así mismo, se publicaron los mapas de vulnerabilidad de la broca de nueve departamentos cafeteros. Finalmente, se está ampliando el pie de cría de parasitoides africanos para pruebas de concepto de liberación en el campo en el control de la broca en grandes áreas.

Para control de roya, finalizó la investigación con el fungicida cyproconazole + trifloxystrobin, recomendando dosis de 0,4 L ha⁻¹ a los 60 y 120 días después de floración principal, y 0,7 cc L⁻¹ 60 y 120 días después de trasplantar la chapola al almácigo. Los inductores de resistencia para control de roya y mancha de hierro en almácigos, a pesar de activar defensas en las plantas por corto tiempo, no se recomiendan para su aplicación por los caficultores. Respecto a diversidad de razas de roya, se identificaron 16 marcadores micro-satélites en el ADN del hongo, que diferenciaron 56 aislamientos por origen y genotipos de café hospedantes, permitiendo conocer su estructura poblacional. En caracterización convencional de razas, inoculando plantas diferenciales con 20 aislamientos puros, se encontraron seis razas nuevas para Colombia y seis nuevas sin identificar. Las inoculaciones cruzadas de poblaciones de roya, de diferentes fuentes y localidades sobre 106 genotipos de café, incluyendo las progenies componentes de variedades Castillo®, Cenicafé 1 y Tabi, identificaron royas con factores de

virulencia de alta complejidad, que esporularon variablemente sobre todos los componentes de estas variedades y sobre diferenciales con todos los factores de resistencia a roya conocidos (**SH1** hasta **SH9**), incluyendo factores aún no desplegados en el campo. Esto indica la activa dinámica co-evolutiva y de adaptación progresiva de la roya sobre las variedades resistentes actuales, aumentando su inóculo infectivo.

Sobre gotera u ojo de gallo, se confirmó el papel de "ventanas" de precipitación y humedad relativa en la epidemia y agresividad de la enfermedad en dos zonas endémicas de Boyacá y Cauca, y se estudió la alta variabilidad morfológica y patogénica de 18 aislamientos del hongo de diferentes zonas del país. Finalmente, se identificaron regiones en el ADN de hongos causantes del CBD y antracnosis, con potencial para desarrollar un método de diagnóstico de CBD altamente específico y sensible, y prevenir su ingreso a Colombia.

Se describieron 265 especies de arvenses en cultivos de café, de las cuales 45 son arvenses nobles de gran importancia en la sostenibilidad. En el manejo de arvenses, evaluando alternativas de equipos y métodos de aplicación de herbicida, se encontró que el uso de equipos de bombeo eléctrico de presión controlada y el uso de reguladores de presión en equipos convencionales son promisorios. De manera multidisciplinaria, Cenicafé amplió una APP para teléfonos celulares, que describe las arvenses más frecuentes en el cultivo del café y servirá, junto con la identificación de enfermedades, plagas y deficiencias nutricionales, como una herramienta para la consulta del Servicio de Extensión y de los caficultores.

Más productividad: Una caficultura basada en sistemas de producción sostenibles

Para ofrecer alternativas de solución al problema de contaminación por los desechos de las bolsas durante la producción de almácigos, a partir de la evaluación de 11 tipos de bolsas biodegradables en la etapa de almácigo, se encontraron materiales cuya resistencia al esfuerzo mecánico fue cercana o superior a la obtenida con las de polietileno, con cuatro tipos biodegradables y dos oxobiodegradables, que finalizaron la etapa de almácigo con un buen desarrollo de las plantas, alcanzando el establecimiento en el campo. De igual manera, se evaluó el uso de un contenedor de turba para almácigos de café, como alternativa para reducir los costos en labores culturales y mitigar el impacto ambiental sobre el suelo. Los resultados mostraron que la producción acumulada no presenta diferencia significativa entre los contenedores de turba y la bolsa plástica.

Por otro lado, durante las etapas de levante del cultivo de café, se confirmó que los cultivos intercalados permiten obtener ingresos adicionales y aportan a la seguridad alimentaria de las familias cafeteras. Con el desarrollo de nuevos híbridos de maíz biofortificado, se determinó su manejo agronómico en los sistemas de producción de café; es así como el efecto de cuatro densidades de siembra del híbrido de maíz blanco SGBIOH2 con 45.000, 50.000, 55.000 y 60.000 plantas por hectárea, fue evaluado sobre el rendimiento del maíz en un primer ciclo, en dos localidades cafeteras. La primera cosecha en Naranjal y La Catalina mostró efecto de las mayores densidades de siembra, con producciones de 8.490 y 7.753 kg ha⁻¹ respectivamente, con la densidad de 60.000 plantas/ha. En café, la evaluación del arreglo espacial de Variedad Castillo® con distancias de 1,0 x 1,0 m (un tallo por sitio), 1,0 x 2,0 m (dos tallos por sitio) y 0,75 x 1,4 m (un tallo por sitio), para una densidad de siembra cercana o igual a 10.000 tallos/ha, mostró la mayor producción anual y acumulada en los arreglos de un tallo por sitio.

Para el control de la acidez del suelo, la aplicación superficial de dolomita actuó de manera significativa e incrementó los contenidos de calcio y magnesio, principalmente en los primeros 5 cm de profundidad. Este efecto se traduce en una mayor producción de café, aún después de dos años del enclavamiento.

Adicionalmente, se corroboró que los requerimientos de fósforo, cuando se emplean bolsas medianas durante la etapa de almácigo, están cerca de 1,0 g/planta de P₂O₅, cantidad que llega a incrementar los niveles del elemento en los primeros 5 cm de profundidad, entre 400 y 800 mg kg⁻¹. Para condiciones de la Estación Experimental Naranjal, se encontró que la aplicación localizada de la máxima dosis de fósforo, recomendada actualmente durante la etapa de establecimiento (9 g/planta de P₂O₅), promueve un mayor crecimiento de las raíces de café. Con base en el estudio de la retención de humedad del suelo, se generaron funciones matemáticas para explicar su variación mediante propiedades físicas, empleándose la información de 41.721 muestras de suelo, analizadas durante los años 1989 y 2020, para caracterizar la fertilidad del suelo en 36 municipios del departamento del Tolima. Se encontró que

la cantidad de nutrientes extraídos por el café y su partición en los diferentes órganos de la planta varía según la localidad.

Los estudios de biodiversidad de insectos permitieron identificar 59 especies de abejas visitando flores de café y se determinó que naturalmente los insectos contribuyen con un mayor cuajamiento de frutos de café, entre 9% y 27%.

Más calidad: Una caficultura con cosechas eficientes y monitoreo de procesos de beneficio

En la evaluación del efecto del ácido salicílico como retardante de la maduración de frutos de café durante la pre-cosecha no se encontraron diferencias estadísticas en el porcentaje de frutos caídos, y dos tratamientos mostraron una baja abscisión de frutos. En cuanto a la cosecha asistida, se determinó un rendimiento promedio de 28,7 kg/operario por hora con la derribadora DSC18, manteniendo los demás indicadores aceptables. Con el fin de separar los frutos verdes obtenidos en la cosecha, se avanzó en la tecnología de fácil implementación y bajo costo, mediante la modificación de un pechero de despulpadora, con tabiques divisores en los canales y compuertas basculantes, para separar por diferencias de firmeza los frutos verdes, mientras se hace simultáneamente el despulpado del café, aumentándose la capacidad nominal en 33%, con una eficacia de separación de frutos verdes del 90% y despulpado del 96% de los frutos maduros, cumpliendo con la NTC 2090. Al mismo tiempo que se desarrolló una metodología para la recuperación del valor comercial de los frutos verdes separados.

En la calificación en taza de café con fermentaciones incompletas (honey) y sobrefermentaciones (vinoso) comparadas con fermentaciones usando el método Fermaestro®, no se encontró diferencia en calidad, pero sí en un aumento del riesgo de generar defectos. Se demostró que el café secado a 50°C presenta mayor cambio en el color del endospermo y deterioro de la calidad a medida que avanza el almacenamiento. Para determinar el efecto de la interrupción del secado se observó que los contenidos de humedad, en los tiempos iniciales de secado de 12-6 horas, se redujeron a 43,7% y 50,0%. El 51,9% de las muestras presentaron defectos sensoriales, terroso con mayor frecuencia, y esta proporción de defectos disminuye en los tratamientos cuyo tiempo de secado antes de la interrupción es mayor. Están igualmente en evaluación cinco tratamientos para secado de cafés naturales, donde el 88% de las muestras presentó puntaje SCA superior a 83% y el 11% defecto fermento. Para café natural y lavado, los contenidos promedio de lípidos son 10,01% y 11,39%, en los ácidos grasos se identificó como mayoritario el ácido palmítico, con proporciones entre 38,4%-41,2%, y el contenido de ochratoxina A fue de 14,9 y 2,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$ para café natural y lavado, respectivamente.

Para seguir mejorando en la calidad del café, además de publicar la escala de color para frutos de café y promover el método Mediverdes, se establecieron las siete prácticas clave para realizar los procesos de poscosecha. Como complemento se desarrolló una aplicación para celulares, con el fin de hacer monitoreo de la calidad del café desde el recibo hasta el secado.

Trabajos en curvas de tostación de café de seis variedades de Cenicafé, evaluando el efecto de la temperatura y el tiempo de tueste en la calidad, han indicado que la modificación en la temperatura inicial no tuvo efecto la calidad sensorial cuando en el proceso se realiza en intervalos de tiempo entre 8-12 minutos y el color está entre 55-65 Agtron/SCA, y que en la constitución química, los promedios de ácidos carboxílicos alifáticos (g/kg) fueron: quínico 10,74, acético 9,80, cítrico 6,11, málico 2,11, oxálico 0,04, siendo los ácidos oxálico y quínico los que presentaron diferencias.

Finalmente, para el control de la contaminación de las aguas residuales de café a través de filtros verdes, se encontró que el desempeño del pasto vetiver es determinante por su alta tasa de evapotranspiración. Así mismo, se determinó experimentalmente la huella hídrica del café, encontrando que la aplicación de tecnologías desarrolladas en Cenicafé tiene gran influencia en mantener este valor muy bajo.

Más rentabilidad: Una caficultura con menores costos de producción

Se diseñó y se liberó una aplicación para dispositivos móviles que permite a los caficultores acceder fácilmente a los indicadores de rendimiento de mano de obra, constituyendo una herramienta de referenciación que facilite el mejoramiento en la ejecución de las diferentes labores del cultivo y que pueda utilizarse como mecanismo que apoye las decisiones en contratación.

Con el fin de conocer el impacto económico a nivel de finca por el empleo de cables aéreos para transporte de café cereza, se adelanta el estudio de esta tecnología con el apoyo

de Servicio de Extensión; se ha establecido que el tiempo promedio en el transporte de café cereza pasó de 57,7 minutos a 13,4 minutos por jornada, una vez la finca ha instalado el cable aéreo, representando una eficiencia incremental del 6,8% en cosecha pagada por cantidad recolectada y 6,5% en cosecha al jornal; cuando se somete la inversión del cable a un análisis de valor presente neto de beneficios y costos, la relación es positiva y el período de recuperación de la inversión es de siete años. De igual modo, cuando se relaciona el costo anual equivalente de poseer cable aéreo y el costo de disponer de carreteras propias y vehículos, es menor el costo del primero, señalando la viabilidad de este sistema en fincas con lotes lejanos, de topografía agreste o donde la consecución de recolectores es restrictiva.

Más tecnología: Una caficultura con mayor información y comunicación

Con motivo de la pandemia de la COVID-19, Cenicafé se adaptó en infraestructura para el trabajo en casa, y actualmente el 70% del personal del Centro ha estado trabajando remotamente con soporte técnico en la casa y en la oficina. Se fortaleció la red inalámbrica, llegando con servicios de red hasta las porterías e implementación de una planta telefónica digital para las comunicaciones internas y externas por teléfono fijo, celular y/o computador. Así mismo, respondiendo a la necesidad de registrar diariamente el estado de salud de empleados y contratistas de FNC y Almacafé, se desarrolló el módulo del SIGA, ¿Cómo me siento hoy?

Se avanzó en la migración del SIGA hacia la plataforma

Liferay con los módulos de Sustancias Químicas, para uso de todo el gremio cafetero, llevando también a cabo la actualización del Portal de Cenicafé y la Plataforma Agroclimática. En Sistemas de Información Geográfica se entregaron tres geoportales: Sistema General de Regalías Huila, de Vulnerabilidad de Broca y Roya, y Atlas Cafetero. En la Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas se implementaron predios hidrológicos automáticos, se desarrolló e implementó una estación automática de potencial mátrico y se llevó a cabo el mantenimiento de la estación Eddy Covariance y procesamiento de los datos de alta frecuencia generados por ella.

En el Centro de Documentación se trabajó para divulgar las publicaciones de Cenicafé en Internet, actualizando el repositorio Digital (KOHA), configurando el OJS (sistema abierto donde estarán las publicaciones de Cenicafé en texto completo), implementando la identificación DOI para las nuevas publicaciones, y apoyando a los investigadores en la obtención de su código personal ORCID. Se dictaron capacitaciones en VosViewer (Análisis Bibliométrico), Zotero y Normas APA (manejo de referencias bibliográficas), y Urkund (software antiplagio).

Durante la vigencia se publicaron los Avances Técnicos 497 al 507, la Revista Cenicafé Volumen 70 No.2 de 2019 y Volumen 71 No. 1 de 2020, el Boletín Técnico No. 43. "Cosecha con la Derribadora Selectiva de Café Brudden DSC18", los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros No. 49 al 61, el Informe Anual de Cenicafé del 2019, el Anuario Meteorológico Cafetero número 70 de 2019, y las cartillas café-maíz y café-frijol. Se produjeron 43 volantes sobre la estrategia Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad, y en prevención de la COVID-19 se publicaron dos volantes y un afiche para las fincas cafeteras.

Durante este período, y mientras fue posible, se realizaron dos cursos intensivos a los cuales asistieron 96 extensionistas y recibieron 56 exposiciones sobre 28 temas; adicionalmente se atendieron 52 visitas con 1.232 personas, en su mayoría caficultores. Ante la imposibilidad de actividades grupales presenciales, debió fortalecerse e innovarse el esquema de Divulgación a través de rutas digitales y virtuales. Dentro de las presentaciones de los investigadores se realizaron 15 Conferencias con más de 7.500 asistentes a través de YouTube, 20 Seminarios Científicos virtuales y cinco presenciales, y un día de campo virtual de Café-Frijol con 250 asistentes, con videos que han tenido más de 10.000 reproducciones en sus emisiones. Como estrategia virtual para la divulgación de las publicaciones, tecnologías y eventos, en el Twitter de Cenicafé (@Cenicafe) se publicaron 264 Tweets con 4.124 seguidores y en la cuenta de Instagram (Cenicafe), 25 mensajes con 2.445 seguidores. Se enviaron más de 285.000 correos a los suscriptores de la página www.cenicafe.org invitando a la consulta de las publicaciones, conferencias y seminarios disponibles en el portal, a través de los volantes digitales Tome Nota. En YouTube, Cenicafe FNC tiene 862 suscriptores, y están disponibles 42 videos técnicos.

En cuanto a la distribución física de publicaciones se entregaron 323.000 ejemplares a Comités de Cafeteros y caficultores. En el apoyo al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé, se recibieron 2.883 visitantes, entre caficultores, extensionistas, estudiantes y otros; un 71,4% menos

que en el período anterior, debido a la pandemia. El 41% de ellos corresponden a caficultores, el 18% a Extensionistas de la Federación, el 22% a personas con formación técnica y el 6% a estudiantes universitarios, entre otros.

Más compromiso: Una caficultura con un servicio de investigación eficiente

El principal ingreso de Cenicafé es la transferencia que le realiza la Federación de Cafeteros para el desarrollo de los proyectos de Investigación y Experimentación Científica. En 2020, este presupuesto ascendió a \$31.501 millones, que correspondieron a \$23.171 millones de recursos transferidos por la FNC, \$3.830 millones generados por aprovechamientos y \$4.500 millones por concepto de 11 convenios de cofinanciación con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales. A septiembre 30 de 2020 Cenicafé contaba con 5.657 bienes, adquiridos con recursos propios, de convenios y del Fondo Nacional del Café. En el período se procesaron 62 bajas de bienes.

El talento humano es el recurso más valioso de Cenicafé, y la Gestión del Talento Humano se encarga de la selección, contratación, inducción, desarrollo, gestión de seguridad y salud, administración de servicios y desvinculación de trabajadores. Al cierre del período, se contaba con 191 colaboradores en las disciplinas de investigación y apoyo del Centro (65% de hombres y 35% de mujeres). El 63% de los colaboradores del Centro cuenta con formación superior y de éstos, el 66% tiene formación pos gradual.

En su Sistema de Gestión Integral, Cenicafé renovó las certificaciones que incluyen el Sistema de Manejo de la Calidad en el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica (norma ISO-9001), Sistema de Manejo Ambiental (norma ISO-14001), y Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHAS-18001).

Como respuesta a la emergencia generada por la COVID-19, Cenicafé realizó con el apoyo de la ARL el Plan de Contingencia, con el objetivo de implementar medidas suficientes para evitar la propagación del virus entre los empleados de Cenicafé y demás partes interesadas; se implementaron protocolos de bioseguridad, se generaron procedimientos, se realizaron campañas vía correo electrónico y por lista de distribución de WhatsApp “Tú eres muy importante para Cenicafé” y se implementó con el área de TIC, en la plataforma SIGA, la encuesta para el seguimiento diario al estado de salud de todos los trabajadores, entre otras actividades, estrategia que permitió avanzar en los trabajos de investigación y resguardar la salud de todos nuestros colaboradores.

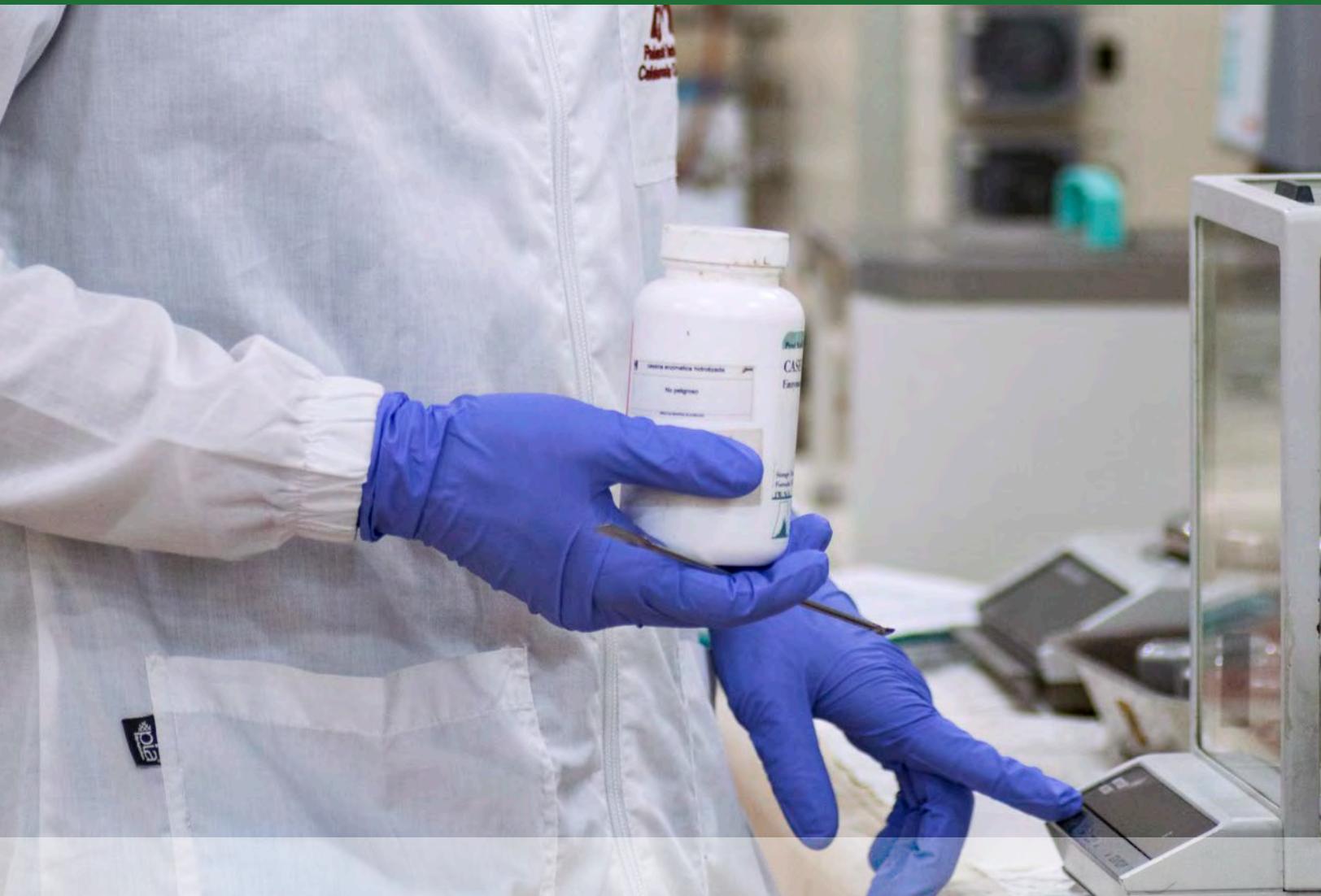
Desde la Dirección de Cenicafé quiero expresar mis agradecimientos a todo el equipo de trabajo de Cenicafé y a nuestros contratistas de vigilancia, labores agrícolas y aseo, por la dedicación y el empeño en adelantar nuestra misión de dar soporte a la caficultura con desarrollos científicos, mostrando siempre la mejor actitud y voluntad, con disciplina y profesionalismo, bajo unas circunstancias complejas producto de la pandemia. Esto igualmente no habría sido posible sin el apoyo y el acompañamiento constante de la Gerencia General, la Gerencia Técnica, el Servicio de Extensión, la infraestructura administrativa de la FNC y su Coordinación del Servicio de Salud, así como los caficultores de muchos sitios del país, que nos dieron la mano y el respaldo para que los proyectos de investigación tuvieran la menor afectación posible. Repitiendo el adagio popular: “Los tiempos difíciles nunca duran, pero las personas duras sí”.

Álvaro Gaitán B.

Director

Noviembre de 2020

Disciplinas de investigación





Agroclimatología

La disciplina de Agroclimatología continuó respaldando el monitoreo meteorológico (199 estaciones convencionales y 115 automáticas) y contribuyendo a entender la respuesta de la planta al clima. Dando soporte documental, se publicó el Anuario Meteorológico Cafetero No. 70 y en la Plataforma Agroclimática se actualizaron los registros históricos y se desarrolló una versión preliminar del Atlas Cafetero Interactivo. A partir del seguimiento a las anomalías climáticas y modelos de predicción, se generaron las recomendaciones de adaptación para el cultivo, en el Boletín Agrometeorológico Cafetero mensual.

Uno de los desafíos más importantes que ha presentado la transición de la red meteorológica convencional a la automática es la homogeneidad y consistencia entre los datos. En estaciones que operan en paralelo, se observaron sesgos promedios en temperatura que superan el rango de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, admitido por Ideam y la Organización Meteorológica Mundial. Para reducirlo se utilizó la corrección basada en cuantiles. El análisis preliminar indica que mediante funciones de corrección es posible respaldar la continuidad de la serie de estaciones meteorológicas convencionales.

Para afianzar los resultados preliminares que indican que el cultivo tiene capacidad de captar carbono, se monitoreó el flujo de energía, agua y gases, en un sistema de producción de maíz intercalado con zoca de café, mediante la técnica de covarianza de torbellinos. La energía se disipó principalmente como calor latente (47% -

72%), utilizada en el proceso de evapotranspiración. El coeficiente del cultivo (K_c), para zoca de café, fluctuó entre $0,79 \pm 0,04$ y $0,99 \pm 0,04$. El sistema se comportó como sumidero de carbono con un potencial de fijación entre 3,4 y $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ de C.

Para robustecer el modelo de balance hídrico para café a libre exposición, se evaluaron sus componentes en predios hidrológicos en tres estaciones experimentales. El análisis preliminar de la distribución de la lluvia indica que la lluvia efectiva (porcentaje de lluvia externa) varía según el rango de intensidad, 5 minutos, horaria y diaria. Los porcentajes más altos de interceptación correspondieron a las menores intensidades. La lluvia efectiva fluctuó entre el 82% y 87% en El Tambo, entre el 77% y el 93% en Naranjal, y en Paraguaicito entre el 74% y 76%.

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

Con el fin de ofrecer a los usuarios mayor información de las condiciones climáticas de la zona cafetera colombiana, se publicaron en la Plataforma Agroclimática los registros históricos de brillo solar acumulado anual y mensual. Así mismo, se desarrolló una versión preliminar del Atlas Cafetero Interactivo, en el cual se presentan los valores anuales y mensuales de precipitación, brillo solar, humedad relativa y temperaturas máxima, media y mínima para el promedio histórico y los escenarios ENSO El Niño, La Niña y Neutro a lo largo de la zona cafetera (Figura 1). Para la generación de los mapas climatológicos, se implementaron procesos de interpolación de las diferentes variables y se extrajo la información para una grilla que representa la zona cafetera, conformada por 67.378 píxeles de $1,0 \text{ km}^2$, cada uno con al menos un predio cafetero según SIC@ de diciembre de 2019. Al navegar por las diferentes opciones, los usuarios podrán visualizar el

comportamiento espacial y la distribución mensual de lluvia, brillo solar, temperaturas máxima, media y mínima y humedad relativa (Figura 2).

Actualmente el aplicativo se encuentra en versión preliminar en una máquina de pruebas de Cenicafé y podrá ser consultado el último trimestre de 2020.



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

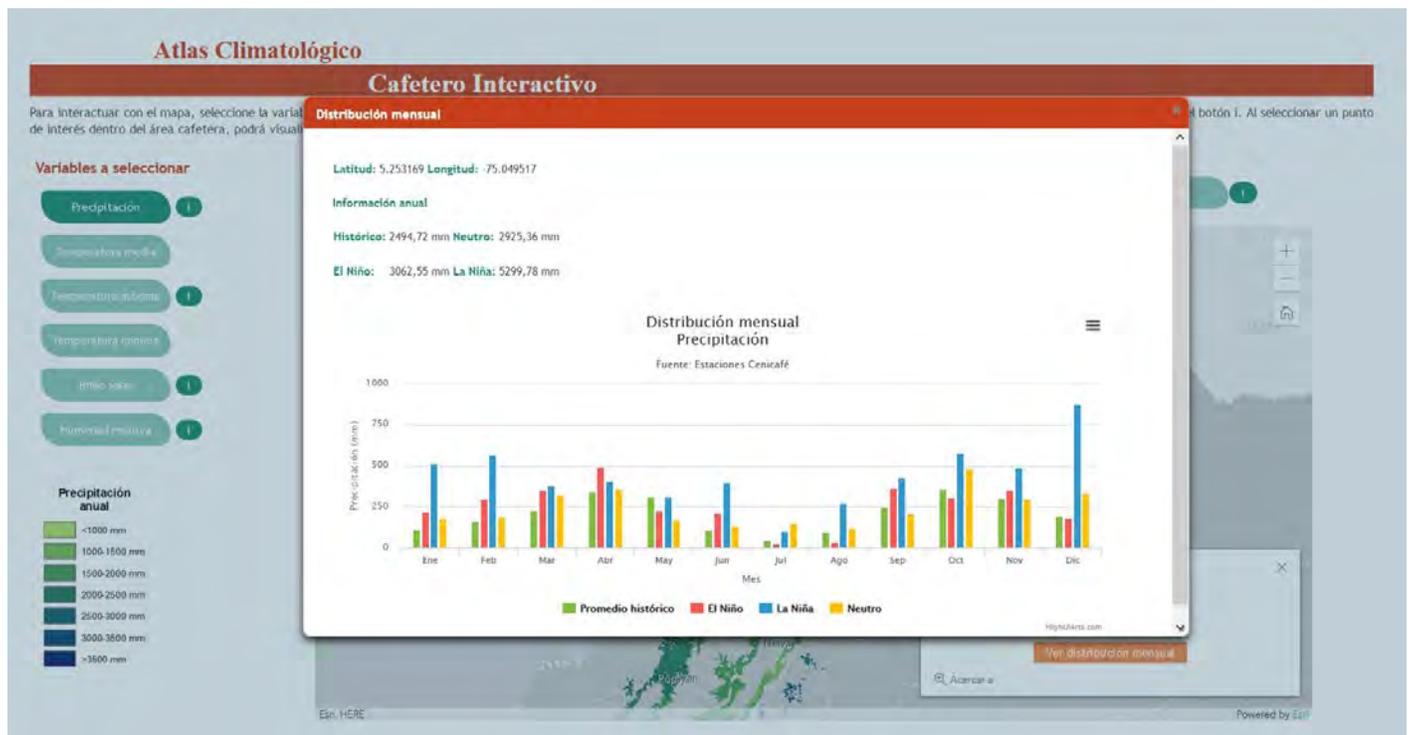


Figura 2. Módulo de Alerta por Déficit Hídrico de la plataforma <https://agroclima.cenicafe.org>.

ACL101007. Monitoreo meteorológico y servicio agroclimático. La red meteorológica operó con 199 puestos de observación convencional, en 15 departamentos cafeteros y 115 estaciones automáticas en 20 departamentos cafeteros.

Se publicó el anuario meteorológico cafetero No. 70, disponible en el enlace <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/660/17/Anu2019.pdf>, en el cual, además de la información de las estaciones convencionales del año 2019, se presentó un análisis retrospectivo de las series de precipitación y temperatura de las estaciones más antiguas.

Con relación a la normal climatológica 1990 – 2019, el análisis para el período julio/2019-junio/2020, mostró desvíos positivos en el promedio anual de la temperatura media y negativos en el acumulado anual de la precipitación, con mayores valores anómalos en el mes de agosto de 2019 y el período entre febrero y mayo de 2020, correlacionado con la condición ENSO El Niño, ocurrida entre noviembre/2019 y marzo/2020. Varias estaciones superaron el umbral de 22°C, en promedio para la temperatura media anual, como en el caso de La Catalina en Pereira - Risaralda, Cenicafe en Manizales - Caldas y Paraguaicito en Buenavista – Quindío (Tabla 1). En algunas estaciones el período seco estacional se modificó, como el caso de Pueblo Bello, entre febrero y abril de 2020, y La Sirena en Sevilla - Valle del Cauca, entre enero y marzo de 2020 (Tabla 2).

Las condiciones anómalas fueron en su mayor parte anticipadas y se formularon las recomendaciones para reducir su impacto, en cada uno de los Boletines Agrometeorológicos Cafeteros mensuales, disponibles en el enlace <https://agroclima.cenicafe.org/web/guest/boletin-agrometeorologico>.

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

En la última década se viene dando una transición de operación de la red meteorológica de estaciones convencionales (EMC) por automáticas (EMA), por lo cual, es necesario validar que los datos de las EMA tengan la consistencia para respaldar la serie de las EMC. El análisis de aproximadamente 5 años de información de 39 EMAs que operan en paralelo con EMC, para tres conjuntos de series de tiempo de temperatura media, máxima y mínima, mostró sesgos para cada par de observaciones hasta de 0,83°C en temperatura media (El Pilamo en Pereira - Risaralda), 2,97°C en temperatura máxima (Planalto en Manizales - Caldas), y -0,8°C en temperatura mínima (Granja Luker en Santágueda – Caldas) (Tabla 3). A partir del análisis de la serie diaria de temperatura de cada estación, el índice Willmott mostró concordancia entre las EMC y las EMA. Adicionalmente, la prueba de Homogeneización Normal Estándar, en todas las series de diferencias de temperaturas entre las EMC y las EMA reflejó discontinuidades abruptas, atribuibles principalmente a cambios en los instrumentos y discontinuidades graduales ocurridas por la pérdida de sensibilidad o falla en algún elemento del instrumento.

Para ajustar los datos se utilizó el enfoque de corrección de sesgo basado en cuantiles y se analizaron los gráficos de las funciones de distribución acumulativa empírica, la media de las diferencias absolutas y los diagramas de caja, de las diferencias absolutas entre la (EMC – EMA) y (EMC – EMA Ajustada) para las temperaturas media, máxima y mínima. Producto del ajuste se mejoró el porcentaje de datos dentro del rango $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, establecido como margen para determinar si la serie de las EMA tiene la consistencia de la serie de las EMC (Tabla 4). Estos análisis preliminares permiten optimizar la técnica e indican que es posible, mediante funciones de corrección, generar los ajustes adecuados para respaldar la continuidad de la serie de las EMC.

En general, para la variable de temperatura máxima se nota una tendencia a partir del promedio de temperaturas de las EMC y las EMA, por encima de los 23°C, al tener diferencias por encima de 0,5 hasta -4,5°C, mientras que en temperatura mínima los datos no tienen una tendencia y se mantienen uniformes (Tabla 4). Las grandes diferencias en temperatura máxima podrían ser causadas por el abrigo o pantalla que protege al sensor de temperatura.

En algunas estaciones hubo mejoras hasta del 58%, pero en otras la serie ajustada no mejoró el porcentaje dentro del rango entre $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Esto se atribuye a que se imputaron datos de hasta más de 10 días seguidos para completar la serie. Estos análisis preliminares permitieron optimizar la técnica e indican que es posible generar ajustes adecuados para minimizar las diferencias entre las EMC y las EMA.

Tabla 1. Anomalía mensual de la temperatura media, frente al climatológico, promedio mensual de referencia, 1990 -2019.

Departamento	Municipio	Estación	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
			(°C)											
			jul-19		ago-19		sep-19		oct-19		nov-19		dic-19	
Cesar	Valledupar	Pueblo Bello	0,3	21,6	0,7	21,5	0,5	21,1	0,4	20,8	0,8	20,5	0,9	20,0
Santander	Floridablanca	San Antonio	0,2	19,6	0,0	19,7	0,5	19,7	- 0,1	19,5	0,4	19,3	0,6	19,4
Antioquia	Venecia	El Rosario	0,7	20,9	1,5	20,9	1,1	20,4	- 0,2	19,7	0,5	19,6	0,3	20,0
Caldas	Manizales	Cenicafé	0,4	21,6	1,1	21,8	0,8	21,3	0,3	20,8	0,4	20,7	0,4	21,1
Caldas	Chinchiná	Naranjal	0,2	21,5	0,7	21,6	0,7	21,2	0,1	20,7	0,6	20,6	0,5	21,0
Tolima	Líbano	La Trinidad	0,2	20,4	0,6	20,9	0,6	20,7	0,0	20,1	0,1	19,9	0,2	20,0
Cundinamarca	El Colegio	Misiones	0,7	20,0	0,8	20,5	1,1	20,7	0,0	19,9	0,7	19,5	0,7	19,7
Risaralda	Pereira	La Catalina	0,3	21,9	1,4	22,2	0,7	21,6	0,1	21,1	0,6	21,0	0,5	21,4
Quindío	Buenavista	Paraguacito	0,2	22,5	1,1	22,7	0,5	22,1	0,1	21,4	0,1	21,3	0,3	21,6
Cauca	El Tambo	Manuel Mejía	0,6	19,1	1,5	19,5	1,1	19,2	0,2	18,6	0,6	18,3	1,0	18,4
			ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20	
Cesar	Valledupar	Pueblo Bello	0,4	20,1	0,8	21,1	0,7	21,7	1,0	21,6	1,5	21,6	0,7	21,7
Santander	Floridablanca	San Antonio	0,6	19,5	1,2	19,8	0,7	19,8	0,7	19,9	0,7	19,9	0,1	19,8
Antioquia	Venecia	El Rosario	0,5	20,6	1,4	21,0	1,1	20,8	0,8	20,5	1,1	20,3	- 0,1	20,6
Caldas	Manizales	Cenicafé	0,6	21,6	1,5	21,9	1,0	21,7	0,5	21,4	0,7	21,4	0,0	21,5
Caldas	Chinchiná	Naranjal	0,5	21,3	1,4	21,6	1,0	21,5	0,9	21,3	1,1	21,2	0,2	21,3
Tolima	Líbano	La Trinidad	0,6	20,2	1,1	20,4	0,5	20,4	0,9	20,3	0,7	20,3	0,1	20,2
Cundinamarca	El Colegio	Misiones	1,1	20,2	1,8	20,4	0,9	20,1	1,0	19,9	1,0	19,9	0,5	19,9
Risaralda	Pereira	La Catalina	1,1	21,9	1,2	22,0	1,2	21,8	0,6	21,6	1,0	21,5	0,1	21,7
Quindío	Buenavista	Paraguacito	0,6	22,0	0,7	22,3	0,9	22,1	0,5	22,0	1,1	22,0	- 0,1	22,2
Cauca	El Tambo	Manuel Mejía	1,1	18,7	0,9	18,9	1,1	18,9	0,9	18,9	1,2	18,9	0,2	19,0

A: Anomalía. C: Climatología.

Tabla 2. Anomalía mensual de la precipitación, frente al climatológico, acumulado mensual de referencia, 1990 -2019.

Departamento	Municipio	Estación	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
			(°C)											
			jul-19		ago-19		sep-19		oct-19		nov-19		dic-19	
Cesar	Valledupar	Pueblo Bello	-66	148	-101	234	44	288	-7	301	-120	211	-4	79
Santander	Floridablanca	San Antonio	-2	120	84	124	-57	133	-59	155	-71	144	49	72
Antioquia	Venecia	El Rosario	24	189	-188	203	-83	263	-74	301	-43	276	8	167
Caldas	Manizales	Cenicafé	-25	171	-111	161	-44	211	26	293	13	294	76	211
Caldas	Chinchiná	Naranjal	11	225	-155	189	-44	223	13	315	147	325	-23	214
Tolima	Líbano	La Trinidad	-48	103	-103	109	-84	205	-82	241	-44	210	-51	144
Cundinamarca	El Colegio	Misiones	11	56	-29	52	-49	88	33	177	43	179	-64	117
Risaralda	Pereira	La Catalina	-30	124	-101	111	30	158	148	264	-74	276	43	192
Quindío	Buenavista	Paraguaicito	-44	83	-49	69	57	143	-72	281	-67	306	2	211
Valle del Cauca	Sevilla	La Sirena	9	108	-21	79	59	157	-12	260	44	260	-16	190
Cauca	El Tambo	Manuel Mejía	-25	47	-44	46	3	105	-119	263	37	337	102	262
			ene-20		feb-20		mar-20		abr-20		may-20		jun-20	
Cesar	Valledupar	Pueblo Bello	51	21	-25	25	-53	63	-102	168	-75	299	5	205
Santander	Floridablanca	San Antonio	56	87	43	111	26	139	-55	144	-64	169	-28	122
Antioquia	Venecia	El Rosario	-66	104	-4	110	-78	192	-136	237	-136	351	-69	252
Caldas	Manizales	Cenicafé	-53	158	-52	181	50	237	-57	276	5	250	-3	186
Caldas	Chinchiná	Naranjal	-128	178	-106	190	-51	256	-4	297	4	302	-44	224
Tolima	Líbano	La Trinidad	-83	140	-30	152	11	198	-31	268	-213	274	62	140
Cundinamarca	El Colegio	Misiones	-29	95	30	127	-69	159	-61	154	-81	139	16	63
Risaralda	Pereira	La Catalina	-81	124	-52	136	-71	228	-92	242	-93	263	45	164
Quindío	Buenavista	Paraguaicito	9	136	87	158	-65	239	-67	264	-58	202	32	107
Valle del Cauca	Sevilla	La Sirena	-58	123	-83	133	-119	208	-57	277	-119	221	20	124
Cauca	El Tambo	Manuel Mejía	44	215	5	175	-38	202	-130	197	-42	163	58	68

A: Anomalía. C: Climatología.

Tabla 3. Porcentaje de datos que estuvieron dentro del rango $\pm 0,5$ (PR), índice de concordancia (d), error cuadrático medio (EAM) y total de pares de medidas que se analizaron para cada estación.

Código	Estación	$T_{Med} - T_{Med2}$			Total Datos Tmed	$T_{max.con} - T_{max.aut}$			$T_{min.con} - T_{min.aut}$			Total Datos Tmax y Tmin
		PR	d	EAM		PR	d	EAM	PR	d	EAM	
10001	Planalto	69	0,94	0,42	2.043	0	0,7	2,97	82	0,93	-0,07	2.059
10002	Cenicafé	46	0,93	0,57	1.646	3	0,83	1,87	54	0,85	0,36	1.740
10003	Naranjal	85	0,98	0,23	2.057	1	0,81	1,94	87	0,96	-0,16	2.095
10004	La Catalina	83	0,98	0,03	1.931	15	0,9	1,06	72	0,87	-0,28	2.020
10005	Paraguacito	79	0,98	0,25	2.101	0	0,83	1,85	81	0,96	0,02	2.159
10006	Bertha	61	0,92	-0,14	1.594	23	0,86	1,12	76	0,97	-0,2	1.612
10007	Granja Luker	75	0,97	-0,09	1.996	1	0,8	2,11	27	0,84	-0,8	2.040
10008	Manuel Mejía	82	0,97	0,08	1.424	4	0,81	1,66	59	0,95	-0,49	1.438
10009	Pueblo Bello	87	0,98	0,12	1.825	10	0,86	1,13	82	0,98	-0,31	1.888
10010	Granja Tibacuy	64	0,9	0,3	1.023	24	0,63	2,08	66	0,81	0,34	1.109
10011	El Mirador	81	0,98	0,1	1.191	1	0,82	1,87	82	0,89	-0,11	1.230
10012	Blonay	85	0,97	0,04	1.290	15	0,94	1,09	86	0,97	-0,12	1.290
10013	Gabriel María Barriga	83	0,98	0,01	1.692	19	0,94	0,94	71	0,92	-0,19	1.725
10014	Francisco Romero	79	0,97	0,09	1.462	4	0,9	1,39	83	0,92	-0,1	1.497
10015	El Agrado	73	0,97	0,24	1.204	2	0,88	1,51	82	0,97	-0,06	1.269
10026	La Bella	82	0,98	0,23	1.908	1	0,84	1,69	83	0,94	-0,13	1.996
10031	Jorge Villamil	85	0,97	0,08	623	13	0,9	1,22	89	0,93	-0,13	630
10032	Simón Campos	87	0,98	0	1.932	30	0,93	0,82	90	0,95	-0,11	1.934
10036	Cocorná	92	0,98	0,06	1.897	1	0,79	1,66	70	0,91	-0,36	1.906
10037	El Rosario	91	0,99	0,11	2.067	4	0,87	1,55	90	0,97	-0,1	2.098
10038	El Pílamo	19	0,89	0,83	1.879	0	0,75	2,56	68	0,92	0,36	1.915
10048	El Jazmín	69	0,97	0,25	1.737	1	0,78	2,25	67	0,92	-0,31	1.752
10049	Julio Fernández	69	0,86	0,23	1.952	12	0,74	1,61	64	0,89	-0,1	1.974
10050	La Sirena	46	0,84	0,72	1.867	8	0,73	2,23	54	0,76	0,58	1.956
10051	Arturo Gómez	64	0,88	0,33	1.930	12	0,82	1,44	74	0,85	0,25	2.024
10057	Manuel María Mallarino	81	0,98	0,19	1.554	1	0,83	1,88	85	0,95	-0,07	1.556
10064	La Trinidad	68	0,95	0,38	2.151	0	0,7	2,3	88	0,97	-0,1	2.156
10070	El Ruby	71	0,96	0,21	2.181	3	0,81	1,79	85	0,94	-0,11	2.185
10077	La Trinidad	61	0,95	0,37	1.554	14	0,87	1,35	72	0,88	0,28	1.572
10078	Misiones	87	0,98	-0,08	2.122	7	0,86	1,4	62	0,91	-0,47	2.128

Continúa...

...continuación.

Código	Estación	$T_{Med} - T_{Med2}$			Total Datos Tmed	$T_{max.con} - T_{max.aut}$			$T_{min.con} - T_{min.aut}$			Total Datos Tmax y Tmin
		PR	d	EAM		PR	d	EAM	PR	d	EAM	
10079	El Sauce	75	0,97	0,19	1.645	5	0,9	1,57	83	0,96	0,08	1.655
10080	La Esperanza	77	0,95	0,07	1.027	2	0,8	1,75	66	0,88	-0,37	1.083
10082	San Antonio	87	0,97	0,12	1.377	3	0,76	1,84	80	0,93	-0,27	1.381
10083	Alberto Santos	80	0,97	0,06	1.639	1	0,86	1,53	76	0,95	-0,24	1.656
10101	La Cristalina	82	0,99	0,18	1.546	4	0,92	1,37	88	0,97	-0,23	1.559
10104	Ospina Pérez	57	0,94	0,42	497	4	0,87	1,59	74	0,95	-0,12	507

Tmax.con=Temperatura máxima Estación convencional. Tmax.aut=Temperatura máxima Estación Automática.

Tabla 4. Porcentaje de datos que estuvieron dentro del rango $\pm 0,5$ (PR) para cada diferencia de temperaturas de cada estación (EMA.C: corresponde al dato corregido o ajustado de temperatura).

Código	Estación	Temperatura Media		Temperatura Máxima		Temperatura Mínima	
		EMC-EMA	EMC-EMA.C	EMC-EMA	EMC-EMA.C	EMC-EMA	EMC-EMA.C
		PR					
10001	Planalto	69	84	0	55	82	82
10002	Cenicafé	46	60	3	40	54	67
10003	Naranjal	85	93	1	69	87	89
10004	La Catalina	83	75	15	63	72	80
10005	Paraguaicito	79	88	0	69	81	82
10006	Bertha	61	65	23	57	76	65
10007	Granja Luker	75	72	1	62	27	66
10008	Manuel Mejía	82	48	4	33	59	41
10009	Pueblo Bello	87	81	10	65	82	79
10010	Granja Tibacuy	64	49	24	29	66	54
10011	El Mirador	81	61	1	51	82	71
10012	Blonay	85	68	15	47	86	67
10013	Gabriel María Barriga	83	72	19	55	71	68
10014	Francisco Romero	79	57	4	46	83	67
10015	El Agrado	73	54	2	47	82	58
10026	La Bella	82	77	1	46	83	81
10031	Jorge Villamil	85	39	13	22	89	56
10032	Simón Campos	87	81	30	62	90	86
10036	Cocorná	92	86	1	71	70	82

Continúa...

...continuación.

Código	Estación	Temperatura Media		Temperatura Máxima		Temperatura Mínima	
		EMC-EMA	EMC-EMA.C	EMC-EMA	EMC-EMA.C	EMC-EMA	EMC-EMA.C
		PR					
10037	El Rosario	91	87	4	61	90	88
10038	El Pílamó	19	77	0	46	68	81
10048	El Jazmín	69	69	1	48	67	75
10049	Julio Fernández	69	65	12	48	64	66
10050	La Sirena	46	50	8	40	54	61
10051	Arturo Gómez	64	60	12	52	74	76
10057	Manuel M. Mallarino	81	73	1	50	85	73
10064	La Trinidad	68	92	0	51	88	91
10070	El Rubí	71	81	3	59	85	87
10077	La Trinidad	61	51	14	38	72	63
10078	Misiones	87	90	7	72	62	92
10079	El Sauce	75	75	5	60	83	81
10080	La Esperanza	77	65	2	52	66	70
10082	San Antonio	87	82	3	61	80	82
10083	Alberto Santos	80	71	1	61	76	76
10101	La Cristalina	82	74	4	66	88	87
10104	Ospina Pérez	57	58	4	48	74	63

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

Con el fin de evaluar el potencial sumidero de carbono de un sistema de producción de maíz intercalado en una zoca de café, en sus primeros 15 meses, se monitoreó en la Estación Experimental Paraguaicito el flujo de energía, agua, gases y carbono, mediante la implementación de la técnica de covarianza de torbellinos. La energía, medida como radiación neta (R_n), estimada en $256,8 \pm 9,9 \text{ W m}^{-2}$ por día, se disipó principalmente en calor sensible (H 26% - 52%), calor latente (LE 47% - 72%) y calor del suelo (G 0,7% - 2,0%) (Tabla 5). La evapotranspiración del cultivo ($ET_c \text{ mm d}^{-1}$), la evapotranspiración de referencia ($ET_o \text{ mm d}^{-1}$) y el coeficiente del cultivo (K_c), obtenido por la relación ET_c/ET_o , presentaron variaciones asociadas a las etapas fenológicas del cultivo intercalado y las condiciones ambientales (Tabla 6). En la etapa de los cafetos en monocultivo, entre 6 y 10 meses después del

zookeo, el K_c fluctuó entre $0,79 \pm 0,04$ y $0,99 \pm 0,04$; para el sistema de cultivo intercalado con maíz el K_c fluctuó de acuerdo a la fase fenológica del maíz así: vegetativa, K_c entre $0,84 \pm 0,05$ y $1,06 \pm 0,06$, pre y posfloración con máximo desarrollo foliar, K_c entre $1,64 \pm 0,09$ y $1,51 \pm 0,06$ y, madurez de cosecha, K_c $1,32 \pm 0,07$. A partir del balance de intercambio neto de carbono del ecosistema (INCE), correspondiente al carbono acumulado en la biomasa por el proceso fotosintético, durante el primer ciclo de maíz intercalado con café, se fijaron 73 g m^{-2} de C. Durante la siguiente fase de cultivo de café, en la cual se mantuvieron los tallos de la zoca de maíz, se fijaron 104 g m^{-2} de C y, en la última etapa, con maíz intercalado, la fijación fue de 225 g m^{-2} de C (Figura 3). En el período analizado el sistema se comportó como sumidero de carbono con un potencial de fijación entre $3,4$ y $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ de C.

El período en el cual se destinó mayor energía al proceso evapotranspirativo estuvo comprendido entre mayo y junio de 2020, que coincidió con

Tabla 5. Balance de energía en un sistema de cultivo de maíz intercalado con café, entre los meses 2 y 15 después de la renovación por zoca.

mes_año	H (Calor Sensible)	LE (Calor latente)	G (Calor del suelo)
	(%)		
jun-19	48,2	51,0	0,8
jul-19	44,9	53,9	1,2
ago-19	45,9	52,7	1,4
sep-19	52,4	46,7	0,9
oct-19	46,9	52,4	0,7
nov-19	31,1	67,5	1,4
dic-19	38,3	61,0	0,7
ene-20	31,9	66,7	1,4
feb-20	40,2	59,0	0,9
mar-20	41,2	58,0	0,7
abr-20	32,5	66,1	1,3
may-20	28,0	70,0	2,0
jun-20	26,3	71,8	1,9
jul-20	33,8	64,9	1,3

el segundo ciclo de maíz en etapa de pre y posfloración, con valores superiores o iguales a 70% de la radiación neta disipada en calor latente.

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

Con el fin de evaluar los componentes del balance hídrico en un sistema de producción de café a libre exposición, se establecieron predios hidrológicos en las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito y El Tambo, en los que se monitoreó la lluvia, lluvia efectiva, la humedad del suelo a diferentes profundidades, el potencial hídrico, la temperatura y la humedad relativa. En Paraguaicito, el cultivo se monitoreó en la etapa de zoca con maíz intercalado (ZMI), mientras que, en las Estaciones

Tabla 6. Dinámica de la evapotranspiración del cultivo (ETc) en mm día⁻¹, evapotranspiración de referencia (ETo) en mm día⁻¹, y el coeficiente del cultivo (Kc), en un sistema de maíz intercalado con café en estado de zoca.

Año-mes	Etapa Maíz	Etapa café	ETc - mm	EE ETc*	ETo - mm	EE ETo	Kc	EE Kc
jun-19	Vegetativa	Vegetativa	2,4	0,15	3,6	0,21	0,70	0,04
jul-19	Vegetativa	Vegetativa	2,6	0,10	3,4	0,19	0,81	0,04
ago-19	Floración	Vegetativa	1,9**	0,14	2,5	0,18		
sep-19	Llenado	Vegetativa	1,8**	0,15	2,9	0,19		
oct-19	Cosecha	Vegetativa	2,6	0,10	3,8	0,22	0,72	0,03
nov-19		Vegetativa	3,4	0,18	3,7	0,20	0,94	0,03
dic-19		Vegetativa	3,1	0,16	3,7	0,22	0,87	0,05
ene-20		Vegetativa	3,5	0,22	3,6	0,22	0,99	0,04
feb-20		Vegetativa	2,2	0,13	2,9	0,17	0,79	0,04
mar-20	Vegetativa	Vegetativa	2,5	0,15	3,1	0,19	0,84	0,05
abr-20	Vegetativa	Floración	3,2	0,21	3,1	0,17	1,06	0,06
may-20	Floración	Reproductiva1	3,6	0,20	2,3	0,14	1,64	0,09
jun-20	Llenado	Reproductiva1	3,8	0,26	2,6	0,20	1,51	0,06
jul-20	Cosecha	Reproductiva1	3,5	0,21	2,7	0,21	1,32	0,07

*EE = Error estándar

**Valores de evapotranspiración real (ETr), que corresponde a la evapotranspiración que se calcula en condiciones de cultivo no óptimas, en este caso con limitación por agua.

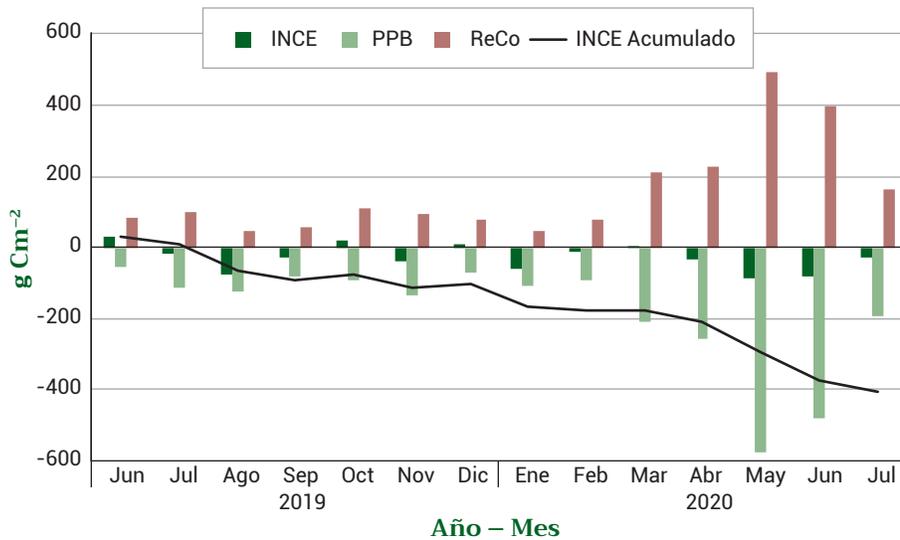


Figura 3. Flujos de carbono mensual, g m⁻² de C, en un sistema de producción de café en etapa de zoca, a libre exposición solar. Los valores negativos corresponden a fijación y los positivos a emisión. Intercambio neto de carbono del ecosistema (INCE), productividad primaria bruta (PPB), respiración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

Naranjal y El Tambo, en etapa productiva (CLE), en el último año previo a la renovación por zoca. Se determinaron las características físicas del suelo a las cuatro profundidades en las que están instalados los sensores (0 a 10 cm, 10 a 40 cm, 40 a 60 cm y 60 a 70 cm). Se analizó la relación entre la lluvia externa, la lluvia efectiva y la interceptación

con intensidades de lluvia en 5 minutos, horaria y diaria. Los coeficientes de regresión obtenidos para la Estación El Tambo muestran que la lluvia efectiva corresponde entre el 82% y 87% de la lluvia externa, para las tres intensidades evaluadas, en Naranjal entre el 77% y el 93% y en Paraguaicito entre el 74% y 76%. Sin embargo, la lluvia efectiva expresada en porcentaje de la lluvia externa, varía según el rango de intensidad; bajo las tres escalas temporales evaluadas los porcentajes más altos de interceptación corresponden a las menores intensidades de lluvia (Tabla 7). Los resultados preliminares de la modelación de la lluvia efectiva y comparación con las mediciones reales muestran que, el modelo usado actualmente subestima la lluvia efectiva entre el 26% y 46% respecto a los valores observados.

Tabla 7. Lluvia efectiva e interceptación acumulada (expresadas en porcentaje de la lluvia externa) medido en los predios hidrológicos en Paraguaicito, Naranjal y El Tambo, a nivel de 5 minutos, horario y diario (Promedio ± error estándar).

5 minutos						
Rango de lluvia (mm)	El Tambo		Naranjal		Paraguaicito	
	Interceptación	Lluvia efectiva	Interceptación	Lluvia efectiva	Interceptación	Lluvia efectiva
<1	25,6 ± 1,6	73,6 ± 1,6	24,3 ± 2,2	72,7 ± 2,3	37,5 ± 1,0	60,8 ± 1,0
1-5	12,3 ± 1,5	87,0 ± 1,6	17,4 ± 3,1	75,1 ± 4,3	26,0 ± 1,1	72,6 ± 1,2
5-10					23,9 ± 2,5	76,1 ± 2,5
1 Hora						
Rango de lluvia (mm)	El Tambo		Naranjal		Paraguaicito	
	Interceptación	Lluvia efectiva	Interceptación	Lluvia efectiva	Interceptación	Lluvia efectiva
<1	40,1 ± 3,4	59,9 ± 3,4	75,5 ± 4,2	24,5 ± 4,2	55,6 ± 1,8	44,4 ± 1,8
1-5	9,6 ± 1,7	90,4 ± 1,7	30,9 ± 5,8	69,1 ± 5,8	36,1 ± 2,2	63,9 ± 2,2
5-10	7,3 ± 3	92,7 ± 3	26,2 ± 10	73,8 ± 10	34,6 ± 3,7	65,4 ± 3,7
10-20					28 ± 4,7	72 ± 4,7
20-30					29,3 ± 9,7	70,7 ± 9,7
30-40					20,9 ± 3,6	79,1 ± 3,6

Continúa...

...continuación.

1 Día						
Rango de lluvia (mm)	El Tambo		Naranjal		Paraguaicito	
	Intercepción	Lluvia efectiva	Intercepción	Lluvia efectiva	Intercepción	Lluvia efectiva
<1	28,6 ± 9,5	71,4 ± 9,5	73,5 ± 12,2	26,5 ± 12,2	44 ± 4,6	56 ± 4,6
1-5	15,2 ± 4,2	84,8 ± 4,2	23,2 ± 9,7	76,8 ± 9,7	39,1 ± 3,1	60,9 ± 3,1
5-10	15,9 ± 9,9	84,1 ± 9,9	25,4 ± 5,9	74,6 ± 5,9	39,1 ± 5,4	60,9 ± 5,4
10-20	3,9 ± 1,2	96,1 ± 1,2	37,4 ± 13,1	62,6 ± 13,1	29,7 ± 3,9	70,3 ± 3,9
20-30	16,4 ± 8,4	83,6 ± 8,4			32,9 ± 6,5	67,1 ± 6,5
30-40					30,8 ± 8	69,2 ± 8
>40					20,4 ± 4	79,6 ± 4

BIO101001. Aplicación del modelo de simulación matemática para la elaboración de mapas de riesgo por broca del café.

Una vez validado el modelo de simulación para el comportamiento de la infestación de la broca del café y teniendo los escenarios de clima requeridos para correr el programa, se generaron los mapas de riesgo para los departamentos de Antioquia y Caldas. Un mapa de riesgo es una herramienta que puede ser utilizada como alerta temprana, dado que ilustra, con diez meses de anticipación, el nivel de infestación por broca al momento de la cosecha si no se toman las medidas de manejo oportuno, según el escenario del ENSO que se tenga pronosticado. Mientras que un mapa de vulnerabilidad, en cualquiera de los eventos ENSO, son únicos, el mapa de riesgo cambia cada año, dado que además de la temperatura media diaria, intervienen las siguientes variables a nivel diario: la humedad relativa, la precipitación, el número de horas de brillo solar y las relacionadas con el cultivo, como la edad, la densidad y la latitud.



El procedimiento en la construcción de mapas de riesgo para un departamento, fue el siguiente:

1. Mediante técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando el software ArcGIS en su versión 10.3.1, a partir de los Ecotopos Cafeteros y de la información actualizada del Sistema de Información Cafetera (SIC@, 2019), se generó la máscara para el departamento con el número de píxeles correspondientes. Cada píxel representa un área de 1 km², incluyendo como mínimo un predio cafetero. En cada píxel, se obtuvo a nivel diario (por un año), la siguiente información de clima: temperatura, humedad relativa, precipitación

y número de horas de brillo solar, para cada escenario de El Niño Oscilación Sur (ENOS), tomando como referencia los años 1990, como escenario Neutro; entre mayo de 1997 y abril de 1998, como escenario El Niño; el año 1999 como escenario La Niña.

- Con la información de temperatura, se obtuvieron por año las unidades térmicas acumuladas (UTA), para cada ENSO y cada píxel. Teniendo como referencia el Neutro, se agruparon los pixeles de acuerdo con la distribución percentílica de UTA, de cinco en cinco, obteniendo así veinte grupos.
- Para cada grupo se verificó la diferencia entre ENSOS (El Niño, La Niña y Neutro), con la prueba de Duncan al 5%.
- Se verificó que en al menos 15 de los 20 grupos, difirieran en la temperatura y humedad relativa, con la prueba de Duncan al 5%. Además, se estimó el promedio de la latitud por grupo píxel y en general.
- Con la información del diagnóstico de broca del mes de enero, del año para el cual se elaboró el mapa de riesgo, se obtuvo el percentil 90 y/o 95 para las variables número de frutos perforados por broca en el árbol y en el suelo, y el promedio de la edad y de la densidad por lote evaluado.
- Con el promedio de edad por lote se construyó el escenario de clima, desde la fecha de siembra hasta el año en el cual se va hizo la simulación del comportamiento de la infestación. Dichos escenarios se elaboraron de acuerdo con el registro en los años anteriores de lo demarcado mensualmente por el ONI y en el año a simular la infestación, por el pronóstico que se tenga del mismo.
- Para cada grupo, se simuló el comportamiento de la infestación por broca, de acuerdo con la estructura del nivel de V de producción (producción-broca), teniendo como entrada al modelo la siguiente información: fecha de siembra, latitud, densidad, variedad, número de frutos perforados por broca en el árbol y en el suelo (del mes de enero), y a nivel diario, desde la siembra hasta el año en el cual se simuló la infestación: temperatura, número de horas de brillo solar, humedad relativa y precipitación.
- Con la infestación simulada en el mes de la cosecha principal, para cada grupo, se elaboró el mapa de riesgo.

En este período, se elaboraron los mapas de riesgo para los departamentos de Antioquia y Caldas, en los años 2015, 2016 y 2020 y se tomó en el mes de julio, la infestación media simulada por grupo-lote, con el objetivo de ver el cambio en la dinámica de la infestación al mes de la recolección y evaluar el modelo con respecto a la infestación promedio obtenida en el diagnóstico del mes de julio del año para el cual se construyó el mapa de riesgo.

En el departamento de Caldas, en todos y cada uno de los grupos, se diferenciaron los ENSO (El Niño, La Niña y Neutro) en el promedio de UTA y humedad relativa, de acuerdo con la prueba de Duncan al 5%; y en el departamento de Antioquia igual resultado exceptuando el primer grupo (percentil 5), donde La Niña y el Neutro fueron iguales en UTA y Neutro y El Niño iguales en humedad relativa. En ambos departamentos se verificó que en al menos 15 de los 20 grupos fueran diferentes en el promedio de UTA y humedad relativa, según prueba de Duncan al 5%.

En las Tabla 8 y 9 se ilustran aspectos relacionados con la simulación de la infestación para los departamentos de Caldas y Antioquia. El resultado de la simulación, en cada uno de los años simulados, para cada departamento, mostró que el valor promedio simulado de infestación por grupo-lote, es igual estadísticamente a la infestación estimada, de acuerdo con los registros del diagnóstico de broca en el mismo mes.

Tabla 8. Aspectos relacionados con la simulación del comportamiento de la infestación – Antioquia.

Tema	Año		
	2015	2016	2020
Número de árboles por hectárea (densidad)	5.629	5.360	5.340
Edad (años)	4,1	4,5	5,3
Frutos brocados árbol	5	9	3
Frutos brocados suelo	2	1	2
Número de pixeles	10.792	10.792	10.792
Infestación diagnóstico			
Límite inferior	2,33	3,05	2,03
Límite superior	2,88	4,22	2,99
Promedio	2,61	3,63	2,51
Infestación simulada	2,55	3,80	2,30

Tabla 9. Aspectos relacionados con la simulación del comportamiento de la infestación – Caldas.

Tema	Año		
	2015	2016	2020
Número de árboles por hectárea (densidad)	5.539	5.429	5.272
Edad (años)	4,0	4,4	4,8
Frutos brocados árbol	5	8	5
Frutos brocados suelo	2	1	1
Número de pixeles	2.932	2.932	2.932
Infestación diagnóstico			
Límite inferior	2,55	3,77	1,85
Límite superior	3,34	4,77	3,17
Promedio	2,94	4,27	2,51
Infestación simulada	2,99	4,08	2,89

Teniendo en cuenta que en los años 2015- 2016, se presentó el evento El Niño más fuerte en los últimos 100 años, se observa para cada departamento una dinámica diferente, dado por el cambio del porcentaje de pixeles en cada nivel de infestación, entre el mes de julio y el mes de la cosecha principal (Tablas 10 y 11). También se observa el cambio del comportamiento de la infestación entre los años 2015, 2016 y 2020 dentro del mismo departamento (Figuras 4 a la 9); para el año 2020, los tres primeros meses fueron El Niño y desde abril hasta agosto Neutro.

Finalmente, los mapas de riesgo son una herramienta que indica el nivel de infestación dentro de los departamentos como entre ellos, 10 meses antes de la recolección principal, por lo tanto, se tendría una alerta temprana.

Tabla 10. Proporción de pixeles para cada nivel de infestación por broca simulada – Antioquia.

Nivel de infestación (%)	Año 2015		Año 2016		Año 2020	
	Julio	Octubre	Julio	Octubre	Agosto	Octubre
<= 2	40	-	30	15	45	35
> 2 y <= 5	60	35	35	25	55	20
> 5 y <= 10	-	25	35	25	-	45
> 10	-	40	-	35	-	-

Tabla 11. Proporción de pixeles para cada nivel de infestación por broca simulada – Caldas.

Nivel de infestación (%)	Año 2015		Año 2016		Año 2020	
	Julio	Octubre	Julio	Octubre	Agosto	Octubre
<= 2	30	-	20	-	30	20
> 2 y <= 5	60	25	45	25	70	20
> 5 y <= 10	10	30	35	15	-	60
> 10	-	45	-	60	-	-

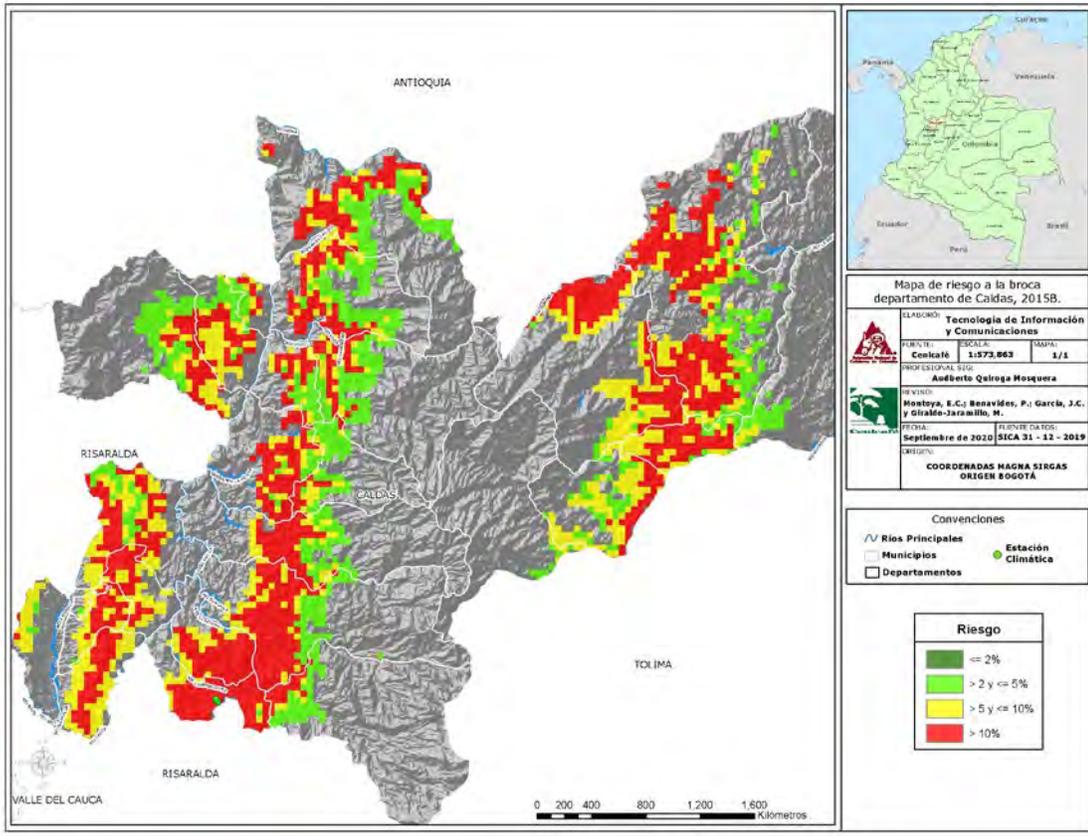


Figura 4. Mapa de riesgo Caldas año 2015.

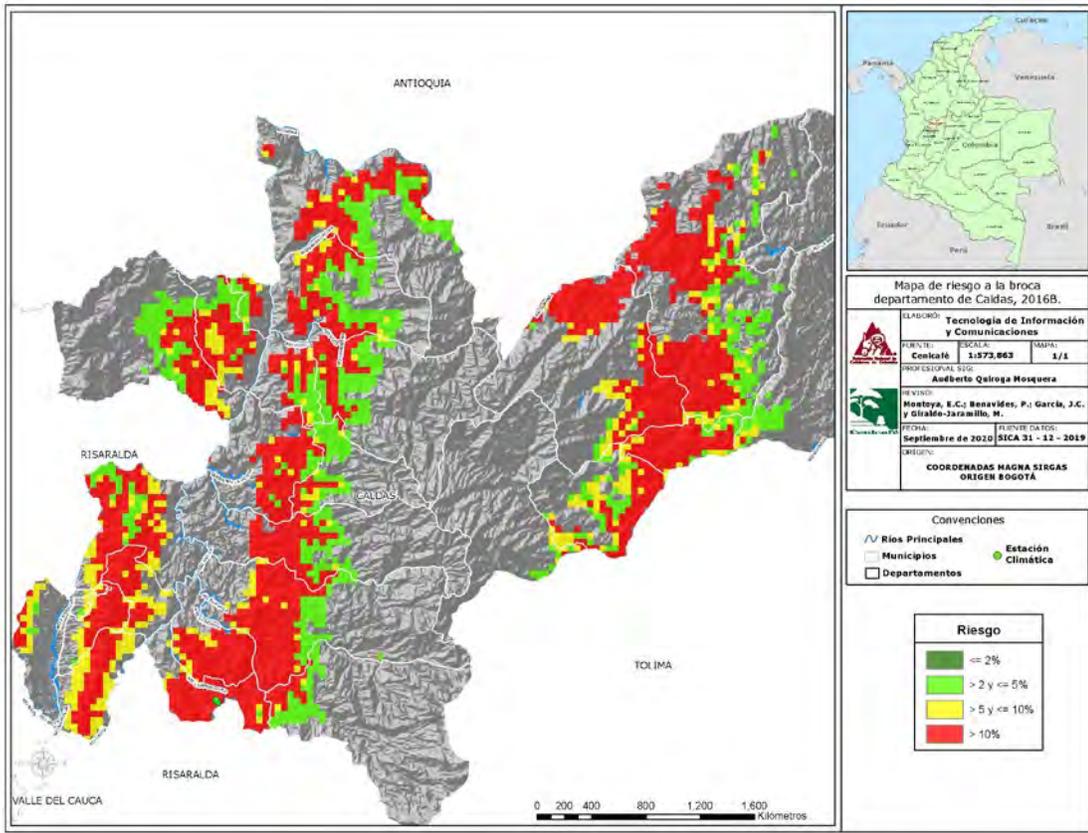


Figura 5. Mapa de riesgo Caldas año 2016.

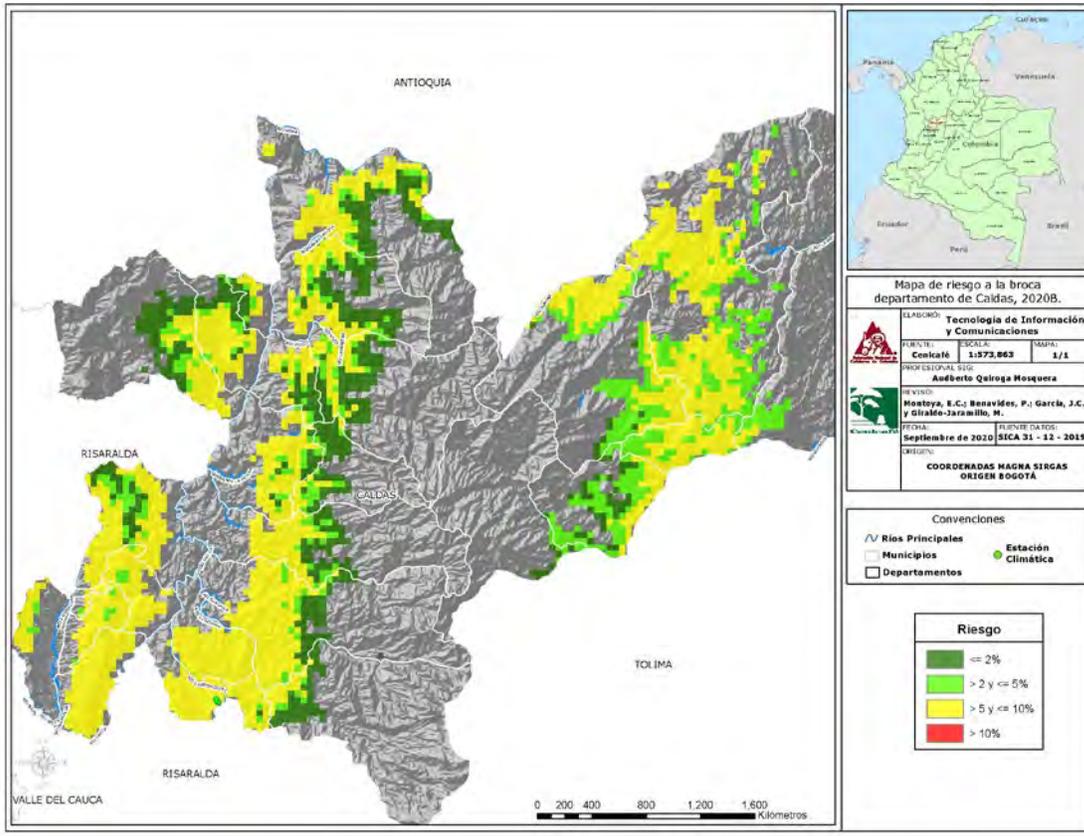


Figura 6. Mapa de riesgo Caldas año 2020.

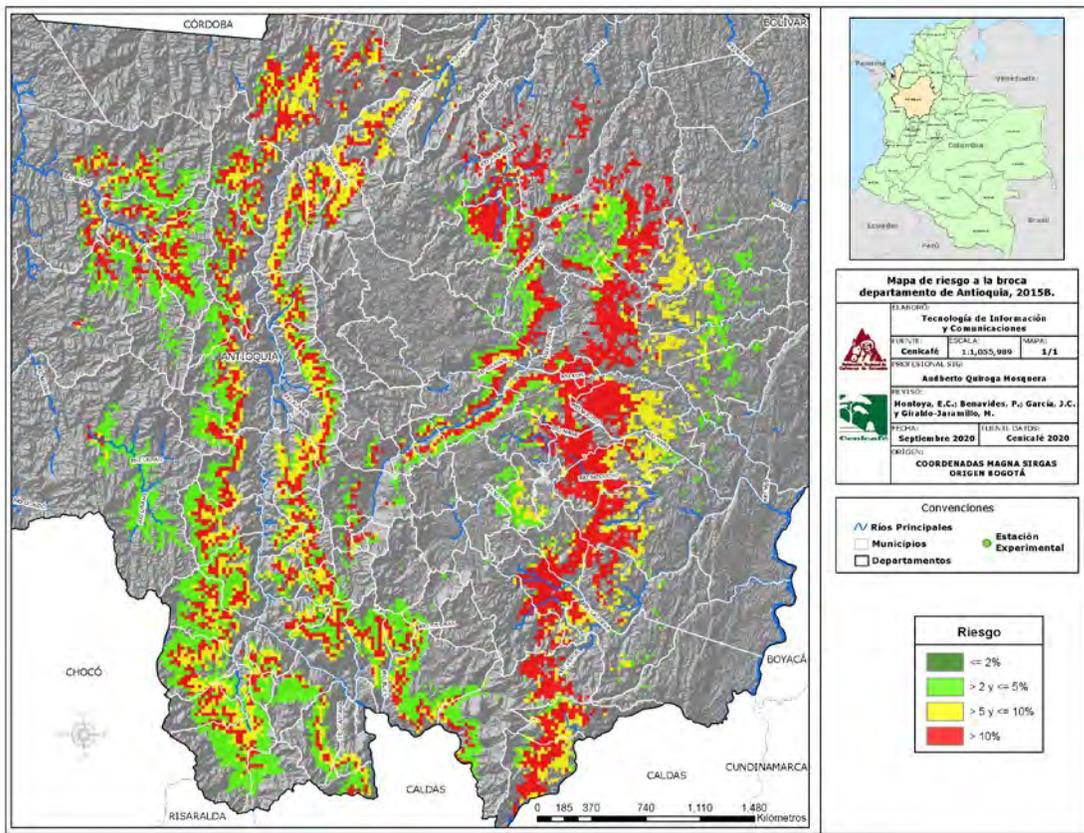


Figura 7. Mapa de riesgo Antioquia año 2015.

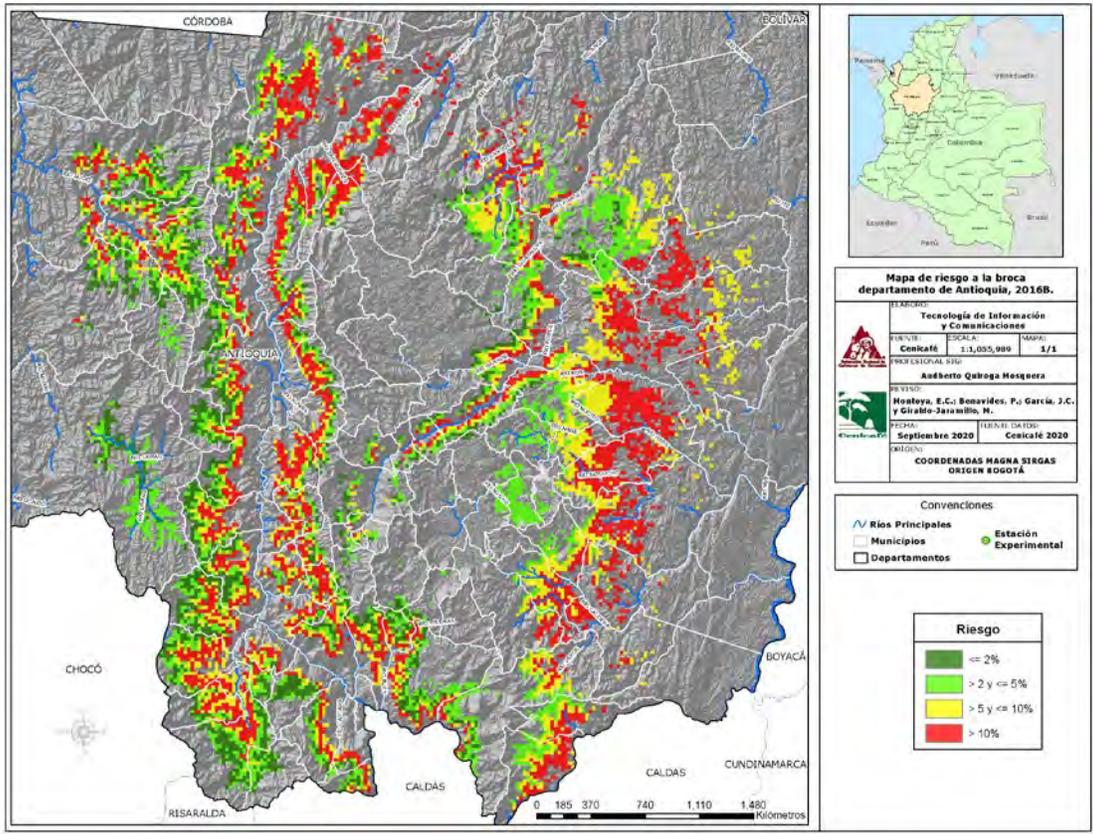


Figura 8. Mapa de riesgo Antioquia año 2016.

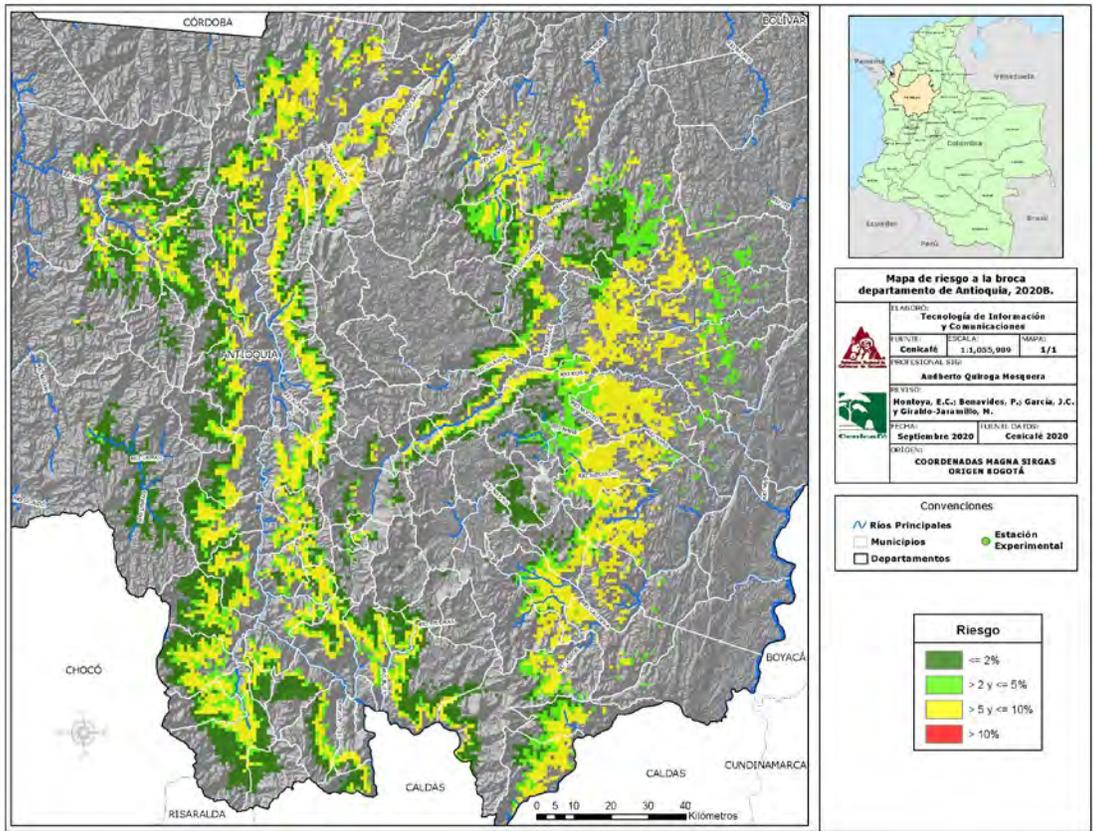


Figura 9. Mapa de riesgo Antioquia año 2020.

Calidad

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

En el 2020 están en ejecución nueve proyectos de investigación, uno asociado a la caracterización de la calidad y composición química de Ecotopos Cafeteros. Están en desarrollo proyectos asociados a la determinación de la composición química del grano tostado, la definición de una función discriminante para identificar la procedencia de café verde y la clasificación de la calidad sensorial del café almendra verde mediante la técnica NIRS. Dentro de las investigaciones asociadas al almacenamiento del café, está en ejecución la evaluación de diferentes empaques y condiciones de almacenamiento para café. En los procesos para conservar y potenciar la calidad se están adelantando las evaluaciones del efecto de la interrupción del proceso de secado, identificación del proceso de secado para la obtención de cafés naturales y la evaluación del grado de madurez en la calidad del café. Finalizaron tres investigaciones en la línea de composición química del café: la asociada a la determinación de la composición química del grano de café mediante la técnica NIRS para café verde y dos proyectos donde se hizo la caracterización de la composición química del café



en los componentes lípidos, ácidos orgánicos, cafeína, azúcares, aminoácidos, antioxidantes y ácidos clorogénicos en las variedades Castillo®, Tabi y Cenicafé 1. Finalizaron los proyectos de la determinación de la actividad de agua para café pergamino seco y verde, que tienen porcentajes de humedad dentro de los rangos establecidos (10%-12%) y la evaluación del efecto de temperaturas y tiempos de tueste en la calidad sensorial y composición química del café en seis variedades: Cenicafé 1, Castillo® General, Castillo® Naranjal, Castillo® Pueblo Bello, Castillo® El Tambo y Tabi.

CAL102003. Identificación del procedimiento de secado para la obtención de café natural. Con el objetivo de identificar el procedimiento de secado adecuado para la obtención de café natural, se están evaluando cinco diferentes procesos con café de la variedad Cenicafé 1. Se realizó el seguimiento del secado con tres repeticiones, mediante el monitoreo de la pérdida de peso (Figura 10), el tiempo y la temperatura. Se realizó el análisis físico, sensorial, toxicológico, microbiológico y de composición química tanto por métodos directos como indirectos (NIRS).

Los resultados preliminares muestran que el café con el secado 100% solar, se presentó el promedio más alto de almendra sana (con respecto a la almendra total) 90,5%, comparable con el café lavado de un 92,1%. El porcentaje promedio de merma en el café natural es 50,75%. En cuanto al análisis sensorial, el 88% de las muestras evaluadas presentó puntaje en la escala SCA por encima de 83 puntos (Figura 11) y el 11% de defecto fermento.

Los promedios de los contenidos de lípidos se encontraron en el rango de 10,01% - 11,39% (base seca) para café natural y lavado. El contenido de cafeína se encontró en promedio para los

tratamientos entre 1,05% - 1,20% y entre 1,04% - 1,08% para trigonelina en café natural y lavado, respectivamente. En cuanto a la composición de ácidos grasos, se identificó como mayoritario el ácido palmítico, sus contenidos estuvieron entre 38,4% - 41,2%, seguido del ácido linoleico entre 31,9% - 36,8%, ácido oleico entre 9,3% - 11,8%, ácido esteárico entre 9,2% - 11,6% y ácido araquídico entre 4,4% - 6,5%. Respecto al contenido de ochratoxina A (OTA), en promedio, las muestras de café natural presentaron 14,9 $\mu\text{g kg}^{-1}$ mientras que el café lavado presentó un promedio de 2,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$. La Comisión Europea en el Reglamento (CE) No. 472/2002 fija los límites máximos de OTA de café tostado e instantáneo en 4 $\mu\text{g kg}^{-1}$.

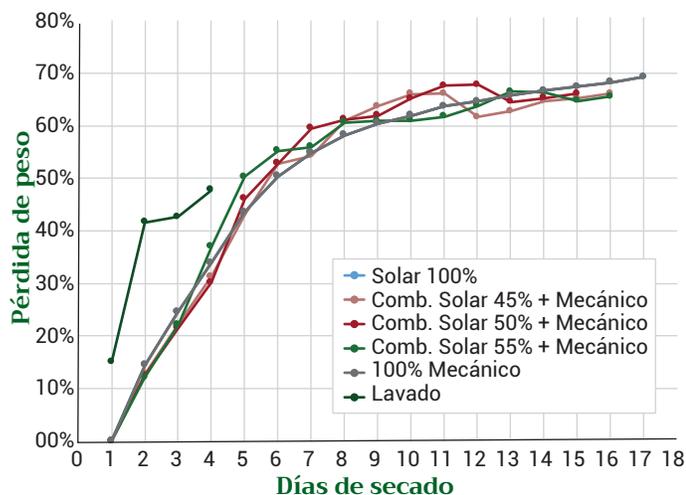


Figura 10. Proporción de pérdida de peso del café natural y lavado en cada tratamiento de secado.

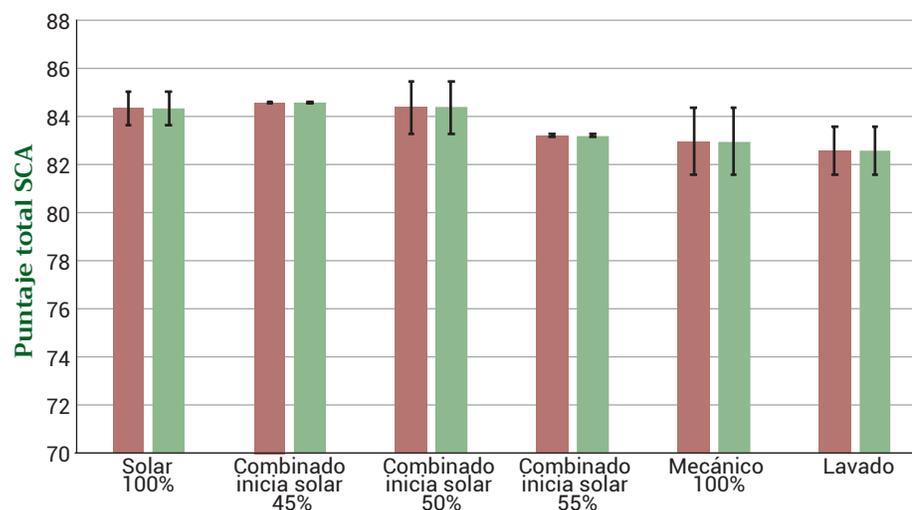


Figura 11. Evaluación sensorial método SCA del café natural y café lavado sin defecto. Promedio e intervalos de confianza del puntaje total.

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

La caracterización de la fracción lipídica del café se llevó a cabo durante dos años de cosecha, a partir del grano de café verde de las variedades Tabi, Cenicafé 1 y las variedades Castillo® Naranjal, Castillo® El Tambo y Castillo® Pueblo Bello, procedentes de lotes cultivados en diferentes localidades de Colombia. Se determinaron los contenidos de lípidos totales, la composición de ácidos grasos (palmítico, esteárico, oleico, linoleico, araquídico) y los isómeros α -, β -, γ -, y δ - tocoferol (Tabla 12). Las muestras de las diferentes variedades se evaluaron sensorialmente, según la norma NTC 4883. El contenido promedio de lípidos totales varió entre 10,7% - 12,3% en base seca (b.s), con diferencias significativas para la variedad Tabi respecto a las demás variedades. Los contenidos promedios de tocoferoles (vitamina E) estuvieron en el rango entre 40,6 - 60,2 mg de vitamina E / 100 g aceite de café, se destaca el isómero α -tocoferol por contenidos superiores a los reportados por otros autores. En cuanto a la composición de ácidos grasos, se identificaron como ácidos mayoritarios al ácido palmítico con un contenido entre 38,7% - 40,5%, seguido por el ácido linoleico con un contenido promedio entre 34,1% - 37,9%. Respecto a la evaluación sensorial, el atributo impresión global clasificó en promedio la calidad sensorial de las variedades como muestras estándar.

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

Esta investigación identificó las diferencias en la composición química del café de Colombia en las variedades Tabi, Cenicafé 1, Castillo® Naranjal (zona Centro), Castillo® El Tambo (zona Sur), Castillo® Pueblo Bello (zona Norte). Se presentan los resultados de las cosechas del año 2017 y 2018, tomando en cada cosecha tres pases, para un total de 72 muestras. Se analizó el perfil sensorial y químico, donde los atributos sensoriales para la mayoría de las muestras presentaron calificación por encima de 80 puntos en la escala SCA, destacándose la muestra de zona sur (Castillo El Tambo), con el mayor puntaje

Tabla 12. Composición química de la fracción lipídica de café verde de variedades mejoradas.

Variedad Castillo® El Tambo							
Compuesto químico	Unidad	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Límite inferior de la media (95%)	Límite superior de la media (95%)
Lípidos	%	9,63	14,64	11,64	1,03	11,43	11,85
Ácido palmítico		35,81	43,37	39,55	1,69	39,20	39,89
Ácido linoleico		33,50	40,96	37,65	1,67	37,31	37,99
Ácido oleico		9,53	12,60	11,32	0,77	11,16	11,47
Ácido esteárico		6,70	9,61	7,76	0,49	7,66	7,86
Ácido araquídico		3,15	4,75	3,87	0,33	3,81	3,94
β+γ-tocoferol	mg 100g	17,82	43,62	31,22	5,25	29,99	32,44
α-tocoferol		20,03	53,63	37,65	7,79	35,83	39,48
Variedad Castillo® Pueblo Bello							
Compuesto químico	Unidad	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Límite inferior de la media (95%)	Límite superior de la media (95%)
Lípidos	%	9,02	14,89	11,59	1,38	11,19	11,98
Ácido palmítico		35,22	44,11	38,71	1,92	38,16	39,25
Ácido linoleico		32,23	42,30	37,91	2,21	37,29	38,54
Ácido oleico		9,89	12,97	11,72	0,91	11,46	11,98
Ácido esteárico		6,33	9,38	7,48	0,65	7,30	7,66
Ácido araquídico		3,19	6,06	4,18	0,52	4,04	4,33
β+γ-tocoferol	mg 100g	27,51	55,63	40,90	8,05	38,38	43,43
α-tocoferol		27,57	64,41	44,84	10,32	41,60	48,08
Variedad Cenicafé 1							
Compuesto químico	Unidad	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Límite inferior de la media (95%)	Límite superior de la media (95%)
Lípidos	%	7,99	12,48	10,66	1,04	10,36	10,95
Ácido palmítico		35,49	47,89	39,86	2,18	39,24	40,47
Ácido linoleico		28,50	39,42	35,21	2,40	34,54	35,89
Ácido oleico		9,50	13,85	10,97	1,06	10,67	11,27
Ácido esteárico		7,20	10,75	9,21	0,69	9,01	9,40
Ácido araquídico		3,79	5,69	4,72	0,38	4,62	4,83
β+γ-tocoferol	mg 100g	14,35	39,56	27,83	6,79	25,70	29,96
α-tocoferol		17,40	45,32	32,70	6,39	30,69	34,70

Continúa...

...continuación.

Variedad Tabi							
Compuesto químico	Unidad	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Límite inferior de la media (95%)	Límite superior de la media (95%)
Lípidos	%	7,99	12,48	10,66	1,04	10,36	10,95
Ácido palmítico		35,49	47,89	39,86	2,18	39,24	40,47
Ácido linoleico		28,50	39,42	35,21	2,40	34,54	35,89
Ácido oleico		9,50	13,85	10,97	1,06	10,67	11,27
Ácido esteárico		7,20	10,75	9,21	0,69	9,01	9,40
Ácido araquídico		3,79	5,69	4,72	0,38	4,62	4,83
β + γ -tocoferol	mg 100g	14,35	39,56	27,83	6,79	25,70	29,96
α -tocoferol		17,40	45,32	32,70	6,39	30,69	34,70

(85 puntos), en sus propiedades físicas no hubo diferencias significativas entre las muestras.

En la composición química, en la cantidad de los azúcares determinados, se destaca la sacarosa con una concentración en promedio de $8,1\% \pm 0,49$; no hubo diferencias significativas entre las muestras analizadas (Figura 12). Resultados similares se encontraron en los compuestos fenólicos y flavonoides, con concentraciones promedio de $63 \pm 3,2$ mg equivalente de ácido gálico/g muestra y $85 \pm 4,6$ mg equivalente de catequina/g muestra. En la composición de ácidos clorogénicos totales, en promedio las muestras presentaron una concentración de $4,6\% \pm 0,11$, la muestra del Castillo® General con $4,2\% \pm 0,26$ (zona Centro) presenta diferencia significativa con respecto a las otras variedades según análisis de varianza, con nivel de confianza del 95% (Figura 13). En la composición de aminoácidos se identificaron diez en total, de los cuales la alanina se encontró en mayor concentración en las muestras de Castillo® Naranjal (zona centro), y el ácido aspártico con mayor concentración en las localidades de Naranjal (zona Centro) y Pueblo Bello (zona Norte) (Figura 13).

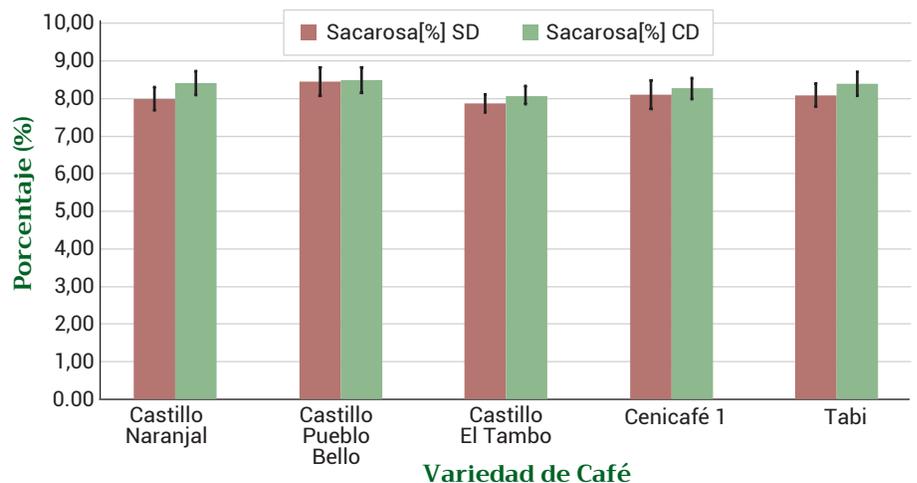


Figura 12. Porcentaje promedio del contenido de sacarosa e intervalos de confianza en muestras de café verde.

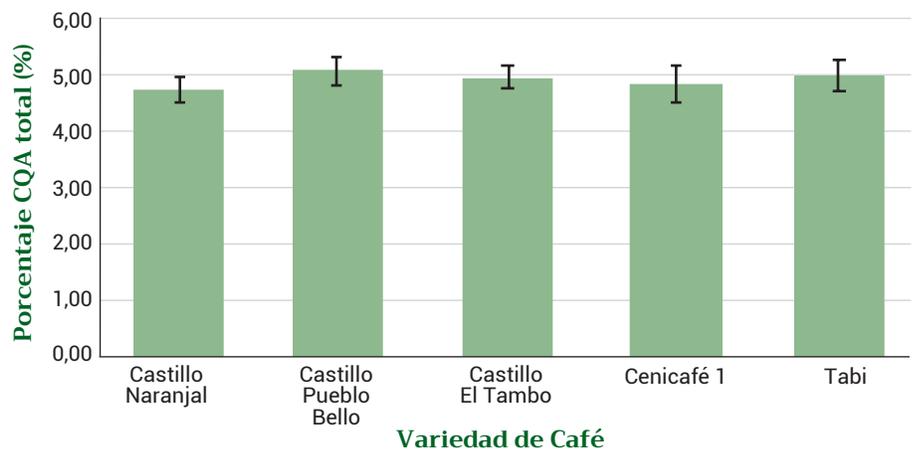


Figura 13. Porcentaje promedio del contenido de ácidos clorogénicos totales e intervalos de confianza en muestras de café verde.

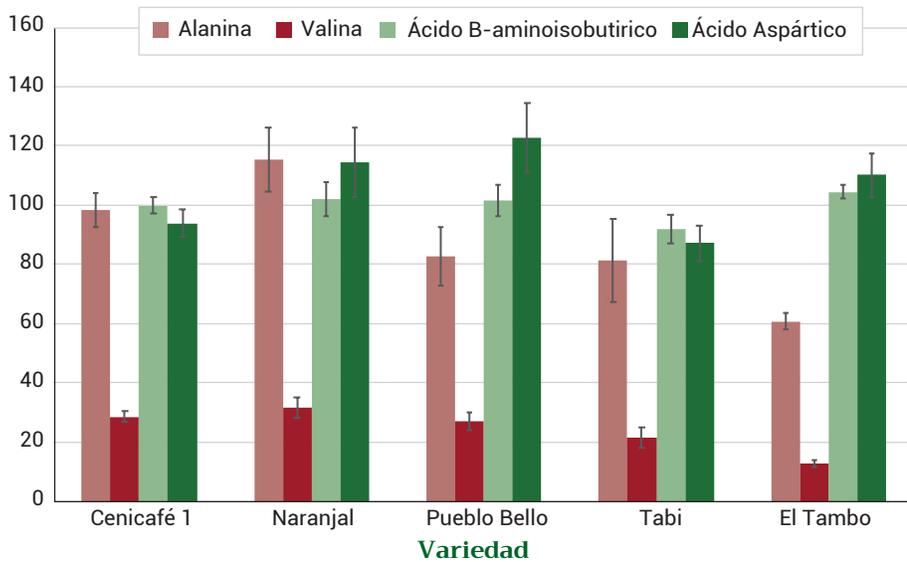


Figura 14. Porcentaje promedio del contenido de aminoácidos e intervalos de confianza en muestras de café verde.

en cada caso, el porcentaje de humedad según la norma ISO 6673 y la actividad de agua. De las muestras analizadas en café pergamino seco, el 60,0% estuvieron en el rango óptimo de humedad, con valor promedio de 11,05% y actividad de agua de 0,6184. Las muestras de café excelso no presentaron porcentajes de humedad inferiores al 10%. El 97,0% de las muestras estuvieron en el rango óptimo de humedad con un valor promedio de 11,34% y actividad de agua de 0,6175 en promedio. Se comprobó que el café pergamino seco y excelso, con porcentajes de humedad dentro de los rangos establecidos, siempre obtienen valores de actividad de agua inferiores a 0,62 lo que lo hace un producto poco susceptible al deterioro.

La calidad física y sensorial y la composición química de las muestras analizadas se presentan en las Tablas 14, 15 y 16. Las muestras

CAL104010. Determinación de errores de estimación de la ecuación ajustada por la técnica espectroscopia de infrarrojo cercano - NIRS para compuestos químicos de café verde molido.

Finalizó la investigación que permitió validar las curvas de calibración para 13 compuestos químicos en café verde almendra, a partir de la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS). Los análisis de correlación de Pearson y Blan Altman, establecieron la concordancia entre los resultados de muestras evaluadas por técnicas analíticas primarias y paralelamente por NIRS. Los compuestos químicos que presentaron un error de estimación inferior al 6% fueron cafeína, sacarosa, ácidos clorogénicos totales (CQA por sus siglas en inglés), isómeros de ácidos clorogénicos 4-CQA y 5-CQA, lípidos totales, ácidos grasos araquídico, esteárico y palmítico. La trigonelina y el ácido linoleico presentaron un error del 7% y el ácido oleico 11% (Tabla 13). Los resultados que soportaron la investigación permiten garantizar la predicción de estos compuestos y los resultados confirman la confiabilidad de la técnica NIRS, como un método secundario para predecir los compuestos químicos evaluados.

Tabla 13. Error relativo de predicción para cada una de las variables químicas evaluadas.

Compuesto químico	Error relativo de predicción (%)
A. Palmítico	0,2
Isómero 3-CQA	0,6
A. Esteárico	0,7
Isómero 5-CQA	0,9
A. Araquídico	0,9
Sacarosa	0,9
Ácidos clorogénicos totales	3,7
Cafeína	4,5
Isómero 4-CQA	4,9
Lípidos Totales	6,1
A. Linoleico	7,4
Trigonelina	7,9
A. Oleico	11,0

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

El principal criterio para la comercialización y descripción del comportamiento de la vida útil del café durante el almacenamiento es el porcentaje de humedad. Actualmente existe controversia sobre los valores de actividad de agua en café pergamino y verde, y si estos podrían convertirse en un criterio para rechazar compras de café que cumplan con el porcentaje de humedad. Por esta razón, se tomaron 200 muestras de café pergamino seco y de café excelso, determinando

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

En la Tabla 16 se presentan los valores promedio y la desviación estándar para los siguientes compuestos químicos: ácidos clorogénicos, cafeína, lípidos, sacarosa y trigonelina, de las 200 muestras analizadas.

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

Para evaluar el efecto en la calidad física y sensorial del café,

Tabla 14. Calidad física del café pergamino seco y densidad del café excelso – actividad de agua.

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

Tabla 15. Proporción de muestras por rango del puntaje total obtenido en los análisis sensoriales

Tipo de café	Rango del puntaje final				
	79,0	80,0-81,5	81,5-82,5	82,5-83,5	>83,5
Café pergamino seco	5,19%	49,35%	27,27%	14,29%	3,90%
Café excelso	5,06%	53,16%	22,78%	13,92%	5,06%

Tabla 16. Promedios obtenidos para los compuestos químicos por la técnica NIRS.

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

sometido a interrupciones durante el proceso de secado mecánico, se aplicó un diseño factorial 2 x 4 +1 (dos tiempos iniciales de secado, cuatro tiempos de interrupción y un testigo absoluto), con cinco repeticiones, de las cuales se han realizado tres. Se determinó la humedad intermedia del café pergamino en los tratamientos donde se realizó interrupción, se determinó el porcentaje de almendra sana y pasillas del café pergamino seco. Con la metodología SCA se evaluaron los atributos sensoriales y el puntaje total. En la Tabla 17 se presentan los valores promedio de la humedad para los tratamientos. Cuando se aplicó un tiempo de secado de 12 h, se alcanza a disminuir a valores de 43,7%, una diferencia de 8,4% con la humedad inicial del café lavado. Los tratamientos donde el café se secó inicialmente por seis horas, la humedad se redujo a valores de 50%. En cuanto a la calidad física, todos los tratamientos han estado dentro del rango de un café de buena calidad, con valores promedio de almendra sana entre 75,8% y 79,5%. En la Tabla 18 se presenta la proporción de muestras sin defecto y los defectos sensoriales para todos los tratamientos. El 51,9% de las muestras no han presentado defectos sensoriales. El defecto que se ha presentado con mayor proporción ha sido el terroso, relacionado con malas prácticas durante el secado. Además, se evidencia menor proporción de defectos en los tratamientos en los cuales el tiempo de secado fue mayor antes de la interrupción. Es necesario, finalizar las repeticiones planeadas para verificar si el análisis de varianza, con la variable puntaje total, presenta efecto de tratamientos.

Tabla 17. Promedio de la humedad del café de cada tratamiento, antes y después de las interrupciones.

Tratamiento	Tiempo de secado (h)	Tiempo de interrupción (h)	Humedad del café (%)		
			Antes	Después	Final
1	12	12	44,6%	45,4%	10,8%
2	12	24	43,7%	44,8%	11,6%
3	12	36	46,4%	44,3%	11,3%
4	12	48	42,2%	40,0%	10,7%
5	6	12	49,9%	51,4%	10,4%
6	6	24	51,2%	52,5%	11,1%
7	6	36	50,2%	52,0%	10,0%
8	6	48	50,7%	51,3%	11,2%

Tabla 18. Proporción de muestras sin defecto y con defectos sensoriales

Tratamiento	Tiempo de secado (h)	Tiempo de interrupción (h)	Sin defecto	Fermento	Inmaduro	Terroso
1	12	12	66,67%			33,33%
2	12	24	100,00%			
3	12	36	66,67%			33,33%
4	12	48	66,67%			33,33%
5	6	12	66,67%			33,33%
6	6	24	33,33%		33,33%	33,33%
7	6	36		33,33%	33,33%	33,33%
8	6	48		33,33%		66,67%
9	Testigo		66,67%			33,33%

CAL106003. Evaluación del efecto de temperaturas de tuestión en la calidad del café. Durante el proceso de tostación, el café es sometido a diferentes temperaturas que conducen a cambios físicos y químicos que se reflejan en los atributos sensoriales de la bebida. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la temperatura inicial en la calidad química y sensorial del café de las variedades Cenicafé 1, Castillo® General, Castillo® Naranjal, Castillo® Pueblo Bello, Castillo® El Tambo y Tabi, con cinco tratamientos: la curva base tuvo como temperatura inicial 200°C, dos curvas con incrementos de temperatura a 215°C y 230°C, y dos curvas con disminución de la temperatura de la curva base de tueste a 185°C y 170°C. El café almendra se procesó en una tostadora Probatone 5 (Probat, Alemania). Se registraron tiempos de tueste entre 8 y 12 minutos y definiendo el tiempo final por el color del grano, 55-65 en la escala AGTRON/SCA para café tostado, asegurando un completo desarrollo del mismo. Pudo concluirse que las modificaciones de la temperatura inicial de la curva de tueste no generan modificaciones en la mayoría de los ácidos carboxílicos alifáticos, ácidos grasos, lípidos,

alcaloides, ácidos clorogénicos totales y la fructosa, y estos a su vez no tienen un efecto en la calidad sensorial expresada como puntaje total SCA (Tablas 19 y 20), con tueste en intervalos de tiempo entre 8 a 12 minutos y color final del grano tostado en un rango medio medido en la escala 55-65 AGTRON/SCA.

Con respecto a la composición química del café tostado, el promedio del contenido de lípidos de café tostado de las variedades Cenicafé 1, Castillo® General, Castillo® Naranjal, Castillo® Pueblo Bello, Castillo® El Tambo y Tabi fueron: 10,78%, 12,35%, 11,95%, 12,21%, 11,86% y 14,11% respectivamente. Durante el proceso de tueste, la fracción de lípidos es muy estable y presenta pequeños cambios, los promedios variaron entre 11,83% y 12,47% para los tratamientos 170°C y 230°C, respectivamente. Los promedios de ácidos carboxílicos alifáticos (expresado en g kg⁻¹) fueron: quínico 10,74, succínico 10,10, acético 9,80, cítrico 6,11, málico 2,11, láctico 0,15 y oxálico 0,04 (Tablas 20 y 21).

CAL106004. Panel de catación de Cenicafé. El panel de catación de Cenicafé está conformado por cinco investigadoras certificadas como Q-Grader por el CQI (*Coffee Quality Institute*). Desde la implementación del panel en el 2017 se han analizado sensorialmente 5.010 muestras de café, provenientes de proyectos de investigación y de solicitudes externas (Tabla 23). Cada resultado corresponde al promedio de la evaluación de mínimo tres catadores.

Tabla 19. Promedios de atributos sensoriales y puntaje total SCA para las variedades Castillo® General, Naranjal y Pueblo Bello por curva de tueste.

Atributo sensorial /Curva tuestión	Castillo® General				Castillo® Naranjal				Castillo® Pueblo Bello			
	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
Fragancia/Aroma												
170°C	7,52	7,42	7,63	0,08	7,53	7,44	7,71	0,11	7,73	7,59	8,04	0,18
185°C	7,55	7,46	7,60	0,06	7,56	7,38	7,69	0,15	7,66	7,58	7,73	0,06
200°C	7,61	7,46	7,79	0,12	7,57	7,39	7,69	0,12	7,57	7,50	7,66	0,07
215°C	7,52	7,42	7,60	0,08	7,53	7,42	7,67	0,09	7,56	7,45	7,63	0,07
230°C	7,50	7,46	7,54	0,03	7,52	7,38	7,65	0,11	7,68	7,46	8,25	0,32
Sabor	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
170°C	7,35	7,27	7,44	0,07	7,51	7,36	7,65	0,11	7,60	7,45	7,79	0,12
185°C	7,50	7,25	7,69	0,21	7,50	7,29	7,67	0,15	7,41	7,34	7,47	0,05
200°C	7,54	7,44	7,63	0,08	7,46	7,39	7,61	0,09	7,38	7,31	7,45	0,07
215°C	7,37	7,21	7,56	0,16	7,42	7,31	7,67	0,14	7,48	7,41	7,56	0,06
230°C	7,37	7,27	7,46	0,07	7,34	7,33	7,36	0,01	7,55	7,38	7,96	0,23
Acidez	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
170°C	7,50	7,50	7,52	0,01	7,56	7,43	7,65	0,08	7,56	7,45	7,79	0,14
185°C	7,43	7,29	7,58	0,13	7,49	7,36	7,57	0,10	7,43	7,27	7,56	0,13
200°C	7,45	7,40	7,52	0,06	7,47	7,39	7,57	0,08	7,39	7,27	7,48	0,09
215°C	7,41	7,33	7,56	0,09	7,51	7,40	7,67	0,10	7,45	7,39	7,50	0,04
230°C	7,42	7,29	7,52	0,10	7,39	7,24	7,49	0,10	7,53	7,42	7,83	0,17
Cuerpo	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
170°C	7,46	7,40	7,60	0,08	7,54	7,50	7,61	0,04	7,47	7,38	7,54	0,06
185°C	7,52	7,38	7,65	0,12	7,46	7,32	7,54	0,10	7,45	7,36	7,56	0,09
200°C	7,52	7,48	7,56	0,03	7,46	7,39	7,56	0,07	7,37	7,28	7,45	0,06
215°C	7,43	7,35	7,52	0,06	7,40	7,32	7,47	0,07	7,45	7,41	7,50	0,04
230°C	7,46	7,42	7,54	0,06	7,44	7,38	7,50	0,05	7,49	7,34	7,71	0,14
Balance	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
170°C	7,32	7,25	7,46	0,09	7,49	7,46	7,57	0,04	7,47	7,41	7,58	0,07
185°C	7,39	7,10	7,60	0,21	7,37	7,26	7,43	0,07	7,38	7,27	7,52	0,10
200°C	7,42	7,35	7,46	0,04	7,42	7,35	7,49	0,07	7,30	7,28	7,34	0,03
215°C	7,37	7,21	7,46	0,10	7,35	7,29	7,44	0,06	7,41	7,36	7,47	0,05
230°C	7,34	7,25	7,42	0,07	7,32	7,21	7,40	0,07	7,41	7,29	7,75	0,19

Continúa...

...continuación.

Atributo sensorial /Curva tostión	Castillo® General				Castillo® Naranjal				Castillo® Pueblo Bello			
	Puntaje total	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.
170°C	81,70	81,42	82,35	0,40	82,55	82,04	83,19	0,42	82,76	82,19	83,83	0,65
185°C	82,15	81,08	83,20	1,02	82,15	81,12	82,83	0,66	81,98	81,23	82,73	0,65
200°C	82,42	81,93	82,75	0,31	82,17	81,64	82,70	0,46	81,60	81,31	82,00	0,26
215°C	81,76	81,31	82,37	0,43	81,89	81,40	82,97	0,63	82,10	81,55	82,45	0,34
230°C	81,80	81,44	82,08	0,27	81,64	81,21	82,11	0,35	82,53	81,66	85,08	1,44

Tabla 20. Promedios de atributos sensoriales y puntaje total SCA para las variedades Castillo® El Tambo, Cenicafé 1 y Tabi por curva de tueste.

Atributo sensorial /Curva tostión	Castillo® El Tambo				Cenicafé 1				Tabi			
	Fragancia/Aroma	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.
170°C	7,70	7,54	7,79	0,10	7,57	7,50	7,63	0,06	7,68	7,56	7,77	0,10
185°C	7,77	7,71	7,82	0,05	7,62	7,54	7,67	0,05	7,73	7,65	7,84	0,08
200°C	7,65	7,52	7,75	0,09	7,58	7,54	7,63	0,03	7,66	7,47	7,86	0,14
215°C	7,68	7,66	7,72	0,02	7,52	7,48	7,56	0,04	7,67	7,44	7,79	0,14
230°C	7,68	7,56	7,78	0,08	7,56	7,50	7,60	0,04	7,64	7,61	7,71	0,04
Sabor	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
170°C	7,55	7,50	7,57	0,03	7,48	7,38	7,71	0,14	7,62	7,44	7,71	0,12
185°C	7,63	7,59	7,66	0,03	7,49	7,42	7,54	0,05	7,56	7,50	7,68	0,07
200°C	7,59	7,54	7,66	0,05	7,48	7,42	7,54	0,05	7,55	7,33	7,62	0,12
215°C	7,56	7,50	7,64	0,06	7,43	7,33	7,50	0,07	7,48	7,36	7,59	0,09
230°C	7,59	7,56	7,66	0,04	7,51	7,42	7,69	0,10	7,50	7,41	7,59	0,06
Acidez	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
170°C	7,58	7,54	7,61	0,03	7,54	7,46	7,67	0,08	7,60	7,44	7,79	0,16
185°C	7,70	7,64	7,79	0,06	7,50	7,38	7,63	0,09	7,53	7,50	7,57	0,03
200°C	7,60	7,46	7,68	0,09	7,52	7,46	7,58	0,06	7,53	7,42	7,63	0,08
215°C	7,62	7,50	7,70	0,08	7,51	7,44	7,60	0,06	7,50	7,36	7,66	0,13
230°C	7,60	7,56	7,66	0,05	7,60	7,52	7,81	0,12	7,44	7,39	7,50	0,04
Cuerpo	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
170°C	7,51	7,46	7,57	0,05	7,56	7,50	7,67	0,06	7,61	7,45	7,79	0,14
185°C	7,57	7,48	7,62	0,06	7,48	7,42	7,58	0,07	7,54	7,48	7,64	0,07
200°C	7,60	7,57	7,64	0,03	7,45	7,38	7,58	0,09	7,52	7,38	7,59	0,08
215°C	7,57	7,53	7,59	0,03	7,50	7,44	7,58	0,06	7,46	7,33	7,53	0,08
230°C	7,58	7,53	7,63	0,04	7,52	7,46	7,60	0,06	7,47	7,38	7,54	0,07

Continúa...

...continuación.

Atributo sensorial /Curva tostión	Castillo® El Tambo				Cenicafé 1				Tabi			
	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
Balance												
170°C	7,49	7,37	7,57	0,09	7,48	7,38	7,54	0,07	7,55	7,41	7,68	0,11
185°C	7,57	7,54	7,61	0,03	7,43	7,33	7,58	0,10	7,50	7,43	7,62	0,08
200°C	7,53	7,46	7,59	0,06	7,43	7,33	7,54	0,09	7,46	7,28	7,55	0,11
215°C	7,50	7,48	7,53	0,02	7,37	7,29	7,42	0,05	7,42	7,25	7,55	0,12
230°C	7,54	7,48	7,58	0,04	7,46	7,42	7,52	0,06	7,40	7,30	7,45	0,07
Puntaje total												
170°C	82,79	82,71	83,02	0,13	82,51	82,04	83,46	0,56	83,06	82,09	83,95	0,84
185°C	83,36	83,19	83,62	0,17	82,35	81,88	82,75	0,32	82,62	81,67	83,19	0,58
200°C	83,00	82,43	83,42	0,41	82,27	81,96	82,54	0,27	82,55	81,39	83,05	0,66
215°C	82,89	82,69	83,15	0,20	82,04	81,67	82,33	0,25	82,29	81,26	82,71	0,61
230°C	82,99	82,83	83,27	0,17	82,54	82,21	83,14	0,38	82,19	81,89	82,37	0,19

Tabla 21. Promedios de contenidos de ácidos carboxílicos alifáticos para las variedades Castillo® General, Naranjal y Pueblo Bello por curva de tueste.

Ácido / Curva tueste	Castillo® General				Castillo® Naranjal				Castillo® Pueblo Bello			
	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
Acético												
170°C	8,04	6,92	11,91	2,16	13,06	10,75	14,28	1,36	11,16	8,62	13,52	2,16
185°C	6,85	6,33	7,64	0,50	13,17	11,23	15,29	1,68	10,68	10,26	11,11	0,31
200°C	6,43	5,95	6,82	0,34	13,88	12,28	16,63	1,70	4,97	4,24	6,87	1,09
215°C	6,29	5,84	6,54	0,28	12,89	12,66	13,20	0,21	4,23	3,45	5,07	0,59
230°C	8,70	7,89	9,30	0,51	13,46	12,12	16,57	1,77	11,76	11,32	11,98	0,26
Cítrico												
170°C	5,60	5,22	5,94	0,31	5,44	5,25	5,73	0,19	5,95	5,61	6,30	0,32
185°C	5,77	5,20	6,30	0,52	5,23	4,53	5,78	0,46	5,80	5,62	6,11	0,21
200°C	6,31	5,99	6,65	0,31	5,60	5,48	5,80	0,12	6,06	5,85	6,53	0,28
215°C	5,83	5,57	6,28	0,29	5,56	5,39	5,72	0,12	6,13	5,64	6,77	0,44
230°C	5,95	5,62	6,21	0,23	5,43	5,28	5,70	0,16	5,89	5,02	6,39	0,57
Málico												
170°C	2,30	2,02	2,50	0,18	2,17	1,95	2,53	0,26	1,89	1,76	2,10	0,14
185°C	2,10	1,94	2,38	0,17	1,84	1,63	2,20	0,24	1,99	1,93	2,10	0,08
200°C	2,21	2,03	2,52	0,19	2,07	1,83	2,30	0,21	1,98	1,82	2,13	0,13
215°C	2,24	2,11	2,37	0,10	1,98	1,77	2,14	0,13	1,98	1,77	2,21	0,17
230°C	2,63	2,43	2,76	0,16	1,81	1,64	2,20	0,23	2,16	1,70	2,47	0,33

Continúa...

...continuación.

Ácido / Curva tueste	Castillo® General				Castillo® Naranjal				Castillo® Pueblo Bello			
	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
Oxálico												
170°C	0,05	0,04	0,06	0,01	0,05	0,05	0,06	0,00	0,05	0,04	0,06	0,01
185°C	0,05	0,04	0,06	0,01	0,05	0,05	0,05	0,00	0,04	0,03	0,05	0,01
200°C	0,05	0,04	0,05	0,00	0,05	0,05	0,06	0,00	0,04	0,04	0,05	0,01
215°C	0,05	0,05	0,06	0,00	0,04	0,04	0,05	0,00	0,04	0,04	0,05	0,00
230°C	0,05	0,04	0,06	0,01	0,04	0,03	0,04	0,00	0,04	0,03	0,04	0,00
Quínico												
170°C	11,43	10,37	12,41	0,78	11,79	11,10	12,49	0,62	11,95	10,85	12,86	0,76
185°C	9,57	8,96	10,33	0,49	10,15	9,54	10,89	0,54	10,92	10,06	12,28	0,89
200°C	9,52	8,98	9,99	0,42	10,50	9,65	12,43	1,12	11,09	10,22	12,61	0,90
215°C	11,39	10,55	12,56	0,80	9,84	8,89	10,58	0,77	11,43	9,58	13,49	1,50
230°C	12,31	11,64	14,02	0,98	8,50	7,14	9,44	1,05	12,20	10,43	13,69	1,31
Succínico												
170°C	8,24	6,82	10,35	1,38	8,94	8,62	9,23	0,22	11,96	11,41	12,89	0,67
185°C	9,32	7,43	10,34	1,15	8,98	7,97	9,62	0,64	15,32	14,50	16,34	0,74
200°C	8,33	7,40	10,05	1,07	8,98	8,37	9,36	0,48	14,43	13,28	15,01	0,69
215°C	9,19	8,36	10,08	0,75	8,24	8,09	8,39	0,14	14,27	13,86	14,84	0,36
230°C	82,99	82,83	83,27	0,17	82,54	82,21	83,14	0,38	82,19	81,89	82,37	0,19

Tabla 22. Promedios de contenidos de ácidos carboxílicos alifáticos para las variedades Castillo® El Tambo, Cenicafé 1 y Tabi por curva de tueste.

Ácido / Curva tueste	Castillo® El Tambo				Cenicafé 1				Tabi			
	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
Acético												
170°C	12,68	11,46	13,77	0,85	5,41	4,85	7,01	0,90	10,38	9,06	12,38	1,38
185°C	12,13	11,29	13,94	1,09	6,52	5,25	7,46	0,93	10,51	8,37	12,34	1,90
200°C	12,12	11,36	12,77	0,59	6,42	5,32	8,56	1,29	10,62	8,38	12,69	2,00
215°C	13,12	10,64	16,19	2,03	5,02	4,75	5,39	0,24	11,10	7,77	14,44	3,04
230°C	11,62	10,69	13,59	1,21	11,04	4,15	13,24	3,87	9,92	6,91	12,03	2,36

Continúa...

...continuación.

Ácido / Curva tueste	Castillo® El Tambo				Cenicafé 1				Tabi			
	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar	Prom.	Mín.	Máx.	Desv. Estándar
Cítrico												
170°C	7,42	6,65	8,20	0,72	7,24	6,91	7,62	0,27	5,88	4,85	6,58	0,84
185°C	7,07	6,80	7,47	0,27	6,42	5,64	6,79	0,49	5,84	4,70	6,61	0,94
200°C	6,51	6,14	6,97	0,30	6,59	6,23	7,53	0,53	6,52	4,58	9,16	1,65
215°C	6,64	6,19	6,89	0,31	6,83	6,32	7,32	0,36	5,01	4,43	5,51	0,48
230°C	6,68	6,32	7,10	0,30	7,23	6,91	7,39	0,20	5,15	4,35	5,73	0,60
Málico												
170°C	1,93	1,72	2,31	0,24	2,49	2,33	2,70	0,15	2,22	1,98	2,77	0,32
185°C	2,15	2,04	2,27	0,09	2,06	1,76	2,37	0,23	2,01	1,75	2,30	0,25
200°C	1,89	1,59	2,21	0,23	2,22	2,08	2,67	0,25	1,95	1,71	2,25	0,21
215°C	2,08	1,87	2,46	0,23	2,35	2,07	2,64	0,21	2,02	1,60	2,37	0,33
230°C	2,22	2,05	2,45	0,16	2,52	2,29	2,64	0,13	1,92	1,71	2,33	0,26
Oxálico												
170°C	0,05	0,04	0,06	0,01	0,06	0,05	0,06	0,01	0,04	0,03	0,05	0,01
185°C	0,05	0,04	0,05	0,00	0,05	0,05	0,06	0,00	0,04	0,03	0,05	0,01
200°C	0,05	0,04	0,05	0,00	0,05	0,05	0,06	0,01	0,04	0,03	0,04	0,01
215°C	0,04	0,04	0,05	0,00	0,05	0,04	0,06	0,01	0,03	0,03	0,04	0,00
230°C	0,04	0,04	0,05	0,00	0,06	0,05	0,06	0,01	0,03	0,03	0,05	0,01
Quínico												
170°C	11,75	10,59	13,02	0,94	11,13	10,53	11,62	0,43	11,44	9,18	13,16	1,99
185°C	10,20	8,72	10,80	0,89	10,06	9,50	10,41	0,38	11,26	8,99	13,23	2,02
200°C	11,80	10,99	12,43	0,55	9,69	8,89	11,26	0,92	10,92	8,32	12,76	1,87
215°C	11,33	10,64	11,95	0,55	9,86	9,12	10,52	0,50	10,14	8,64	11,53	1,40
230°C	10,66	10,26	11,86	0,69	9,73	9,20	10,18	0,43	9,86	7,77	11,34	1,56
Succínico												
170°C	10,55	9,37	12,32	1,50	6,66	5,57	7,82	0,85	10,14	8,88	12,05	1,61
185°C	10,22	9,84	10,89	0,41	8,94	8,18	10,24	0,82	10,94	9,26	13,19	1,59
200°C	9,86	8,40	11,48	1,21	8,83	7,70	9,55	0,69	11,62	10,26	13,69	1,61
215°C	9,14	8,43	9,99	0,62	7,72	6,52	8,62	0,82	11,08	8,86	14,52	2,35
230°C	9,56	8,65	10,28	0,72	7,22	5,96	8,47	0,92	12,01	9,77	14,76	2,11

Durante el 2020 se han recibido 1.564 muestras de café, provenientes de proyectos de diferentes Disciplinas de Investigación (Figura 15), de las cuales 1.477 (94,43%) se han analizado sensorialmente. El 68,9% de las muestras analizadas no presentaron defectos sensoriales y el defecto que se presentó en mayor proporción fue el terroso (11,1%) (Figura 16). De las muestras sin defectos, el 57,5% tuvieron un puntaje total entre 80,0 y 81,5 puntos, que según la clasificación SCA, corresponden a café bueno, y el 6,7% presentaron una calificación mayor a 83,5 puntos (Figura 17).

Tabla 23. Cantidad de muestras de café recibidas en el laboratorio para análisis sensorial.

Disciplina	2017	2018	2019	2020	Total
Calidad	434	243	559	435	1.644
Entomología	4	22	133	168	327
Experimentación	12	26	10	10	58
Fisiología	5		15	171	191
Fitopatología		48			48
Fitotecnia	48		20		68
Mejoramiento Genético	265	484	340	539	1.628
Poscosecha	29	52	213	232	526
Suelos	111	113	173	9	406
Solicitudes Externas			87		87
Total	908	988	1.550	1.564	5.010

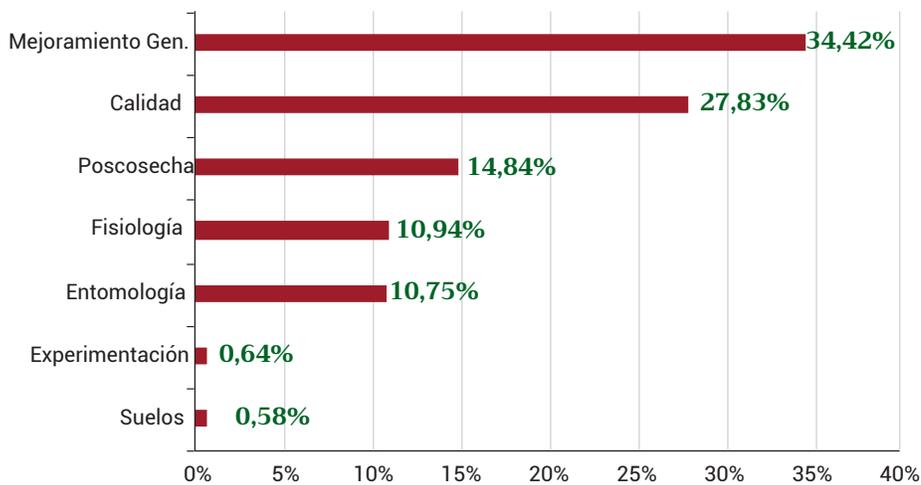


Figura 15. Proporción de muestras analizadas por disciplina para el año 2020.

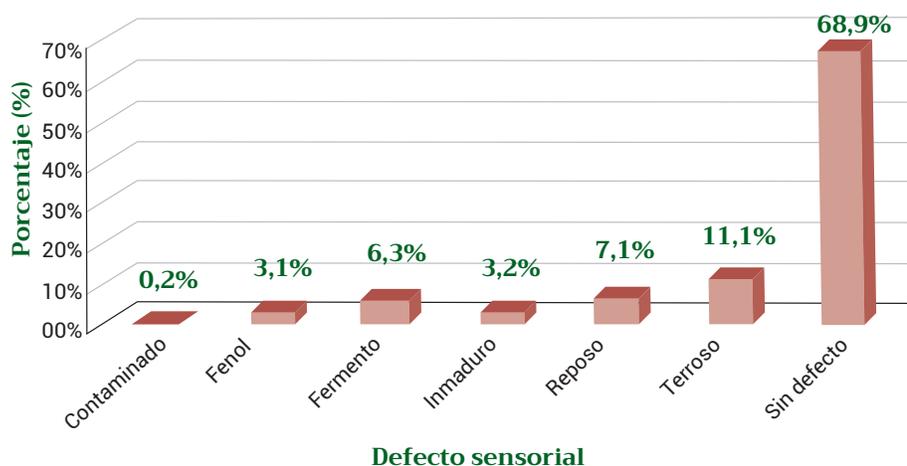


Figura 16. Proporción de muestras sin defecto y defectos presentes en las muestras.

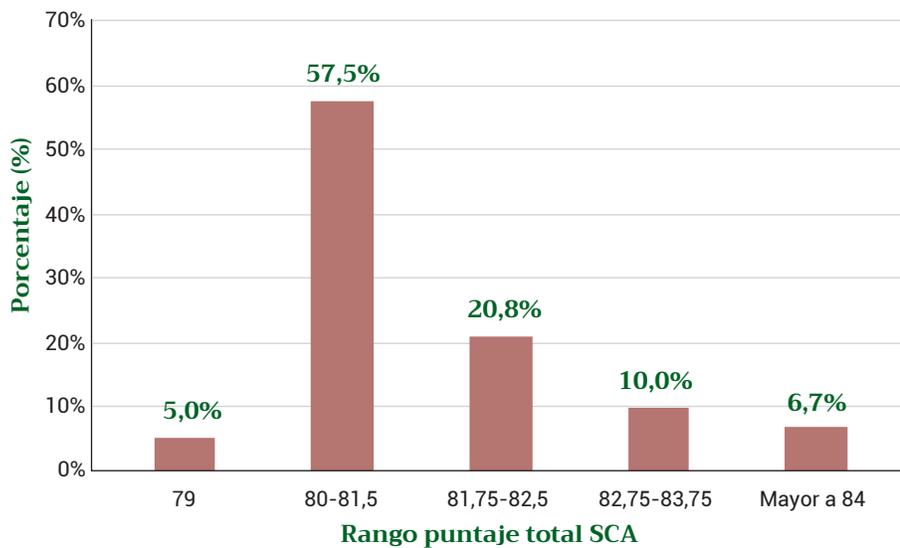


Figura 17. Proporción de muestras según el rango de puntaje total SCA.

Economía Agrícola



31% inferior al sistema de zoca a 30 cm; el denominado sistema de safra cero, con una cosecha y la travesía de la segunda cosecha, reporta una producción acumulada inferior en 40% respecto al referente de zoca tradicional.

Los costos de producción registrados a la fecha son superiores en la zoca tradicional, explicados por las labores de renovación y de levante; el sistema de zoca pulmón presentó costos inferiores en 9% y los menores costos se registraron en los sistemas calavera y safra cero, con 28% y 32%, respectivamente, frente a la zoca tradicional. Los ingresos registrados por la venta de café en el sistema de zoca a 30 cm son superiores en 10% sobre el sistema de poda pulmón, 31% comparado con la zoca calavera y 40% frente a safra cero. La información obtenida hasta el momento muestra que, pese a los mayores costos registrados, los ingresos obtenidos en mayor proporción en el sistema de zoca tradicional se explican porque en los otros sistemas comienza a evidenciarse el peso del segundo año improductivo,

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

En un cultivo establecido con Variedad Castillo® a libre exposición solar, ubicado en la Finca El Agrado (Montenegro, Quindío), se están evaluando los sistemas de renovación. El presente informe comprende 42 meses de desarrollo del cultivo, que corresponden al período febrero de 2017 a septiembre de 2020. La producción acumulada es superior para el sistema de zoca tradicional, registrando las dos primeras cosechas y la travesía de la tercera cosecha; el sistema de zoca pulmón registra 10% menos de producción con el registro de las dos cosechas de su primer ciclo; la zoca calavera, con dos cosechas, registra una producción acumulada

debido a la labor de poda posterior a la segunda cosecha (pulmón) y primera cosecha (safra cero), que determinan el fin del ciclo (de tres y dos años), en cada uno de esos sistemas (Figura 18).

ECO103003. Desarrollo de una APP, Indicadores de rendimiento de mano de obra como guía para la contratación de labores en el cultivo. La capacidad del caficultor para administrar su empresa cafetera determina el grado de eficiencia con que se manejan los recursos para garantizar la viabilidad y permanencia en la actividad cafetera, con ese propósito es importante identificar oportunidades para el mejoramiento de la productividad de la mano de obra empleada en las labores realizadas en el cultivo del café, altamente demandante en mano de obra. Se diseñó y se liberó una aplicación para dispositivos móviles que permite a los caficultores acceder fácilmente a los indicadores de rendimiento de mano de obra, constituyendo una herramienta de referenciación que facilite el mejoramiento en la ejecución de las diferentes labores del cultivo y que pueda utilizarse como mecanismo que apoye las decisiones en contratación. El aplicativo entregado a los caficultores presenta los indicadores de rendimiento en rangos (valores mínimo, promedio y máximo), para 82 labores agrupadas en 14 actividades según la etapa del cultivo, para facilitar su búsqueda; el usuario tiene la posibilidad de ingresar los valores de los indicadores de su empresa cafetera y compararlos con la información de la base de datos de la aplicación, al tiempo que puede ver la comparación generando gráficos (Figura 19).

La APP está publicada en las tiendas Applestore y Playstore para facilitar la descarga según el sistema operativo del dispositivo del usuario.

ECO103004. Análisis del sistema de cable aéreo para transporte de café cereza en fincas cafeteras. Con el fin de conocer el impacto económico a nivel de finca por el empleo de cables aéreos para transporte de café cereza, en varios departamentos se continúa el estudio de esta tecnología, con el apoyo de Servicio de Extensión. Parcialmente, se ha determinado que el tiempo promedio en el transporte de café cereza pasó de 57,7 minutos (desviación estándar: 29,6), a 13,4 min (DE: 8,5) por jornada, una vez la finca ha instalado cable aéreo, representando una eficiencia incremental del 6,8% (DE: 3,68) en cosecha pagada por cantidad recolectada y 6,5% (DE: 4,05) en cosecha al jornal. Se tienen dos grupos poblacionales con beneficios complementarios: recolectores de alto rendimiento y que son especialmente atentos al tiempo que les demanda el transporte, los cuales destinan un tiempo considerable al traslado del café y normalmente deben realizar no menos de tres viajes con carga por día; otro grupo es el de personas que poseen una condición limitante de salud laboral o incluso de género, que limita la capacidad natural y legal de carga y, por ende, la misma empleabilidad; también se ha identificado un fenómeno dado por el módulo de capacidad de carga o cantidad de café que un recolector está en condición de transportar y los trabajadores ajustan las cantidades a recolectar

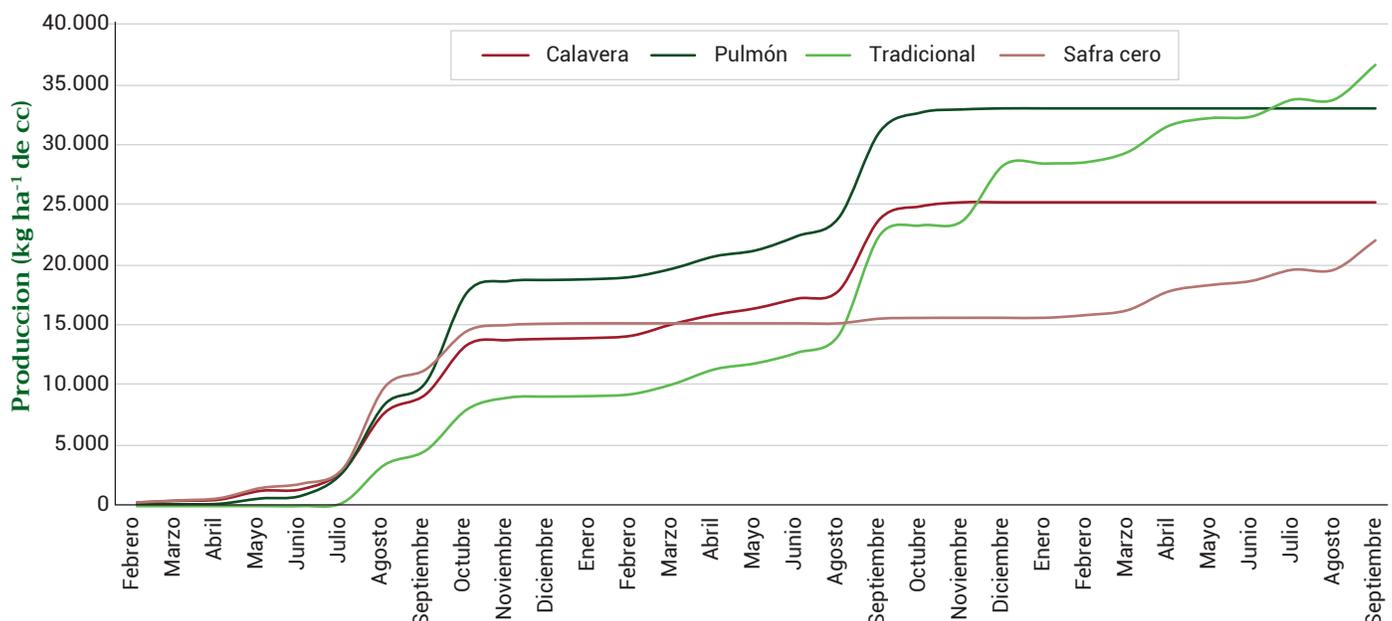


Figura 18. Registro de la producción acumulada de café cereza en los sistemas de renovación, hasta el mes 42.

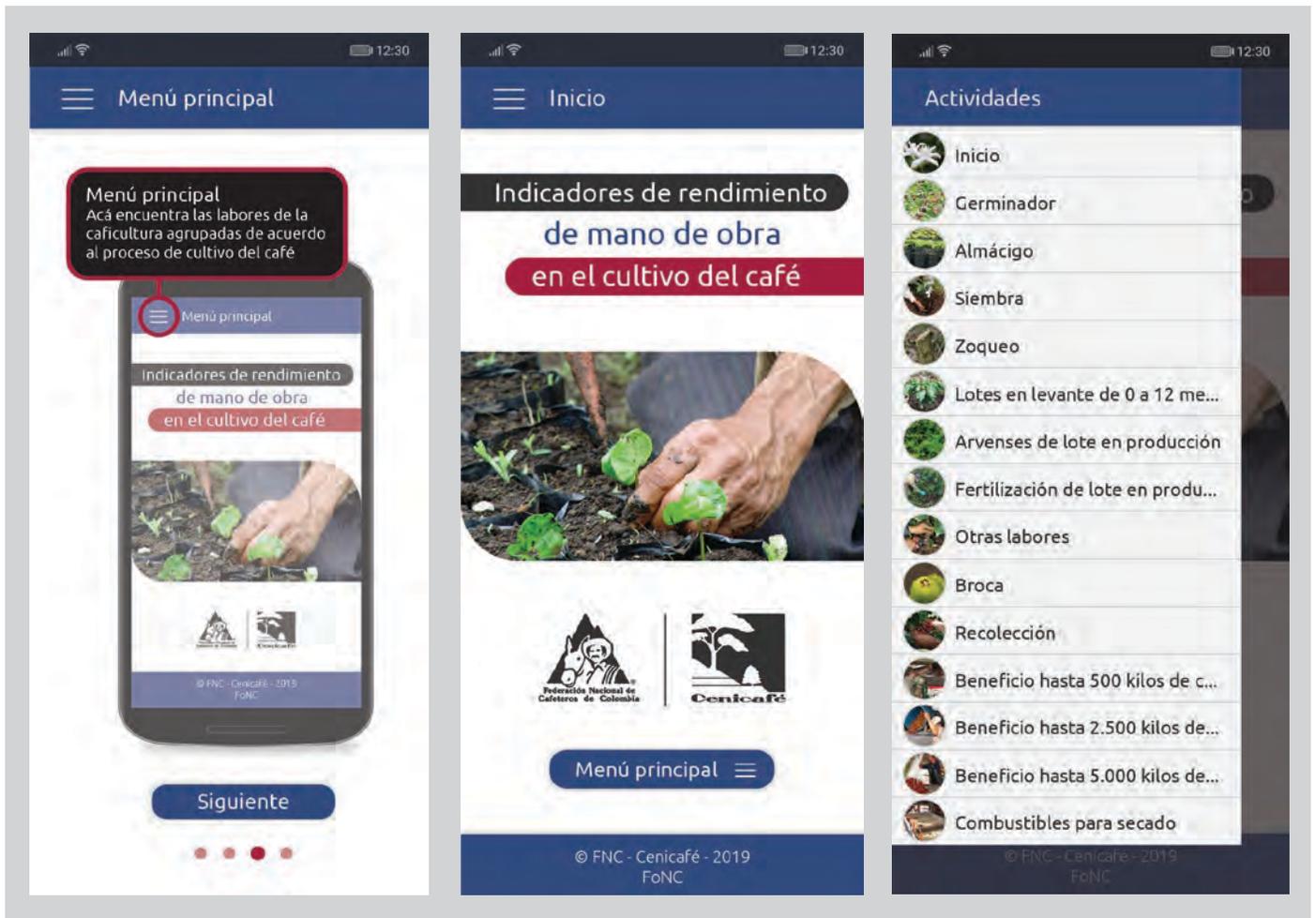


Figura 19. Listado de actividades en el menú principal de la aplicación en un dispositivo móvil.

en la mañana y en la tarde, pues volúmenes mayores tendrán una relación costo beneficio alto en su bienestar, esto es trascendente para trabajadores que deben llegar a su propio predio a continuar con faenas tanto en el hogar como relacionadas con su propia explotación agrícola, como es el caso de pequeños caficultores.

Cuando se somete la inversión de cable a un análisis de valor presente neto de beneficios y costos, la relación es positiva y el período de recuperación de la inversión es de siete años, de igual modo cuando se relaciona el costo anual equivalente de poseer cable aéreo y el costo de disponer de carreteras propias y vehículos, es

menor el costo del primero, señalando la valía de este sistema en fincas con lotes lejanos, de topografía agreste o donde la consecución de recolectores es restrictiva (Figura 20).

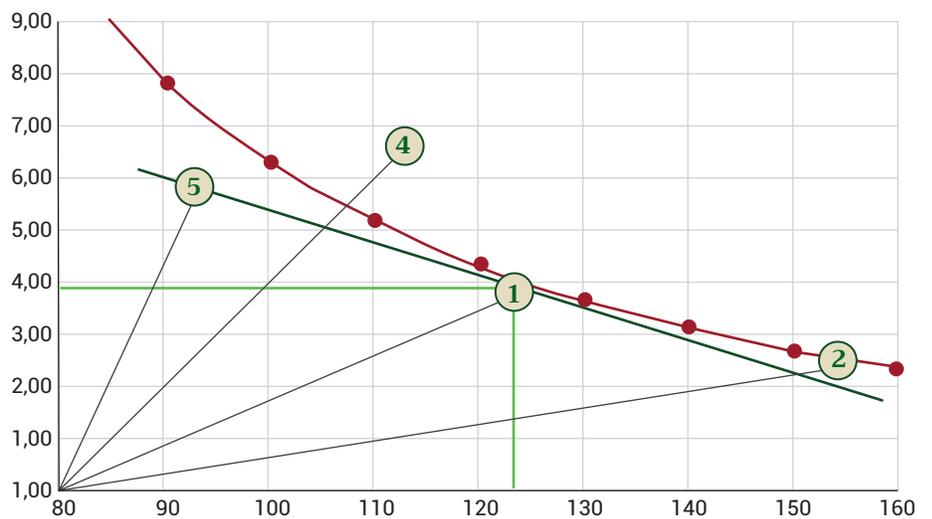


Figura 20. Isocuanta de eficiencia productiva sistema cable aéreo de transporte de café cereza.

Entomología

ENT101000. Biología y ecología de artrópodos

ENT101006. Determinación de diferencias genéticas en poblaciones de *Monalonion velezangeli*.

Con el objetivo de identificar diferencias genéticas en poblaciones de la chinche de la chamusquina, *Monalonion velezangeli*, asociadas con diferentes plantas hospedantes en diferentes regiones cafeteras del país, se analizaron las secuencias de los genes *12S*, *COI* e *ITS2* del insecto. Los análisis permitieron la identificación de dos poblaciones dentro de individuos clasificados como *M. velezangeli*. Una de las poblaciones corresponde a muestras recolectadas en Jardín, Jericó y Fredonia (Antioquia), mientras que la otra población corresponde a muestras recolectadas en el Valle del Cauca, Rionegro (Antioquia), Nariño y Huila (Figuras 21 y 22). Además, se identificaron individuos de una posible nueva especie de copé, *Clusia* sp., en Villamaría (Caldas) y Saladoblanco (Huila). Adicionalmente, con el fin de identificar mecanismos fisiológicos que le permitan al insecto utilizar la planta de café como alimento, se secuenció el transcriptoma completo y se identificó la microbiota bacteriana asociada al insecto. El transcriptoma de *M. velezangeli* fue ensamblado en 69.951 transcritos y se predijeron 34.468 proteínas. Se identificaron enzimas de interés en procesos



como digestión, detoxificación y resistencia a insecticidas. Se hallaron cerca de 85 poligalacturonasas involucradas en la digestión de material vegetal. Se descubrieron tres clases de enzimas involucradas en una ruta del metabolismo de la cafeína: urato hidrolasas, N-acetiltransferasas y citocromo P450 monoxigenasas (familia CYP1A2). El microbioma de *Monalonion velezangeli* está compuesto por 274 géneros de bacterias asociadas a ninfas y adultos (Figura 23). El género

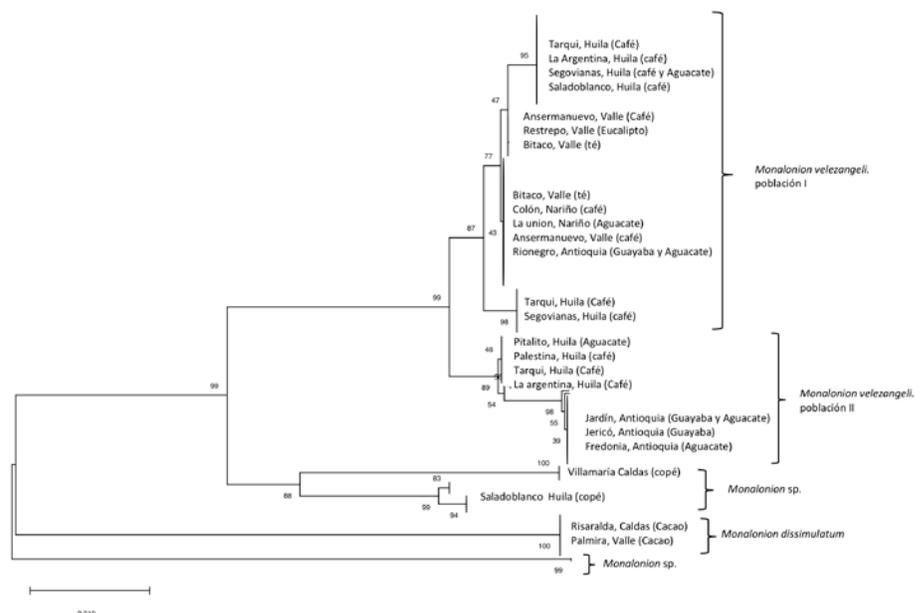


Figura 21. Cladograma de agrupamiento de poblaciones de *Monalonion velezangeli* basado en secuencias del gen *COI*.

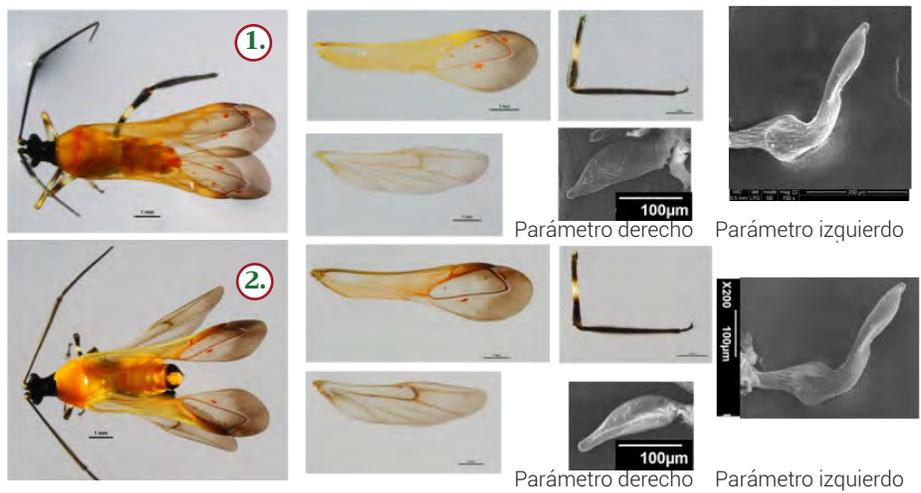


Figura 22. Características morfológicas de individuos de las poblaciones **1.** *M. Vezangeli* - Antioquia y **2.** *M. Vezangeli* - Huila identificadas mediante análisis de secuencias genéticas.

machos de la broca: sensilas caéticas y sensilas basicónicas (Figura 24), responsables de la quimiorrecepción. La composición mineral de las partes bucales y del ovipositor de *Monalonia* y partes bucales de *Puto barberi* muestran altos contenidos de potasio, lo cual les da la dureza requerida para penetrar tejidos vegetales. Existen diferencias en la densidad de sensilas en antenas de hembra y machos de *Monalonia* (Figura 25), siendo más alta en machos, quizás por requerirlo para la detección de feromonas en la atracción sexual. En general, existe dimorfismo morfológico marcado entre hembras y machos de *Monalonia*, el cual se describe en detalle tanto para alas como para genitales.

más abundante fue *Wolbachia*, representando en promedio el 86%, del total de géneros identificados en adultos y el 82% de los identificados en ninfas; el porcentaje restante estuvo compuesto por varias especies simbiotes con diversas funciones. Estos resultados contribuyen sustancialmente al entendimiento de la biología de este insecto y servirán para futuras investigaciones.

ENT101007. Descripción morfológica de plagas de café mediante técnicas de microscopía. El cultivo del café es atacado por diferentes plagas de importancia económica entre las que se encuentran, la broca del fruto, la chinche de la chamusquina y las cochinillas de las raíces. El objetivo de este proyecto fue documentar características morfológicas de estas tres especies de insectos en Colombia. Específicamente este estudio describe: 1. la morfología externa de las antenas de machos y hembras de la broca; 2. la composición de minerales en las partes bucales de la chinche de la chamusquina y de la cochinilla *Puto barberi*; y 3. la morfología externa de machos y hembras de la chinche de la chamusquina. Se identificaron dos tipos de sensilas en las antenas de hembras y

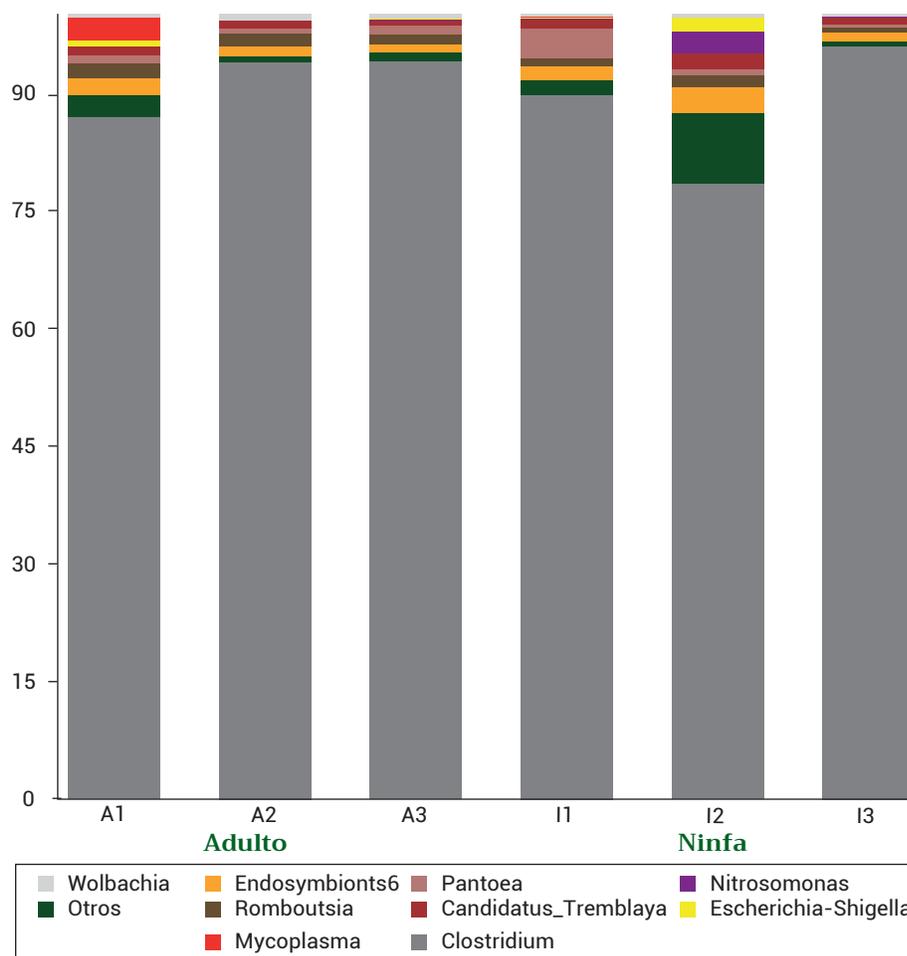


Figura 23. Abundancia relativa de géneros de bacterias asociadas a *Monalonia velezangeli*.

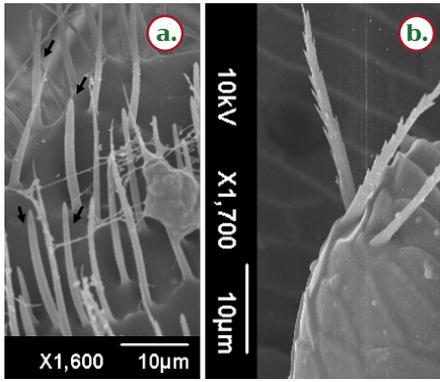


Figura 24. Detalle de las sensilas presentes en las antenas de machos (a. basicónicas) y hembras (b. caéticas) de la broca del café.

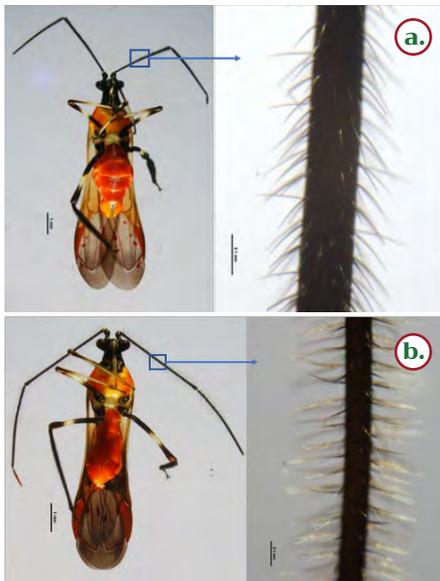


Figura 25. Antenas de a. hembras y b. machos de *Monalonion velezangeli*.

ENT101011. Evaluación del comportamiento biológico de la broca en genotipos del género *Coffea* en condiciones térmicas diferentes.

En dietas artificiales se evaluaron siete genotipos de *Coffea* en cuatro temperaturas para conocer el comportamiento biológico y reproductivo de broca. Los resultados muestran que a mayor temperatura la duración del ciclo es menor (Tabla 24). En cuanto al comportamiento reproductivo se encontró que en el genotipo BP 46 (*C. canephora*) se obtuvo mayor

cantidad de estados biológicos en las cuatro temperaturas evaluadas, seguido por Caturra (*C. arabica*) y Cenicafé 1® (*C. arabica*). Los genotipos de *C. liberica*, E554 (*C. arabica*), MEG667-131 (Caturra x *C. canephora*) x Caturra y el híbrido CU1842xE286 (*C. arabica*), presentaron la menor cantidad de estados biológicos cuando se compararon con BP46 y Caturra en las cuatro temperaturas evaluadas (Figura 26).

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

Con el objetivo de identificar y determinar el estado actual de las chisas de la raíz del café en Colombia, se instalaron trampas de luz negra en cuatro Estaciones experimentales de Cenicafé, ubicadas en Caldas, Antioquia, Cauca y Santander, durante un año, con muestreos semanales. El estudio de caracterización e inventario reunió un total de 14.933 ejemplares y 44 especies, con una diversidad de individuos y abundancias, respectivamente, de 34 especies y 2.411 individuos en El Rosario, 29 y 1.889 en Naranjal, 25 y 10.003 en El Tambo y con 18 y 640 en San Antonio. Las especies que mayor daño causaron a las raíces de café fueron *Phyllophaga sericata*, *P. obsoleta*, *P. menetries* y *Cyclocephala* sp. En el follaje del café el mayor daño lo realizaron *Anomala cincta*, *Astaena valida*, *Plectris pavid*a y *Symmela* sp. En la Figura 27 se presentan las curvas de vuelo y abundancia de cada especie y la caracterización del daño con las especies evaluadas. Igualmente se está haciendo acompañamiento a un lote en Páramo (Santander) con el Servicio de Extensión, en tres hectáreas con 18.180 plantas de la variedad Castillo® de 2,5 meses, que presentaron afectación del 25% con plantas cloróticas, marchitas y daño en raíces (Figura 28), en promedio se encontraron siete larvas por sitio. Se hicieron resiembras con tratamiento al hoyo, solarización, manejo de gramíneas, zanjas para evitar el paso de chisas provenientes de un lote de yuca y recolección manual de hasta 11 kg de larvas. En cuanto a nuevos registros de plagas en café en Colombia, se reportan nuevas localidades de distribución del picudo quebrador de ramas *Ecnomorhinus quasimodus* (Curculionidae) en los municipios de Tablón de Gómez, Colón, Arboledas, San Pablo y San Lorenzo, en el departamento de Nariño, entre 1.800-2.000 m de altitud (Figura 29);

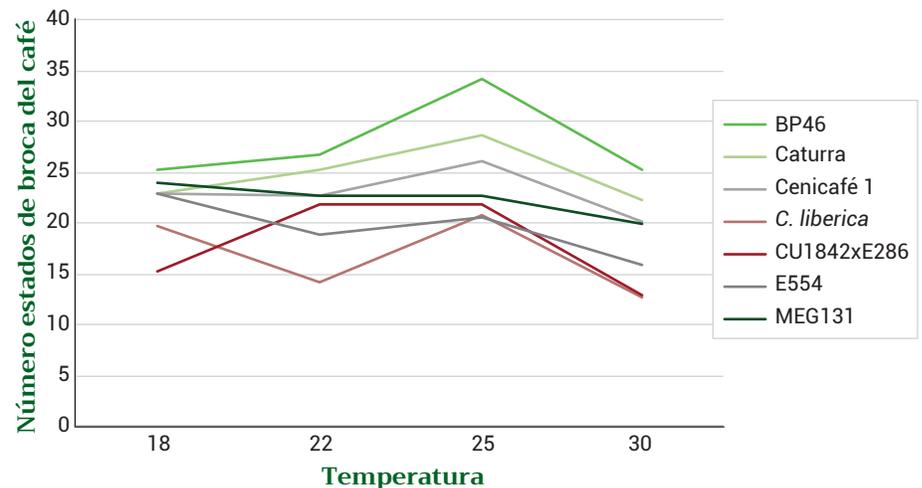


Figura 26. Promedio de estados biológicos de *Hypothenemus hampei* en diferentes genotipos del género *Coffea*, bajo cuatro temperaturas constantes. H.R. 65±10% y escotofase 24h.

Tabla 24. Duración media del período huevo-adulto (\pm EE) de *Hypothenemus hampei*, en cuatro temperaturas constantes, en dieta artificial elaborada en cuatro genotipos de café. HR: $65\pm 10\%$ y escotofase: 24 horas.

Genotipo	Temperatura (°C)											
	18		22		25		30					
	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar				
BP46	75,0	c	0,14	38,5	c	0,082	31,3	c	0,193	18,9	e	0,427
Caturra	74,5	a	0,15	40,3	a	0,073	31,2	c	0,067	26,2	a	0,085
Cenicafé 1	76,5	a	0,10	40,3	a	0,078	30,3	d	0,075	24,9	b	0,174
<i>C. liberica</i>	74,8	b	0,12	39,0	b	0,076	33,7	b	0,066	22,8	d	0,086
CU1842xE286	78,4	b	0,13	38,9	b	0,076	34,2	a	0,056	24,7	b	0,212
E554	76,4	a	0,17	40,3	a	0,078	34,2	a	0,056	23,8	c	0,109
MEG131	73,1	b	0,10	39,0	b	0,072	31,3	c	0,193	24,8	b	0,087

Medias seguidas por la misma letra en las columnas no son significativamente diferentes (Duncan, $P < 0,05^*$) El número de repeticiones está dado por el valor de n: 200.

se describieron por primera vez los estados inmaduros. Igualmente se identificaron tres especies de parasitoides de larvas de *E. quasimodus* pertenecientes a los géneros *Heterospilus* sp. (Braconidae), *Goniozus* sp. (Bethyidae) y *Horismenus* sp. (Eulophidae). En Cundinamarca, en los municipios de Villeta y Guaduas se presentaron brotes de gusano rojo defoliador del café *Sibine* sp. (Limacodidae), de hábitos gregarios con poblaciones de hasta 800 larvas.

ENT101013. Actividad de cría de insectos para fines experimentales - Cría en laboratorio de *Puto barberi* (Hemiptera: Putoidea) sobre tubérculos de *Solanum phureja*.

Con el fin de estandarizar la producción de la cochinilla harinosa más abundante en café, *Puto barberi*, se evaluó el uso de tubérculos de papa criolla como hospedante para el insecto en condiciones de laboratorio a $21\pm 2^\circ\text{C}$, $65\pm 10\%$ HR y 0:24 (L:D) h de fotoperíodo; estas crías se realizan para el desarrollo de investigaciones sobre el insecto. Los resultados mostraron una duración del ciclo de vida de $89,4\pm 0,6$ días (ninf a adulto) y una sobrevivencia de 74%, la duración de la fase adulta fue de $53,5\pm 0,4$ días y un promedio de 63,6 \pm 6 ninfas/hembra; los parámetros de la tabla de fertilidad fueron: tasa reproductiva neta $R_0=47,5$ (32,1–146,1), tiempo generacional de $T=81,9$ (79,9–85,6) días, tasa intrínseca de crecimiento $r_m=0,05$ (0,03–0,06) y tasa finita de crecimiento de $\lambda=1,05$ (1,03–1,06). Se concluyó que los tubérculos de papa criolla fueron un buen hospedante para el establecimiento de una colonia *P. barberi* en condiciones de laboratorio con fines experimentales.

ENT103000. Control biológico de plagas del café

ENT103001. Actividad de mantenimiento y caracterización del cepario de hongos de Cenicafé. Este año el cepario cuenta con 314 cepas, 137 correspondientes a *Beauveria bassiana* y 39 a *Metarhizium anisopliae*. Todos los aislamientos al día

de hoy están preservados en tres métodos de almacenamiento: nitrógeno líquido, glicerol -20°C y almacenamiento en PDA con aceite mineral. En el 2020 se revisaron cada uno de los tubos con los aislamientos preservados, algunos de los preservados en aceite entre los años 2011 y 2012 se habían secado, por lo que fueron recuperados. Los aislamientos con estas características fueron evaluados así: 34 cepas de *Beauveria bassiana*, cuatro de *Metarhizium anisopliae* y una cepa de *Trichoderma* sp, *Paecilomyces* sp, *Colletotrichum* sp y *Phoma* sp. Todas las cepas crecieron con germinaciones entre 50% y 97%. Con respecto a los demás materiales, todas las cepas preservadas desde 2014 hasta el 2020 están en buenas condiciones. Las cepas quedaron preservadas en dos tubos en al menos tres años diferentes de preservación, en cada uno de los métodos. Se actualizó la información requerida por el Instituto von Humboldt relacionado con el Registro Único de Colecciones y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

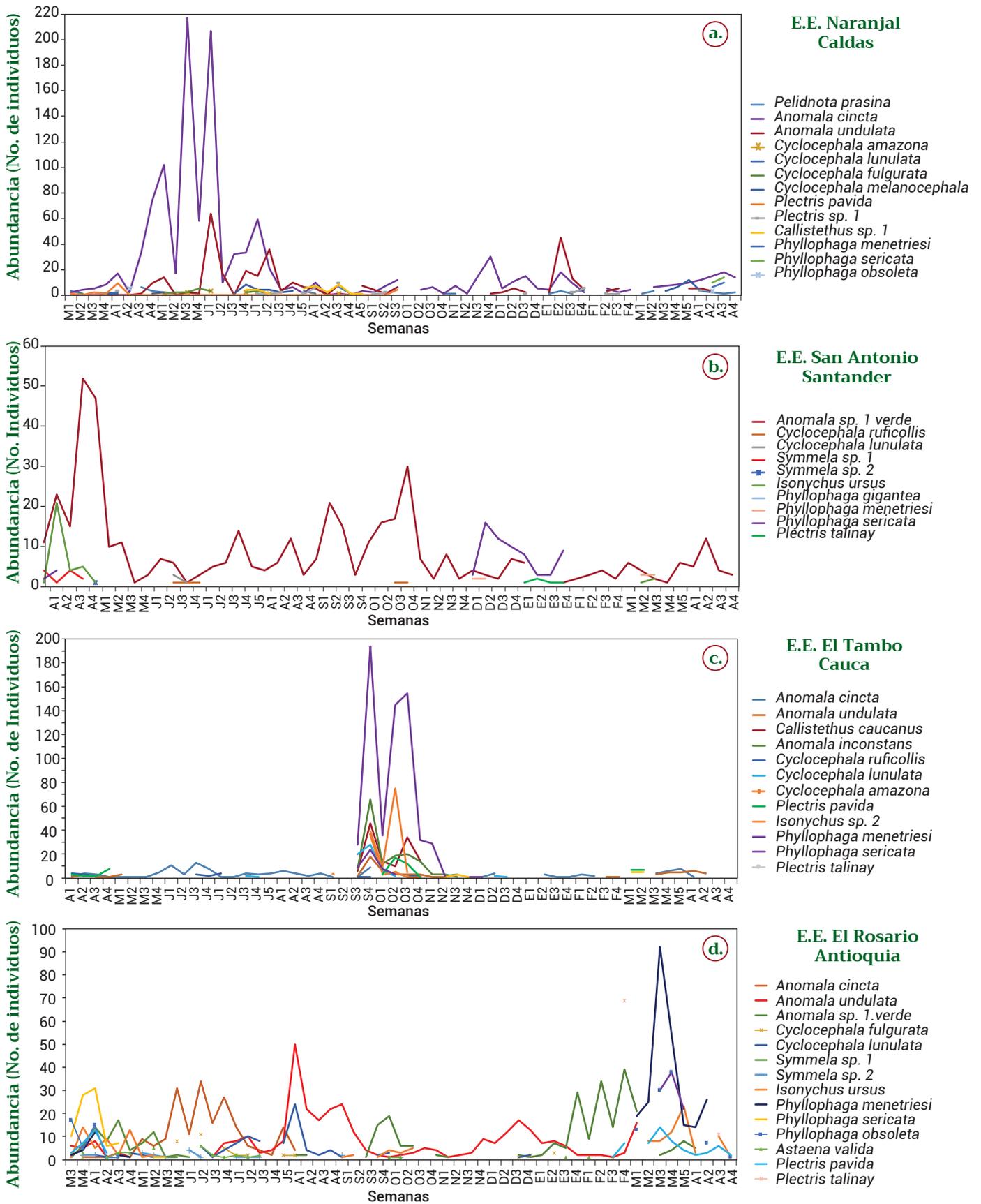


Figura 27. Abundancia y dinámica poblacional de chisas capturadas con trampas de luz en cuatro estaciones experimentales de Cenicafé, entre marzo de 2019 y abril de 2020, con recolección semanal.



Figura 28. Daño en raíces de café por chisas, en siembras nuevas en Páramo, Santander.



Figura 29. Estados biológicos del picudo quebrador de ramas de café *Ecnomorhinus quasimodus* (Curculionidae), nuevo registro en café en Nariño. **a.** huevo. **b.** larva. **c.** adulto.

ENT103005. Actividad de mantenimiento de colonias de broca y parasitoides.

Esta actividad se realizó con el propósito de contribuir con las investigaciones sobre broca del café y permitió la producción de adultos y estados inmaduros, y la entrega de 2,5 millones de adultos de broca para investigaciones. Adicionalmente, dada la imposibilidad de importar nuevamente la especie *Phymastichus coffea*, de origen africano, se mantuvo un pie de cría de 150.000 individuos, que permitiría la producción masiva en investigaciones de control biológico por aumentación. Este año se realizaron adecuaciones en infraestructura física en la Estación Experimental Naranjal para trasladar los laboratorios.

ENT104000. Control genético de plagas del café

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

Para seleccionar genotipos de *Coffea arabica* con menor susceptibilidad a la broca del café, en trabajos previos se identificaron los materiales silvestres de *C. arabica* E286 y E554 al

igual que genotipos híbridos provenientes de estos. Se escogieron cuatro líneas híbridas CU1842xE286, CX2385xE286, CX2385xE554 y CX2848xE554, debido a su alta capacidad de regeneración *in vitro* y características agronómicas sobresalientes. Las semillas de los genotipos CU1842xE286, CX2385xE286 y *C. arabica* Caturra, CU1842, CX2385 y E286, se usaron para realizar dietas artificiales y se evaluó su efecto (desarrollo de huevo a adulto) sobre la broca. En Caturra, CU1842 y CX2385 la mortalidad no superó el 10%. La línea E286 causó mortalidad del 40% y los híbridos una mortalidad cercana al 25% (Figura 30). En la Estación Naranjal, las líneas maternas: CU1842, CX2385 y CX2848, los parentales silvestres: E286 y E554, y los híbridos CU1842xE286, CX2385xE286, CX2385xE554 y CX2848xE554 fueron evaluados por susceptibilidad al insecto. En el mes de agosto de 2019, en diez árboles de cada uno de estos genotipos, una rama fue infestada con brocas. Luego de 60 días, los frutos infestados se disecaron y se cuantificó la población de adultos vivos en cada genotipo. Los padres E286 y E554 mostraron 50% menos población con respecto a las madres, según la prueba LSD al 5%. Los híbridos CU1842xE286 y CX2385xE286 mostraron poblaciones de brocas similares al padre, corroborando los resultados obtenidos en años anteriores. Adicionalmente, en la estación La Catalina (Risaralda), en mayo de 2020, plantas provenientes de cultivo *in vitro* de los genotipos híbridos junto con la línea materna CX2848 y plantas obtenidas por semilla de Var. Cenicafé 1 y Var. Castillo® Naranjal, trasplantadas en el campo en abril de 2018, fueron evaluadas

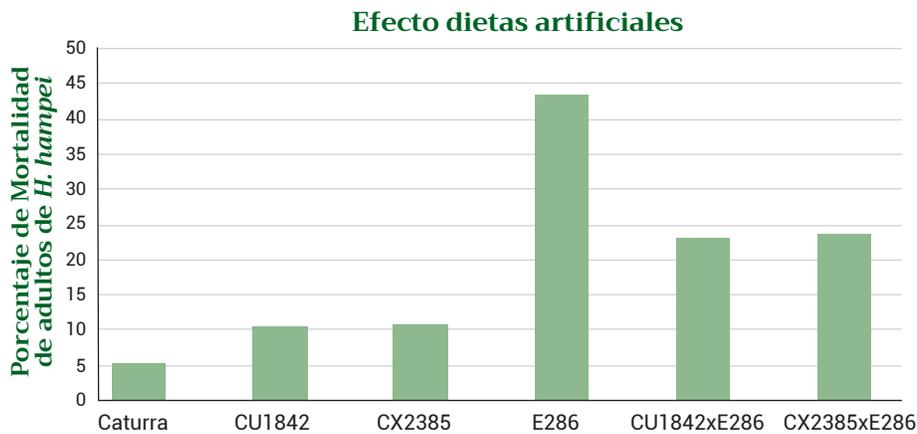


Figura 30. Efecto de dietas artificiales con café obtenido de genotipos híbridos, sus parentales y control *C. arabica* var. Caturra en la mortalidad de poblaciones de *H. hampei*.

por su susceptibilidad al insecto. Los híbridos CU1842xE286, CX2385xE286 y CX2385xE554, según el test de Scheffe, difirieron significativamente de las variedades comerciales mostrando al menos 60% menores poblaciones del insecto (Figura 31). Adicionalmente, estos genotipos tuvieron características agronómicas sobresalientes, no solo en Naranjal sino también en La Catalina, en donde los cuatro híbridos mostraron mayor producción que los materiales comerciales. Las líneas CU1842xE286 y CX2385xE286 presentaron producción acumulada mayor que los materiales comerciales y testigo, hasta este punto del ensayo (Figura 32). Estos mismos materiales CU1842xE286, CX2385xE286 y CX2385xE554 continúan siendo propagados por cultivo *in vitro* y en el mes de febrero 2020 se llevaron a pruebas regionales en Antioquia, Cauca y Magdalena. Se cuenta con tres líneas híbridas con alta producción acumulada, excelente calidad, resistencia a roya y con menor susceptibilidad a la broca del café.

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

Con el propósito de generar líneas resistentes a la broca del café, la línea CX2178 y CU1997 de variedad Castillo® fueron transformadas con genes aislados de *Coffea liberica*, correspondientes a Patatina (enzima lipolítica acil hidrolasa), gen Kunitz y gen Heveina. Las expresiones constitutivas de estos genes en las plantas podrían conferir resistencia a la broca del café y/o al minador de la hoja de café. Se cuenta con seis plantas madres CX2178, posiblemente transformadas con el gen de patatina y por cultivo de microestacas amplificadas a 29 plantas. Con el gen de Kunitz-Miraculina: genotipo CX2178, hay nueve madres y amplificadas a 12 y del gen de Heveina 32 madres amplificadas a 35 y 39 plantas controles de regeneración de todos los materiales. Este año se continuó el mantenimiento de estos. Tanto para el gen Patatina como para el de Kunitz existen regiones genómicas conteniendo genes parálogos, para el gen de patatina 5 y para el de Kunitz 7. Debido a esto, la amplificación de los genes introducidos ha sido difícil. Durante el 2020 se continuó con la identificación de los genes bajo el control del promotor constitutivo alfa tubulina en las plantas posiblemente modificadas.

Se realizaron amplificaciones en las plantas para Patatina, probando los *primers* que amplifican parte de promotor y parte del gen. Se identificaron cinco posibles plantas con el gen Patatina con expresión constitutiva. Se probaron diferentes juegos de *primers* para identificación de Heveina y Kunitz y se identificaron los pares de *primers* que amplifican mejor los genes de Heveina y Kunitz, estos se usarán para buscar los genes en las plantas. Además, se cuenta con 13 plantas transformadas con la proteína GFP (proteína verde fluorescente) de la línea CU1997 y se realizaron nuevas siembras para mantener tejido embriogénico constante para nuevos trabajos de la línea CX 2178.

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

Con el fin de identificar bacterias simbiotas de la broca como candidatas en estrategias de paratransgénesis en el control del insecto mediante ARN de interferencia, se aislaron bacterias del tracto digestivo de la broca y se determinó la dinámica de la microbiota total durante el ciclo de vida completo de la broca. Para ello, a partir de tractos digestivos de larvas y adultos de broca de Naranjal (Caldas) y Sandoná (Nariño), se cultivaron y aislaron en total, 240 colonias de bacterias en medio agar. De ellas, 101 colonias fueron identificadas taxonómicamente mediante análisis de secuencias del gen bacteriano para ARN ribosomal 16S (16SrRNA). Las bacterias cultivables identificadas se agruparon en *Proteobacteria*

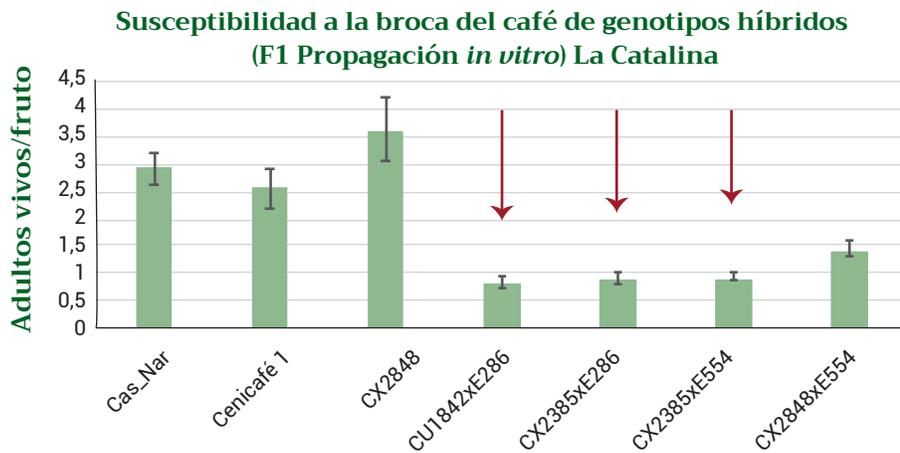


Figura 31. Promedio de adultos vivos en los genotipos híbridos y variedades comerciales, luego de 60 días de infestación en condiciones de campo en La Catalina. Las fechas indican los genotipos que estadísticamente (Scheffe test 5%) difieren del resto y presentan las menores poblaciones de brocas. Las barras indican el error estándar.



Figura 32. a. Réplica Parcela II. La Catalina. Líneas 6 (CX2385XE286) y 2 (CU1842XE286). 30 meses de edad. Estas líneas han mostrado menores poblaciones de broca y producción acumulada mayor que los materiales comerciales. **b.** Acercamiento a la producción línea 6.

(91%), *Firmicutes* (8%) y *Bacteroidetes* (1%). Se identificaron 12 géneros de bacterias, siendo los más abundantes *Pantoea* (42%), *Pseudomonas* (14%), *Stenotrophomonas* (11%), *Siccibacter* (9%), *Ochrobactrum* (7%) y *Enterococcus* (6%) (Figura 33). Entre los dos sitios de muestreo se compartieron siete especies de bacterias: *Pantoea coffeiphila*, *P. vagans*, *P. pleuroti*, *Pantoea* sp., *Pseudomonas parafulva*, *Siccibacter colletis* y *Stenotrophomonas maltophilia*. En cuanto a la estructura y dinámica de la microbiota total del tracto digestivo, un análisis de metataxonomía, mediante secuenciación Illumina del gen 16SrRNA, reveló que la diversidad y estructura de la comunidad de bacterias se mantiene constante desde huevo hasta adulto. Similar a lo observado en las bacterias cultivables, *Proteobacteria* (50,5%), *Firmicutes* (31,2%) y *Bacteroidetes* (6,6%) dominan la comunidad bacteriana del tracto digestivo. A nivel de especies y géneros, no existen diferencias en las abundancias

relativas de bacterias entre todos los estados de vida de la broca (Figura 34). Se consideran como géneros núcleo del tracto digestivo de broca a *Ochrobactrum*, *Pantoea*, *Erwinia*, *Acinetobacter*, *Stenotrophomonas*, *Pseudomonas* y *Agrobacterium*. Se identificaron como bacterias candidatas para utilizarse en paratransgénesis a *Ochrobactrum pseudogrignonense*, *Erwinia endophytica*, *Pantoea vagans*, *Acinetobacter johnsonii* y *Stenotrophomonas maltophilia*.

ENT104010.

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

La broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) continúa siendo la plaga más importante de la caficultura colombiana, ataca los frutos afectando la calidad y rentabilidad del cultivo. Los frutos de café emiten una serie de volátiles, algunos de estos son derivados de la ruta biosintética de los mono terpenos. A su vez estos volátiles son reconocidos por el insecto cumpliendo entre otras una función de atracción. Durante este año se realizaron varios experimentos de olfatometría (Figura 35) con el fin de evaluar el nivel de atracción de frutos verdes, pintones y maduros a la broca. Al comparar los diferentes estados entre sí, los frutos pintones mostraron un nivel de atracción 10% superior al de los frutos verdes y maduros, respectivamente. Adicionalmente, se determinó el grado de atracción de frutos infestados con broca versus no infestados. Los frutos infestados superan a los no infestados en un 5%, independientemente del

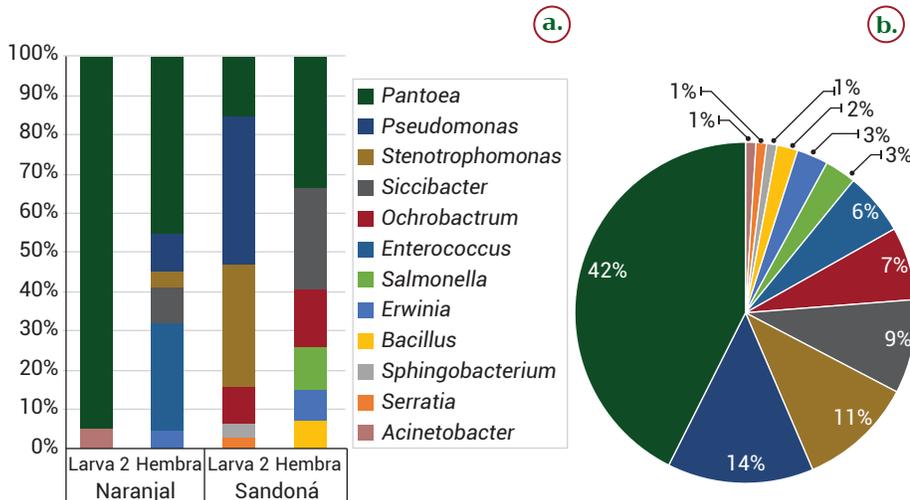


Figura 33. Abundancia relativa de géneros de bacterias cultivables del tracto digestivo de la broca.

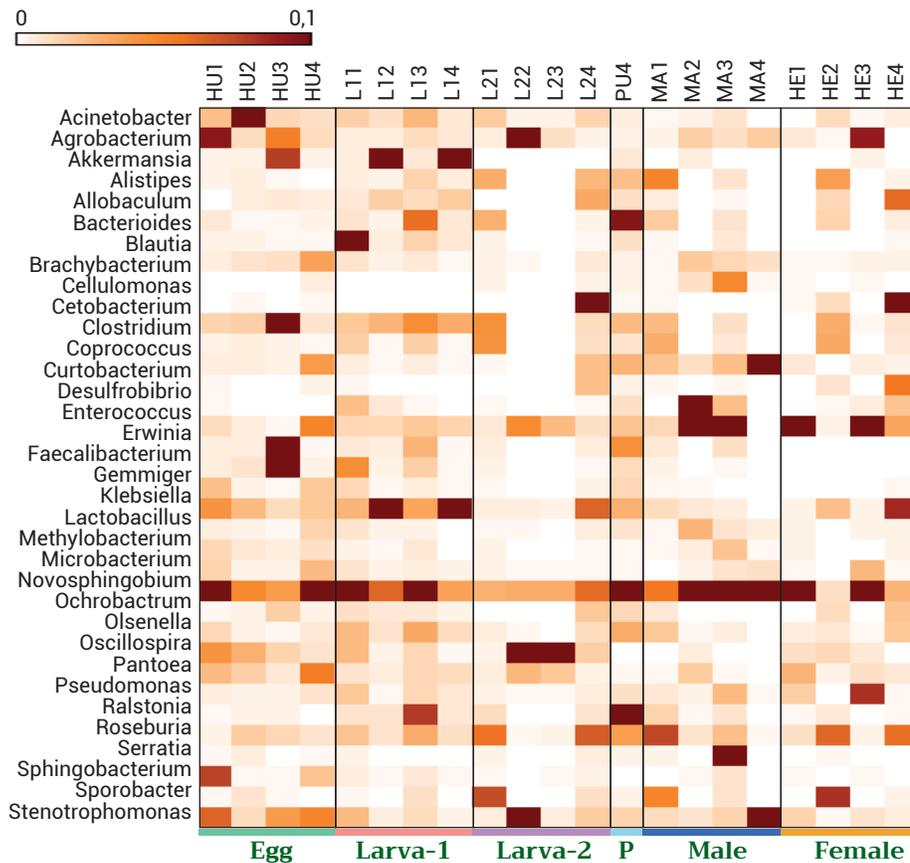


Figura 34. Abundancia relativa de géneros de la microbiota total, en estados de vida de la broca del café.

luego, la la mezcla de alcoholes metanol:etanol. Se encontró mayor atracción, 8% superior, de los alcoholes a la broca al ser comparada con el fruto verde. Al comparar la mezcla alpha 1 y alpha 2 vs el fruto, la mezcla muestra atracción 15% mayor. En el tratamiento mezcla de alpha 1 y alpha 2 vs mezcla metanol:etanol, alpha 1 y alpha 2 atraen 10% más a la broca que los alcoholes que se usan en las trampas de atracción. Los volátiles alpha 1 y alpha 2 son candidatos para ser identificados y silenciados en los frutos de café. Con el propósito de obtener plantas de café con menor atracción a la broca, se propone suprimir la expresión de los dos genes asociados con la producción de los volátiles alpha 1 y alpha 2, utilizando la metodología de CRISPR/Cas9. Para esto se identificaron y amplificaron en *Coffea arabica* las posibles secuencias genéticas asociadas a las dos enzimas principales encargadas de la síntesis de alpha 1 y alpha 2 (Figura 36). En café, el gen alpha 1 cuenta con una longitud de 2.908 bp, una región codificante de 2.021 bp que codifica para 566 aminoácidos y en el caso de alpha 2 el tamaño del gen es de 4.593 bp, con una región codificante de 1.827 bp con 608 aminoácidos.

ENT105000. Control químico de plagas del café

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

Dos líneas de broca (VE y BCS), previamente seleccionadas con las concentraciones letales CL80 y CL90 de clorpirifos, fueron incrementadas en el

estado de maduración. Estudios realizados previamente en Cenicafé permitieron la identificación de dos volátiles; alpha 1 y alpha 2, reconocidos por el insecto. La mezcla de estos fue evaluada para determinar su nivel de atracción. Primero se evaluó la preferencia de la broca a frutos verdes vs la mezcla de alpha 1 y alpha 2, y

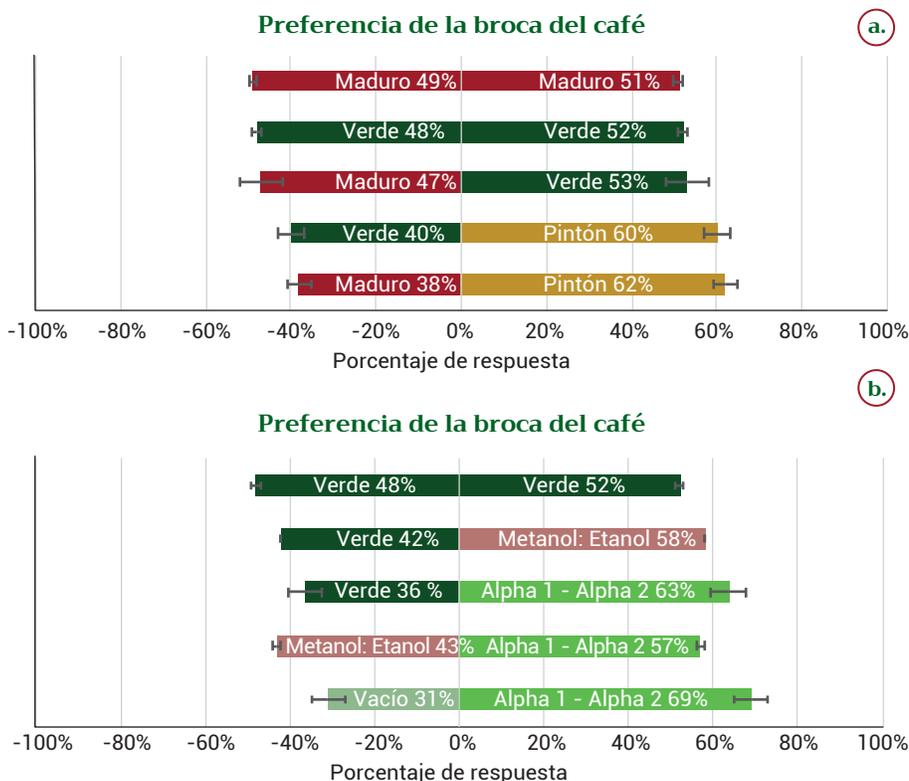


Figura 35. Preferencia de *H. hampei* en pruebas de olfatómetro de dos vías. **a.** Preferencia entre frutos en diferentes estados de desarrollo **b.** Preferencia entre frutos verdes y mezclas de alcoholes y mezclas de volátiles terpenos alpha 1 y alpha 2.

realizado siete montajes, de los cuales se tienen resultados para seis de ellos, cinco para medir el porcentaje de cuajamiento y uno para evaluar el efecto en la calidad; el mayor porcentaje de cuajamiento se presentó en el tratamiento que mide la polinización con la participación de los insectos con valores entre 77,0% y 86,14%, en el tratamiento que mide la polinización en ausencia de los insectos, el porcentaje de cuajamiento osciló entre 56,4% y 76,8%, comparándolo con el tratamiento con insectos. El tratamiento de autopolinización presentó valores entre 71,8% y 77,1%; adicionalmente, se registró mayor peso en el café cereza y en café almendra tipo supremo en el tratamiento con insectos, con respecto al tratamiento sin ellos. En cuanto a la fidelidad floral, las siguientes especies de abejas cargan polen de café: *Apis mellifera* con valores entre 0,93 y 0,98, *Tetragonisca angustula* entre 0,95 y 0,99, *Partamona cf. peckolti* con 0,86, *Nannotrigona pilosa* con 0,97, *Geotrigona cf. subgrisea* con 0,97 y *Lasioglossum sp.* carga polen de esta planta, pero en menor proporción con un valor de 0,64 (Figura 39). La abundancia de visitantes florales en arvenses y la riqueza de Apidae fue similar en lotes con manejo integrado y manejo excesivo de arvenses; mientras que Halictidae presentó mayor riqueza en lotes con manejo integrado y Formicidae en los lotes con manejo excesivo. En las arvenses, *Bidens pilosa*, *Hyptis atrorubens* y *Commelina spp.* se registró la mayor abundancia y riqueza de visitantes florales, también se encontraron 20 especies comunes entre visitantes de las arvenses y del café, donde la más abundante y frecuente fue *Pereirapis sp.* (Halictidae), estrechamente relacionada con la arvense *Hyptis atrorubens* (Lamiaceae).

año 2019 y 2020, durante seis generaciones, con el fin de evaluar el nivel de resistencia. Se estimó la CL media letal (CL50) y se comparó con la línea de brocas de referencia BSC sin selección en laboratorio (Tabla 24). Los resultados indicaron que la línea VE posee mayor CL50 (62,51 mg L⁻¹) que las brocas de referencia (53,47 mg L⁻¹), no obstante, la proporción de resistencia (RR = 1,2) es baja (Tabla 25 y Figura 37). Este resultado indicó una baja capacidad genética o fisiológica en esta población para desarrollar resistencia a clorpirifos en períodos cortos de tiempo o pocas generaciones.

ENT106000. Biodiversidad de la artropofauna de la zona cafetera colombiana

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. Se han registrado 19.142 individuos como visitantes florales del café, distribuidos en 250 especies, 63 familias y seis órdenes; Hymenoptera abarca la mayor abundancia y riqueza con 17.961 individuos y 113 especies; dentro de este orden el grupo más abundante y con mayor riqueza fue el de las abejas con 17.005 individuos y 59 especies de las familias Apidae, Megachilidae, Colletidae y Halictidae (Figura 38). En cuanto al efecto de estas visitas en la producción y calidad del café, se han

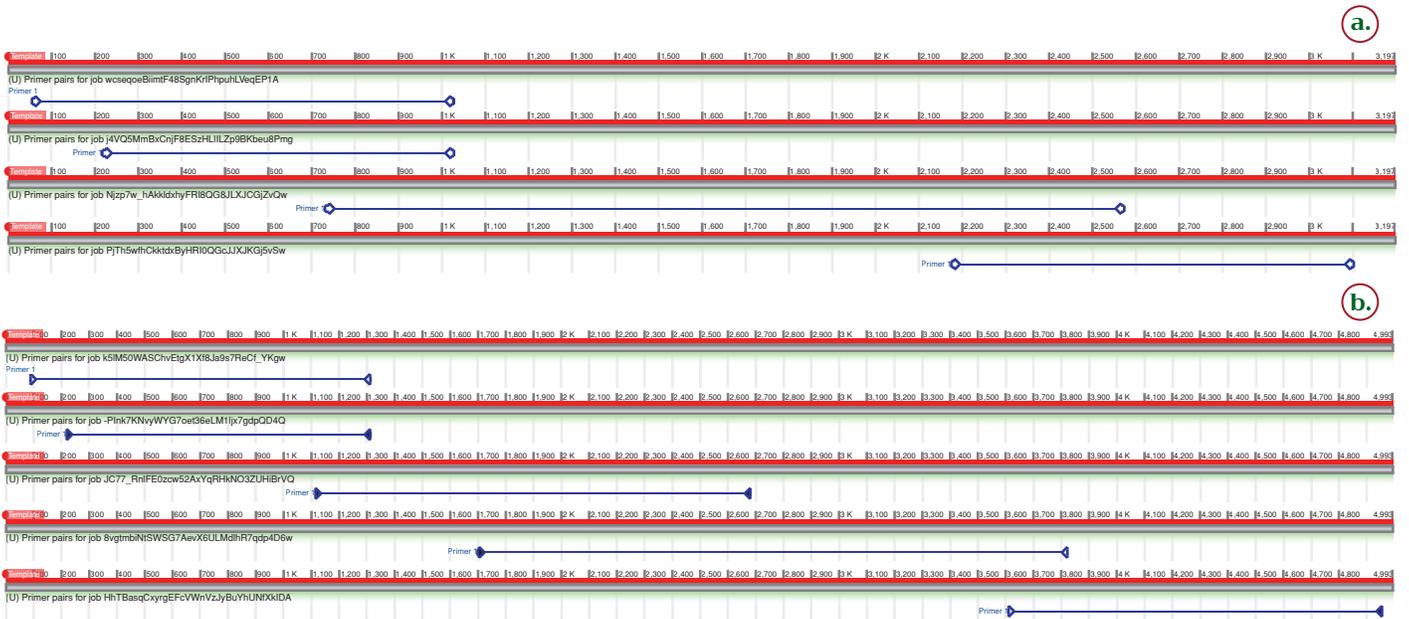


Figura 36. a. Secuencia genética del gen de la enzima alpha1. **b.** Secuencia genética del gen que sintetiza la enzima alpha 2. En azul se muestran los *primers* utilizados para la amplificación de los genes.

Tabla 25. Concentración letal media (CL50) para la línea de selección VE, a septiembre de 2020.

Línea de brocas	Total individuos [§]	Pendiente (±SE) ^{&}	R ²	CL50 (95% CI) [#]	CL99 (95% CI) [#]	X ² (p) ^ç
BSC	2.409	5,25 (±0,014)	0,925	53,47 mg L ⁻¹ (50,12-57,05)	152,84 mg L ⁻¹ (143,25-163,07)	0,994*
VE	2.062	5,33 (±0,014)	0,856	62,51 mg L ⁻¹ (58,65-66,63)	183,74 mg L ⁻¹ (172,38-195,85)	0,103*

[§]Total de individuos incluidos en el bioensayo. [&]Pendiente y error estándar (SE) de la ecuación de regresión lineal Probit. [#]Límites de confianza al 95%. ^çSignificancia Chi² (X²). *No significancia (p>0,05) indica que los datos se ajustan a la regresión.

ENT106003. Determinación del ciclo de vida, comportamiento y hongos asociados de las cochinillas que enquistan raíces del café. Durante la etapa inicial de la ejecución del proyecto se ha realizado la recolección de las especies de cochinillas encontradas en las raíces de café enquistadas, y se realizó la determinación taxonómica de cada una de las especies, encontrando las especies *Dysmicoccus* complejo *texensis* (*D. neobrevipes*, *D. brevipipes*, *D. texensis*) y dos nuevos registros que enquistan raíces del café, *Dysmicoccus varius* y *Dysmicoccus perotensis* (Figura 40). Se estableció un sistema para la cría de *Pseudococcus elisae* y la siembra de plántulas de café para determinar el ciclo de vida. Se estableció un lote con la variedad Cenicafé1 en el municipio de Quimbaya para el seguimiento de daños y se recolectó un hongo basidiomiceto asociado a *Dysmicoccus* complejo *texensis* (Figura 41) para su siembra en medio de cultivo.

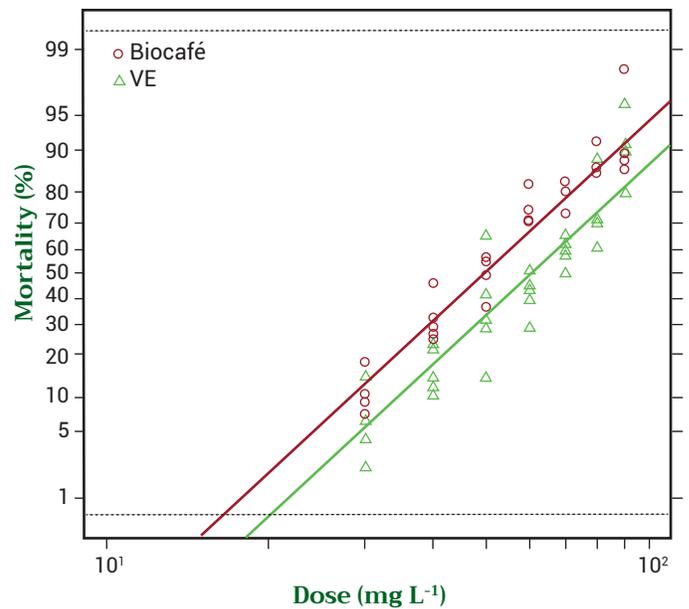


Figura 37. Tasa de mortalidad a diferentes concentraciones del insecticida clorpirifos en las línea VE y BSC de referencia.

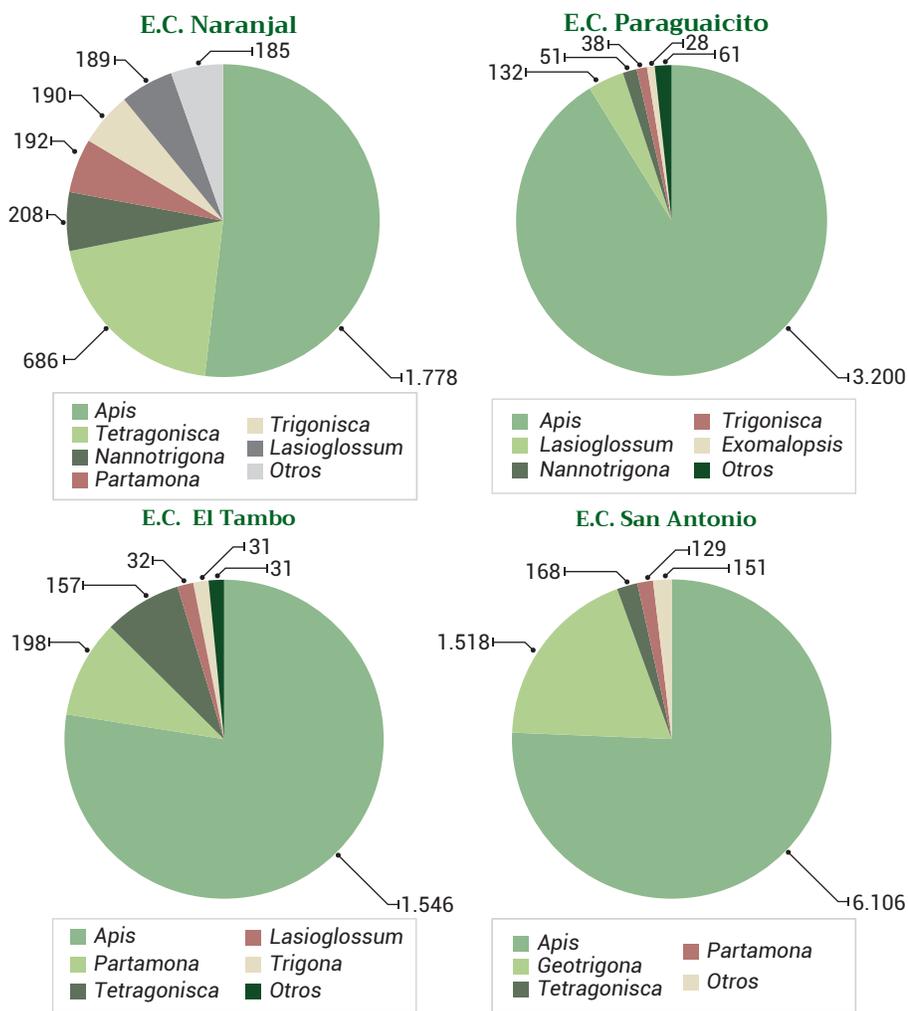


Figura 38. Abundancia para los géneros de la familia Apidae (Hymenoptera) evaluada en las estaciones experimentales Naranjal, Paraguaicito, El Tambo y San Antonio.

ENT107000. Validación del manejo integrado de plagas del café

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

En el departamento del Huila, desde el año 1998, la chamusquina del café *Monalonion velezangeli* ha ocasionado daños en el cultivo. Con el fin de anticipar la vigilancia fitosanitaria y proceder de manera oportuna con el control de este insecto, se corroboró y se ajustó el criterio para definir la asociación entre la humedad relativa nocturna y la presencia de brotes frescos afectados por el insecto en el campo, con el objetivo de proponer una alerta temprana para la plaga. El procedimiento para corroborar la influencia de dicha variable climática en la presencia de brotes afectados por el insecto fue: 1) comparar la variable de clima asociada a la presencia de chamusquina entre predios del Huila con y sin ataques por el insecto y 2) ajustar el criterio para determinar la variable de clima asociada con la presencia de la plaga. De acuerdo con los resultados de esta investigación, la chamusquina es una plaga que ataca árboles de café sembrados en altitudes superiores a 1.550 m, donde ocurren disminuciones drásticas en la humedad relativa nocturna promedio

de 75% y posterior aumento progresivo de la misma, patrón que se repite en los municipios del departamento del Huila que están siendo afectados por la plaga (Tabla 26). Adicionalmente, se estableció que el valor de esta variable climática a partir de la cual comienzan los ataques en el campo estuvo directamente relacionado con la altitud del lugar, así: a 1.642 m, la humedad de alerta sería 68,6%, mientras que a 1.884 m sería de 78% (Tabla 27). A pesar de que la chamusquina lleva 13 años de ser identificada como plaga del café en el Huila, se desconocía el impacto de los daños sobre la producción. Para evaluar su efecto en la producción de café por planta en cafetales del Huila, se seleccionaron dos lotes infestados en los municipios de La Plata y Tarqui, con aproximadamente 600 árboles. En cada lote se realizó un censo de los árboles y se clasificaron los tallos de la siguiente forma: tallo sano, sin afectación (primera categoría); tallo con daño por la plaga ocurrido entre 15 y 18 meses atrás (segunda categoría); y tallo con daño ocurrido en los últimos 14 meses (tercera categoría). Posteriormente, se seleccionaron aleatoriamente 60 tallos por categoría, a los cuales se les retiraron y pesaron los frutos. Se comparó la producción promedio entre categorías mediante prueba Duncan al 5%. Los resultados mostraron diferencias estadísticas a favor de las plantas sanas en La Plata, indicando una reducción de la producción por árbol del 37,8% (Figura 42). En el lote de Tarqui hubo diferencias a favor de las categorías 1 y 3, con una reducción en la producción por árbol superior al 50% en la categoría 2. Se concluye que la chamusquina ocasiona reducciones en la producción por árbol, la cual se manifiesta 15 meses después de los ataques.

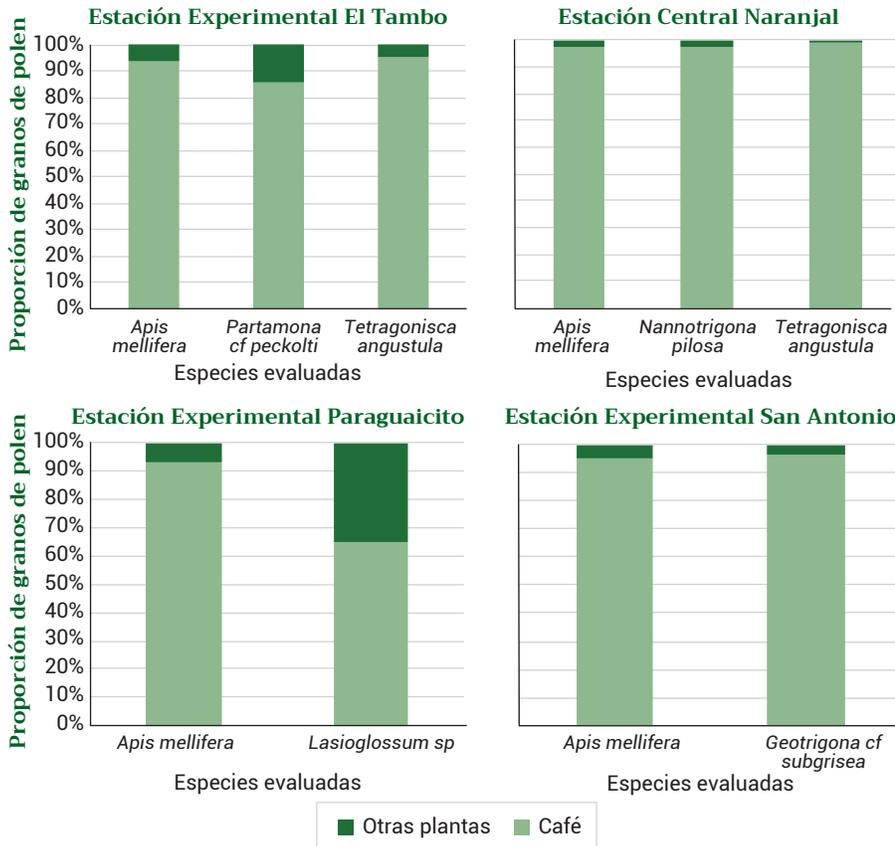


Figura 39. Evaluación de fidelidad floral a partir del polen recolectado de seis especies de abejas en las estaciones experimentales El Tambo, Naranjal, Paraguaicito y San Antonio.



Figura 40. Nuevo reporte de especies de cochinillas enquistando raíces de café. **a.** *Dysmicoccus varius* y **b.** *Dysmicoccus perotensis*.

ENT107010. Generación de mapas de vulnerabilidad para el daño causado por la broca del café. Se generó la información para la construcción de los mapas de vulnerabilidad para la broca del café en los departamentos cafeteros de Colombia. Mediante técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando el software ArcGIS en su versión 10.3.1, a partir de los Ecotopos Cafeteros



Figura 41. Hongo basidiomiceto asociado a *Dysmicoccus* complejo *texensis*.

y de la información actualizada del Sistema de Información Cafetera, SICA en 2019, se generó la máscara para cada uno de los departamentos, determinándose el número de píxeles que representan 1,0 km². En cada píxel se asoció la temperatura media diaria para los escenarios El Niño, Neutro y La Niña. Con esta información, para cada píxel y cada escenario del ENOS, se estimó el número de generaciones de broca en función de la temperatura, de acuerdo con la fórmula $NG = -18,1273 + 1,2462 T$ (Figura 43). Con la estimación del número de generaciones de broca, para cada escenario, se agruparon los píxeles en cuatro categorías de vulnerabilidad: muy baja (≤ 4), baja (> 4 y ≤ 7), moderada (> 7 y ≤ 11) y alta (> 11).

Finalmente se verificó que, el promedio de generaciones de las categorías o grados de vulnerabilidad, sean diferentes estadísticamente, según prueba de Duncan al 5%. Se estableció una interpretación por cada rango de vulnerabilidad (Tabla 28).

Tabla 26. Humedad relativa media nocturna mensual en estaciones cercanas a lotes con y sin afectaciones por chamusquina, con su respectivo error estándar (E.E.).

Mes	Lotes sin afectaciones por chamusquina		Lotes con afectaciones por chamusquina	
	Media (%)	E.E.	Media (%)	E.E.
1	87,41 A	0,27	84,75 B	0,37
2	85,69 A	0,33	82,99 B	0,35
3	86,57 A	0,28	84,98 B	0,31
4	88,64 A	0,27	85,44 B	0,28
5	89,19 A	0,26	85,20 B	0,25
6	90,04 A	0,25	84,21 B	0,25
7	89,00 A	0,27	80,92 B	0,25
8	84,92 A	0,32	76,96 B	0,28
9	83,07 A	0,33	75,56 B	0,31
10	86,58 A	0,28	83,57 B	0,30
11	89,56 A	0,24	89,26 A	0,24
12	87,58 A	0,28	84,53 B	0,38

Para cada mes, letras no comunes implica diferencia entre promedios, según prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

Tabla 27. Coeficientes de regresión y determinación, por municipio, para el modelo estadístico que describe el comportamiento de brotes frescos afectados por lote, en función del promedio de la humedad relativa media nocturna, ocurrida 15 días antes de la aparición de brotes afectados frescos por chamusquina (t-1).

Municipio	Altitud (m)	Coeficientes de regresión		r ² (%)	a/b
		A	b		
La Plata	1.642	- 551,18	8,03	94,1	68,6
Tarqui	1.730	-327,31	4,64	86,5	70,5
La Argentina	1.884	-156,88	2,01	94,3	78

ENT107011. Producción masiva de parasitoides africanos para el control de la broca en grandes áreas.

A pesar de que se importaron desde África parasitoides para el control biológico de la broca del café, se estandarizaron los métodos de cría y se evaluó en el laboratorio y campo, aún no se producen masivamente para su liberación en estrategias que disminuyan el impacto de la broca. Con el objetivo de escalar la producción masiva de



Figura 42. Evidencia fotográfica del estado fenológico de los ejes de los árboles en el lote de La Plata. **a.** Categoría 1; **b.** Categoría 2; **c.** Categoría 3.

parasitoides africanos se están llevando a cabo las siguientes actividades: 1. Recuperación e incremento de las colonias de los parasitoides africanos *Phymastichus coffea*, *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis*; 2. Producción a

pequeña escala de la broca en dietas artificiales y cría de los parasitoides; y 3. Liberaciones masivas de parasitoides en áreas confinadas para el control de la broca del café y evaluación del impacto. Hasta el momento, se han logrado recuperar 73 individuos

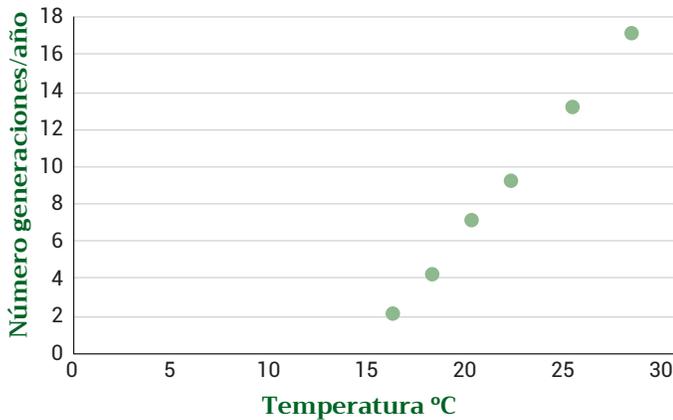


Figura 43. Número potencial de generaciones de broca del café en función de la temperatura de acuerdo a ecuación $NG = -18,1273 + 1,2462 T$, donde NG: Número de generaciones y T: temperatura media anual

Tabla 28. Interpretación del mapa de vulnerabilidad a la broca del café.

Vulnerabilidad a broca del café	Interpretación del mapa de vulnerabilidad a la broca del café
Muy baja	La broca no es limitante de producción ni calidad.
Baja	La broca podría ser una limitante de la calidad de producción si no se realiza la cosecha oportuna del café.
Moderada	Se debe monitorear la broca para realizar las labores de manejo integrado de broca.
Alta	Se deben implementar las medidas de manejo integrado para no afectar la producción ni la calidad del café

de *P. nasuta* provenientes de varias localidades cafeteras del departamento de Nariño y cuatro individuos de *C. stephanoderis* provenientes de Chinchiná, Caldas. Se han realizado ensayos para el ajuste de la producción de broca y *P. coffea* sobre dietas artificiales para la producción masiva de parasitoides. Adicionalmente, se caracterizó el área de la Estación Naranjal que se utilizará como testigo en la evaluación del impacto de las liberaciones masivas de los parasitoides. Finalmente, se realizó la proyección de cría sobre broca en dieta artificial y la planeación de las liberaciones de *Phymastichus coffea* y *Prorops nasuta* en los lotes tratamiento ubicados en los alrededores de Naranjal.

ENT107012. Evaluación en el campo y validación de un producto fitoquímico para el control de la broca del café y su eficacia en otros insectos. Considerando las limitaciones en el uso de insecticidas químicos

para controlar la broca del café, además de la futura regulación y prohibición de algunos pesticidas en el país, se requieren nuevas moléculas más inocuas y menos tóxicas en el agroecosistema cafetero, como alternativas para el manejo de la broca y otros insectos. Con el fin determinar la efectividad de un producto fitoquímico constituido de compuestos naturales se está evaluando, durante tres ciclos de cosecha, el efecto de aplicaciones de la emulsión dentro del manejo integrado de la broca (MIB1) comparado con el manejo tradicional usando un insecticida organofosforado (MIB2), y un control experimental sin aplicación, en tres plantaciones de café sembradas en las Estaciones Experimentales La Catalina y Paraguaicito. Los resultados obtenidos durante el primer ciclo muestran que tanto el uso del fitoquímico como el organofosforado reducen la población de broca en los árboles (Figura 44) y permitieron avanzar a la etapa de validación, en dos fincas comerciales, donde se está comparando el manejo tradicional del caficultor generalmente con insecticidas químicos (MIB2) con la estrategia MIB1. Las aplicaciones del insecticida fitoquímico en las parcelas de validación han mostrado resultados promisorios para ser incluido dentro del MIB, debido a que las dos medidas de manejo utilizadas presentan una efectividad similar en el control de la plaga. Para el tercer ciclo de cosecha se incluyeron cinco lotes comerciales en las Estaciones Naranjal, Paraguaicito y La Catalina, donde se está realizando la validación del producto fitoquímico.

Para entender el modo de acción del producto fitoquímico se evaluó la eficacia de los componentes y el producto en el laboratorio; se realizaron pruebas de olfatometría y ensayos de preferencia en un sistema abierto. Los resultados permitieron concluir que existe efecto sinérgico entre los componentes del formulado (Figura 45a). Las pruebas de olfatometría (Figura 45b) y preferencia (Figura 25c) indicaron que el producto presenta efecto repelente; sin embargo, la repelencia no es mediada por volátiles, sino que es táctil y está dada por el contenido del componente A en el formulado. La combinación del efecto repelente y la mortalidad que causa el producto sobre la broca es lo que permite proteger el fruto de café. Adicionalmente se evaluó el efecto preinfestación del producto en el laboratorio sobre *Leucoptera coffeella*, mostrando ser efectivo sobre el insecto al no encontrar daño en las hojas tratadas. También se evaluó el efecto sobre *Spodoptera frugiperda* en condiciones de invernadero en plantas de maíz, en las que presentó una protección menor al 50% y se observó efecto fitotóxico, lo cual implica que el producto no se recomienda para proteger este cultivo.

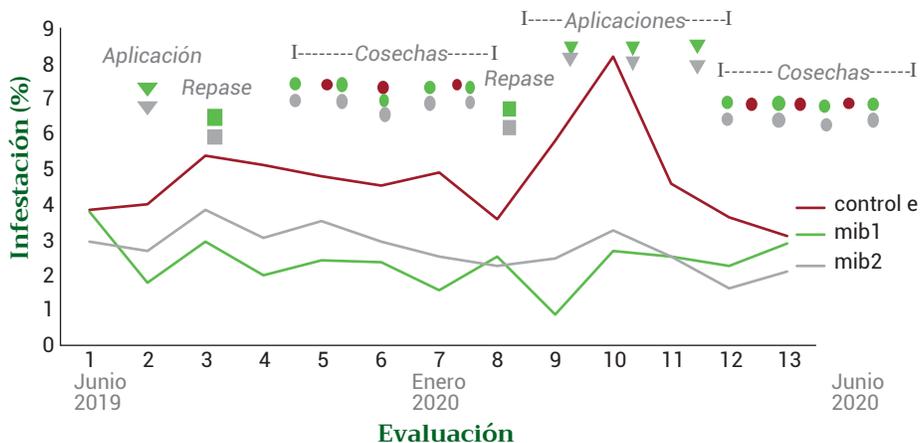


Figura 44. Evaluación de la efectividad de las medidas de manejo integrado en la infestación por broca en los árboles del lote cítricos (La Catalina, Risaralda).

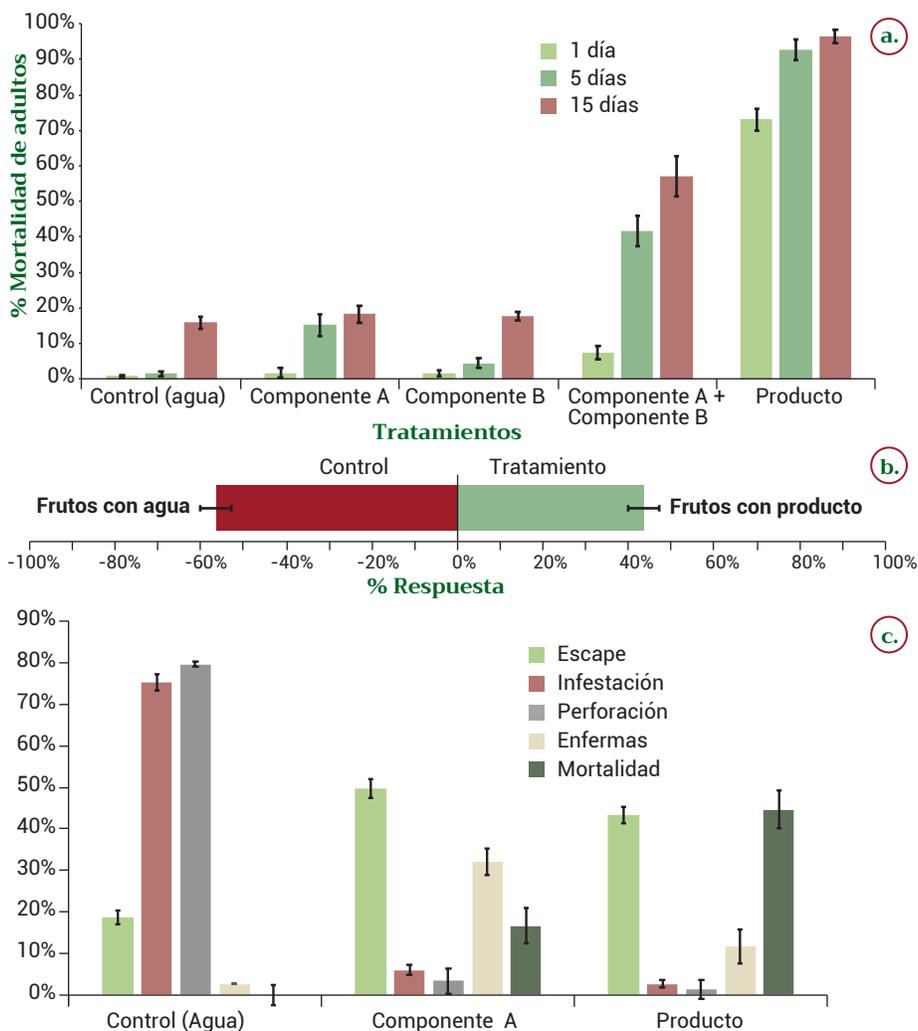


Figura 45. Evaluaciones del producto fitoquímico. **a.** Efecto pre-infestación de los componentes y el producto fitoquímico. **b.** Respuesta de la broca en el olfatómetro ante el producto fitoquímico. **c.** Evaluación de preferencia en sistema abierto, porcentaje de escape, infestación de frutos de café, porcentaje de perforaciones, porcentaje de brocas enfermas y porcentaje de mortalidad.

Experimentación

Para el informe comprendido entre el 1º de octubre de 2019 y el 30 de septiembre de 2020, la Disciplina de Experimentación continuó con la coordinación técnico-administrativa de las ocho Estaciones Experimentales, con un área total de 528,94 ha. De ellas, 167,04 ha están sembradas en café, el 50% están destinadas a la producción de semilla de variedades Castillo® General, Castillo® Regional, Cenicafé 1, Castillos Zonales y Tabi; el 17% en proyectos de investigación y el 33% en el parque experimental, que equivale a áreas con lotes potenciales para establecer nuevas actividades de investigación.



En el uso del suelo se mantienen 146,65 ha destinadas a la conservación de aguas, guadua y bosques, 41,52 ha en pastos, 16,04 ha en infraestructura y 152,08 ha en otros usos y áreas no cultivables.

Además, se cuenta con un huerto de macadamia en la Estación Experimental Paraguaicito, que ocupa un área de 4,79 ha en aprovechamiento comercial. Allí mismo, se continuó con actividades de investigación en el cultivo de maíz, en convenio con Fenalce, que demanda un área de 0,82 ha. Los experimentos desarrollados para este período en fincas de agricultores ocuparon 3,61 ha.

Se desarrollaron 126 réplicas de investigaciones en las Estaciones Experimentales de Cenicafé; de ellas, están vigentes 109. Por disciplinas, se destacan por su participación en el desarrollo de investigaciones, Entomología y Mejoramiento Genético con 25 cada una, Fitotecnia con 21, entre otras.

En cuanto a las Estaciones Experimentales donde se desarrollan las réplicas, se destacan Naranjal con 48, seguido de Paraguaicito con 23, El Tambo con 15 y La Catalina con 11.

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

Un segundo objetivo de la Disciplina es apoyar al Servicio de Extensión en actividades de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé. En el período, se recibieron 2.883 visitantes, el 41% de ellos correspondieron a caficultores, el 18% a extensionistas, el 22% a personas con formación técnica y el 6% a estudiantes universitarios, entre otros. De los objetivos que se tienen planteados por la Disciplina de Experimentación, este fue el único que presentó dificultades para su cumplimiento y desarrollo, sin embargo, se resalta la labor de difusión de las tecnologías generadas por Cenicafé a través de medios virtuales, en este caso se realizaron tres días de campo con énfasis en los cultivos de maíz y frijol para promocionar los cultivos intercalados con café en áreas de renovación por zoca y siembra. Adicionalmente, se presentó un seminario virtual para el Servicio de Extensión y caficultores en la temática del sistema de producción de semilla de variedades mejoradas de café, de la FNC.

El tercer objetivo, es la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Federación Nacional de Cafeteros (SGI) en el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica, con el alcance a todas las Estaciones Experimentales, la implementación de la norma ISO 14001 componente ambiental, en Naranjal, y OSHAS18001 en

todas las Estaciones Experimentales. 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, sin afectar su desarrollo por efectos de la pandemia, la implementación de prácticas encaminadas a la conservación del medio ambiente y el fortalecimiento de actividades con miras a afianzar la seguridad y salud en el trabajo, con énfasis en este período en la implementación del protocolo de bioseguridad para COVID-19 de la Federación Nacional de Cafeteros.

El cuarto objetivo de la Disciplina de Experimentación es la producción y distribución de semilla en las Estaciones Experimentales de Cenicafé, para este período se distribuyeron 81.949 kg de semilla de bolsa y 6.694 kg de semilla tipo Comités, con un cumplimiento del Acuerdo de Nivel de Servicio del 108% con semilla de bolsa y del 117% con ambas. Entre los Comités que demandaron mayor cantidad de semilla se destacan Antioquia con 12.332 kg, seguido de Cauca con 10.948 kg, Huila con 9.579 kg y Santander con 9.399 kg.

Por variedad, del total de semilla que se distribuyó en el período, se resalta el 34% de Cenicafé 1, seguido Castillo® General con el 31%, la variedad Castillo® El Tambo con el 15%, Castillo® El Rosario con el 7% y Castillo® Naranjal con el 4%. Al cierre del período del informe, se han distribuido 25.409 kg de semilla de Cenicafé 1 y 6.193 kg de semilla de Castillos Zonales.

De acuerdo con la procedencia de la semilla distribuida en este período, el 50% se obtuvo en la Estación Experimental Naranjal, seguido del 16% de la Estación El Tambo, el 15% de La Trinidad y el 9% de La Catalina.

Los resultados de las pruebas de control de calidad de la semilla en el laboratorio indican que todos los lotes distribuidos tuvieron un porcentaje promedio de germinación del 86,5% y las pruebas en arena arrojaron en promedio de germinación para todos los lotes el 86,1%.

Fisiología Vegetal



FIS102004. Efecto de las partículas de caolinita en plantas de café durante su etapa de almácigo. Los efectos del estrés térmico y/o irradiación sobre la planta de café pueden ser limitantes durante la etapa de almácigo, por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de partículas de caolinita cuando hay exceso de temperatura como ocurre en los

almácigos a libre exposición solar. En este informe se muestran los resultados de validación del primer experimento, cuyos datos fueron presentados el año pasado. Para el segundo experimento se estableció un germinador de *C. arabica* L. variedad Cenicafé 1, en el cual se implementaron los siguientes tratamientos: 1) K30: plantas con caolinita a 30 g L⁻¹ a libre exposición solar; 2) K60: plantas con caolinita a 60 g L⁻¹ a libre exposición solar; 3) SOL: plantas sin caolinita a libre exposición solar; 4) SOMBRA: plantas sin caolinita bajo una malla de protección solar con sombra del 60%. Se evaluaron variables asociadas con el peso seco, la distribución de la materia seca en órganos, características del follaje, parámetros fisiológicos de las hojas, albedo, temperatura de la hoja y un censo del estado de las plantas. Los resultados del segundo experimento mostraron que

con los tratamientos K60 y SOMBRA se obtuvieron plantas con mayor peso seco total que el tratamiento K30 (entre 21%-23%) al inicio, pero no al final del experimento donde no se encontraron diferencias; en cuanto a la partición de materia seca en la raíz esta tendió a ser mayor en el tratamiento SOL, en tallo los mayores efectos se encontraron con los tratamientos con caolinita y al sol y en las hojas lo fue el tratamiento SOMBRA (Tabla 29).

La pérdida de plantas en K60 y al SOL fue menor que en K30, no obstante, todos fueron mayores que bajo SOMBRA (entre 11% y 19%) (Figura 46). En los tratamientos con caolinita y a plena exposición solar las plantas presentaron menor área foliar y área foliar específica respecto a SOMBRA, indicando una adaptación morfológica a la luz, lo cual podría ser favorable después de trasplantarse al campo (Tabla 30).

La fotosíntesis se incrementó un 18,5% en el tratamiento K60 respecto al de SOMBRA, pero solo al final del experimento (Tabla 31). El tratamiento con caolinita a 60 g L⁻¹ refleja más la luz (albedo) respecto al expuesto directamente al sol (entre 6%-8%) y una temperatura de la hoja estadísticamente igual a la de bajo SOMBRA (Tabla 32). Considerando los resultados del primer experimento y los de la presente validación, se concluye que los tratamientos con caolinita a 60 g L⁻¹ y a luz solar directa, permiten obtener plantas con mayor peso seco, pero con un mayor grado de mortalidad en referencia al tratamiento bajo sombra. El tratamiento con caolinita a 60 g L⁻¹ también muestra ventajas como: un reducido albedo, menor temperatura de la hoja a plena exposición solar, características morfológicas en la hoja adaptadas a la luz. El uso de caolinita a 30 g L⁻¹ durante la etapa de almácigo debe evitarse porque reduce el crecimiento y se mueren más plantas, sin ventajas adicionales.

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

En esta investigación se evaluó el efecto del ácido salicílico (AS) en el desarrollo de frutos de café durante pre-cosecha. En las Estaciones Experimentales La Catalina (04°44'00" N, 75°44' W, 1.315 m.s.n.m) y Paraguaicito (04°23' N, 75°44' W, 1.203 m.s.n.m) sobre un cultivo de café variedad Castillo®, bajo un diseño completamente al azar se instalaron seis tratamientos correspondientes a tres dosis de AS (0,5 - 1,0 y 2,0 mM), aplicadas en dos tiempos (una semana antes del pico principal de cosecha y en el pico de cosecha), además de dos testigos sin aplicación de inhibidores (T1: recolección normal, T2: recolección con los tratamientos). Se evaluaron las variables porcentajes de frutos por estado de maduración (verdes (V), pintones (P), maduros (M), sobremaduros (S) y secos) en ramas (R), frutos caídos por rama, producción de café cereza por parcela y calidad sensorial usando la escala SCA, durante la cosecha principal de 2019. Los resultados indican que el porcentaje de frutos P+M+S en las ramas para los tratamientos 2 (semana antes del Pico Principal con la dosis de AS 1,0 mM) y 6 (semana del Pico Principal con la dosis de AS 2,0 mM) no presentaron diferencias estadísticas significativas respecto al T1 de recolección semanal en La Catalina, lo cual sugiere un leve control en maduración de los frutos, aunque sin mostrar diferencias con el T2 (Figura47). A pesar de no encontrarse diferencias estadísticas en el porcentaje de frutos secos y caídos en las ramas, los tratamientos 2 (semana antes Pico Principal con la dosis de AS 1,0 mM) y 3 (semana

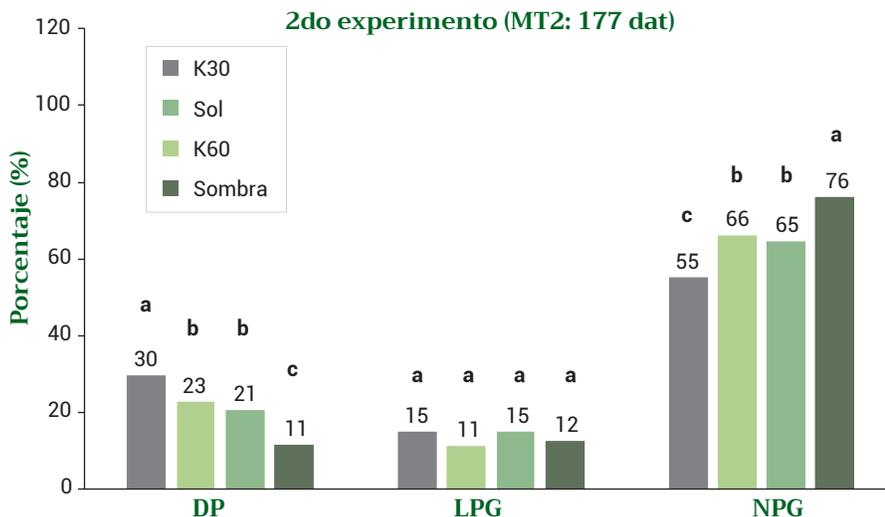


Figura 46. Porcentaje de plantas muertas (DP: %), con bajo crecimiento (LGP: %) y con crecimiento normal (NGP: %) de *C. arabica* var. Cenicafé 1 creciendo bajo cuatro tratamientos (K30: Plantas con caolinita a 30 g L⁻¹ a libre exposición solar; K60: plantas con caolinita a 60 g L⁻¹ a libre exposición solar; Sol: Plantas a libre exposición solar; Sombra: Plantas bajo una malla de protección solar con sombra del 60%) evaluados en el tiempo de medición dos (MT2) registrados en el segundo experimento. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre las medias dentro de cada grupo con la prueba de Z para la igualdad de proporciones ajustada por Bonferroni (Alpha=0.05). dat: días después del trasplante a bolsa.

Tabla 29. Peso seco total (DW_Total: g) y su distribución por órganos (R_Raíz: g g⁻¹; R_Tallo: g g⁻¹; R_Hojas: g g⁻¹) en plantas de *C. arabica* var. Cenicafé 1 creciendo bajo cuatro tratamientos (K30: plantas con caolinita a 30 g L⁻¹ a libre exposición solar; K60: plantas con caolinita a 60 g L⁻¹ a libre exposición solar; SOL: plantas a libre exposición solar; SOMBRA: plantas bajo una malla de protección solar con sombra del 60%), evaluados en dos tiempos de medición (MT1 y MT2) registrados en el segundo experimento.

	Trat.	2do Experimento (May2019 - Nov2019)			
		MT1 (87 dat)		MT2 (177 dat)	
DW_Total	K30	0,87 ± 0,27	b	3,71 ± 1,49	a
	K60	1,13 ± 0,41	a	3,70 ± 1,51	a
	SOL	0,99 ± 0,34	ab	3,69 ± 1,39	a
	SOMBRA	1,11 ± 0,33	a	3,35 ± 0,81	a
R_Raíz	K30	0,15 ± 0,04	ab	0,18 ± 0,07	ab
	K60	0,16 ± 0,04	a	0,18 ± 0,06	ab
	SOL	0,14 ± 0,04	b	0,17 ± 0,05	b
	SOMBRA	0,16 ± 0,04	a	0,20 ± 0,03	a
R_Tallo	K30	0,18 ± 0,04	a	0,22 ± 0,06	a
	K60	0,17 ± 0,03	ab	0,22 ± 0,04	a
	SOL	0,16 ± 0,03	b	0,24 ± 0,04	a
	SOMBRA	0,13 ± 0,02	c	0,17 ± 0,02	b
R_Hojas	K30	0,68 ± 0,06	bc	0,59 ± 0,07	b
	K60	0,67 ± 0,04	c	0,60 ± 0,07	b
	SOL	0,70 ± 0,05	ab	0,60 ± 0,07	b
	SOMBRA	0,71 ± 0,04	a	0,63 ± 0,03	a

Los valores corresponden a la media ± desviación estándar (n=50). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre las medias dentro de cada TM con la prueba de Games-Howell (Alpha=0,05). dat: días después del trasplante a bolsa.

antes Pico Principal con la dosis de AS 2,0 mM) de Paraguaicito y en el tratamiento 6 (semana Pico Principal con la dosis de AS 2,0 mM) de La Catalina muestran de forma descriptiva una baja abscisión de frutos similar a la observada en el T1 (Figura 47). La producción por parcela en Paraguaicito no presentó diferencias significativas entre tratamientos, pero en La Catalina, los tratamientos con AS y el Testigo 2 fueron estadísticamente menores que el Testigo 1 (Figura 48). La escala SCA no mostró diferencias significativas entre tratamientos en las localidades, para las muestras sin defectos (Figura 48).

Tabla 30. Área foliar total (LA: cm²), relación de área foliar (LAR: m² kg⁻¹), área foliar específica (SLA: m² kg⁻¹) en plantas de *C. arabica* var. Cenicafé 1, creciendo bajo cuatro tratamientos (K30: plantas con caolinita a 30 g L⁻¹ a libre exposición solar; K60: plantas con caolinita a 60 g L⁻¹ a libre exposición solar; SOL: plantas a libre exposición solar; SOMBRA: plantas bajo una malla de protección solar con sombra del 60%), evaluados en dos tiempos de medición (MT1 y MT2), en el segundo experimento.

	Trat.	2do Experimento (May2019 - Nov2019)			
		MT1 (87 dat)		MT2 (177 dat)	
LA	K30	51,7 ± 17,6	c	202 ± 70,8	b
	K60	72,7 ± 24,3	b	205 ± 77,0	b
	SOL	73,6 ± 28,1	b	219 ± 73,4	b
	SOMBRA	118,0 ± 34,6	a	286 ± 61,9	a
LAR	K30	6,0 ± 1,05	d	5,7 ± 1,06	b
	K60	6,5 ± 0,61	c	5,7 ± 1,19	b
	SOL	7,8 ± 3,07	b	6,1 ± 1,25	b
	SOMBRA	10,7 ± 1,98	a	8,7 ± 1,14	a
SLA	K30	8,8 ± 1,46	c	9,6 ± 1,66	b
	K60	9,7 ± 0,92	b	9,9 ± 3,74	b
	SOL	11,3 ± 4,58	b	10,4 ± 2,06	b
	SOMBRA	15,2 ± 3,24	a	13,8 ± 1,59	a

Los valores corresponden a la media ± desviación estándar (n=50). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre las medias dentro de cada TM con la prueba de Games-Howell (Alpha=0,05). dat: días después del trasplante a bolsa.

FIS102008. Efecto del almacenamiento en la viabilidad, germinación y vigor en semillas de café bajo diferentes condiciones ambientales.

Con el objetivo de estimar las condiciones ambientales y el período de almacenamiento en el que las semillas de *Coffea arabica* L. mantienen una óptima capacidad germinativa, se evaluó el efecto de tres ambientes contrastantes de temperatura y humedad relativa (TTO1: 7,5°C y 90%HR; TTO2: 10,5°C y 65%HR; TTO3: 25°C y 55%HR) en semillas de la variedad Castillo® La Trinidad almacenadas durante 15 meses. En este informe se presentan los resultados luego de 15 meses de almacenamiento. Se evaluó la viabilidad del embrión por tinción con tetrazolio (TZ), emergencia de la raíz, emergencia de la chapola en arena y vigor de la chapola.

En cuanto a la viabilidad del embrión por tinción con TZ se realizó un análisis de correspondencias múltiples, con base en la clasificación encontrada en los tres tratamientos, durante los 15 meses de

Tabla 31. Tasa de asimilación neta (A: $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), conductancia estomática (gs: $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y uso eficiente del agua (WUE: mmol mol^{-1}) en plantas de *C. arabica* var. Cenicafé 1, creciendo bajo cuatro tratamientos (K30: plantas con caolinita a 30 g L⁻¹ a libre exposición solar; K60: plantas con caolinita a 60 g L⁻¹ a libre exposición solar; SOL: Plantas a libre exposición solar; SOMBRA: plantas bajo una malla de protección solar con sombra del 60%), evaluados en dos tiempos de medición (MT1 y MT2) en el segundo experimento.

	Trat.	2do Experimento (May2019 - Nov2019)			
		MT1 (87 dat)		MT2 (177 dat)	
A	K30	3,5 ± 1,4	a	8,7 ± 2,9	ab
	K 60	3,4 ± 1,3	a	9,2 ± 1,3	a
	SOL	2,6 ± 1,3	a	8,1 ± 1,6	ab
	SOMBRA	3,5 ± 1,8	a	7,5 ± 0,9	b
gs	K30	89 ± 34	a	245 ± 94	ab
	K 60	99 ± 46	a	231 ± 70	a
	SOL	63 ± 56	a	153 ± 38	b
	SOMBRA	79 ± 43	a	201 ± 56	ab
WUE	K30	1,22 ± 0,31	a	1,78 ± 0,38	ab
	K 60	1,14 ± 0,24	a	1,94 ± 0,28	ab
	SOL	1,41 ± 0,46	a	2,13 ± 0,36	a
	SOMBRA	1,40 ± 0,36	a	1,67 ± 0,29	b

Los valores corresponden a la media ± desviación estándar (n=10). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre las medias dentro de cada TM con la prueba de Games-Howell (Alpha=0,05). dat: días después del trasplante a bolsa.

almacenamiento. Se encontró que los criterios de tinción más informativos fueron las categorías A y E ($\chi^2=28146$, $gl=168$, $p=2,2 \times 10^{-16}$), mientras que las categorías B, C y D no aportaron información en cuanto al tiempo ni la influencia de los tratamientos sobre la viabilidad de los embriones. Se concluyó que la prueba de viabilidad con la solución TZ sólo distingue si hubo o no efecto de almacenamiento en las semillas (Figura 49a y 49b).

Se estimó la curva de supervivencia a partir del porcentaje de semillas con raíz emergente provenientes de cada tratamiento (Figura 50). El análisis estadístico indica que hay diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos de almacenamiento, estimado a través de la prueba log-rank en las curvas de supervivencia obtenidas por el método Kaplan-Meier ($\chi^2=120$, $gl=2$, $p=2 \times 10^{-16}$). El almacenamiento prolongado indujo un deterioro en la capacidad de emergencia de la raíz, siendo el TTO2 el ambiente que

Tabla 32. Albedo (Alb: $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (n=15) y temperatura de la hoja (T_Hoja: °C) (n=50) en plantas de *C. arabica* var. Cenicafé 1, creciendo bajo cuatro tratamientos (K30: plantas con caolinita a 30 g L⁻¹ a libre exposición solar; K60: plantas con caolinita a 60 g L⁻¹ a libre exposición solar; SOL: plantas a libre exposición solar; SOMBRA: plantas bajo una malla de protección solar con sombra del 60%), evaluados en dos tiempos de medición (MT1 y MT2) en el segundo experimento.

	Trat.	2do Experimento (May2019 - Nov2019)			
		MT1 (87 dat)		MT2 (177 dat)	
Albedo	K30	8,05 ± 1,10	b	8,32 ± 0,52	b
	K 60	9,50 ± 1,07	a	11,00 ± 0,69	a
	SOL	3,15 ± 0,37	c	2,88 ± 0,13	c
	SOMBRA	1,92 ± 1,15	d	2,79 ± 0,37	c
T_Hoja	K30	27,1 ± 1,5	a	26,6 ± 1,4	a
	K 60	25,4 ± 2,4	b	23,1 ± 1,9	b
	SOL	27,1 ± 1,6	a	27,3 ± 2,5	a
	SOMBRA	24,6 ± 0,9	b	22,9 ± 0,5	b

Los valores corresponden a la media ± desviación estándar. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre las medias dentro de cada TM con la prueba de Games-Howell (Alpha=0,05). dat: días después del trasplante a bolsa.

favorece una emergencia de la raíz superior al 0,75 durante todo el tiempo de evaluación.

Según la normativa de la Asociación Internacional de Ensayo de Semillas (ISTA), la germinación se define como la emergencia de una plántula completa, de manera que, con base en los resultados de las chapolas emergentes de semillas germinadas en un cuarto climatizado (temperatura 20-35°C, humedad relativa del 85%, fotoperíodo 14 horas día/10 horas oscuridad y radiación fotosintéticamente activa de 400 $\mu\text{mol fotonos} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) y sembradas en germinador de arena, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos de almacenamiento ($\chi^2=1930$, $gl=2$, $p=2 \times 10^{-16}$) El TTO2 de almacenamiento (10,5±2°C/65±7%HR) fue el que promovió una germinación prolongada en meses, superior al 75% (Figura 51).

El vigor de la chapola se evaluó a través de variables morfométricas de las chapolas y se realizó con 200 chapolas emergentes del germinador de arena, provenientes de cada uno de los tratamientos de almacenamiento y de cada mes de almacenamiento. En la Tabla 33 se presentan los valores de la longitud del hipocótilo (cm), diámetro de la base del hipocótilo (mm), área foliar de los

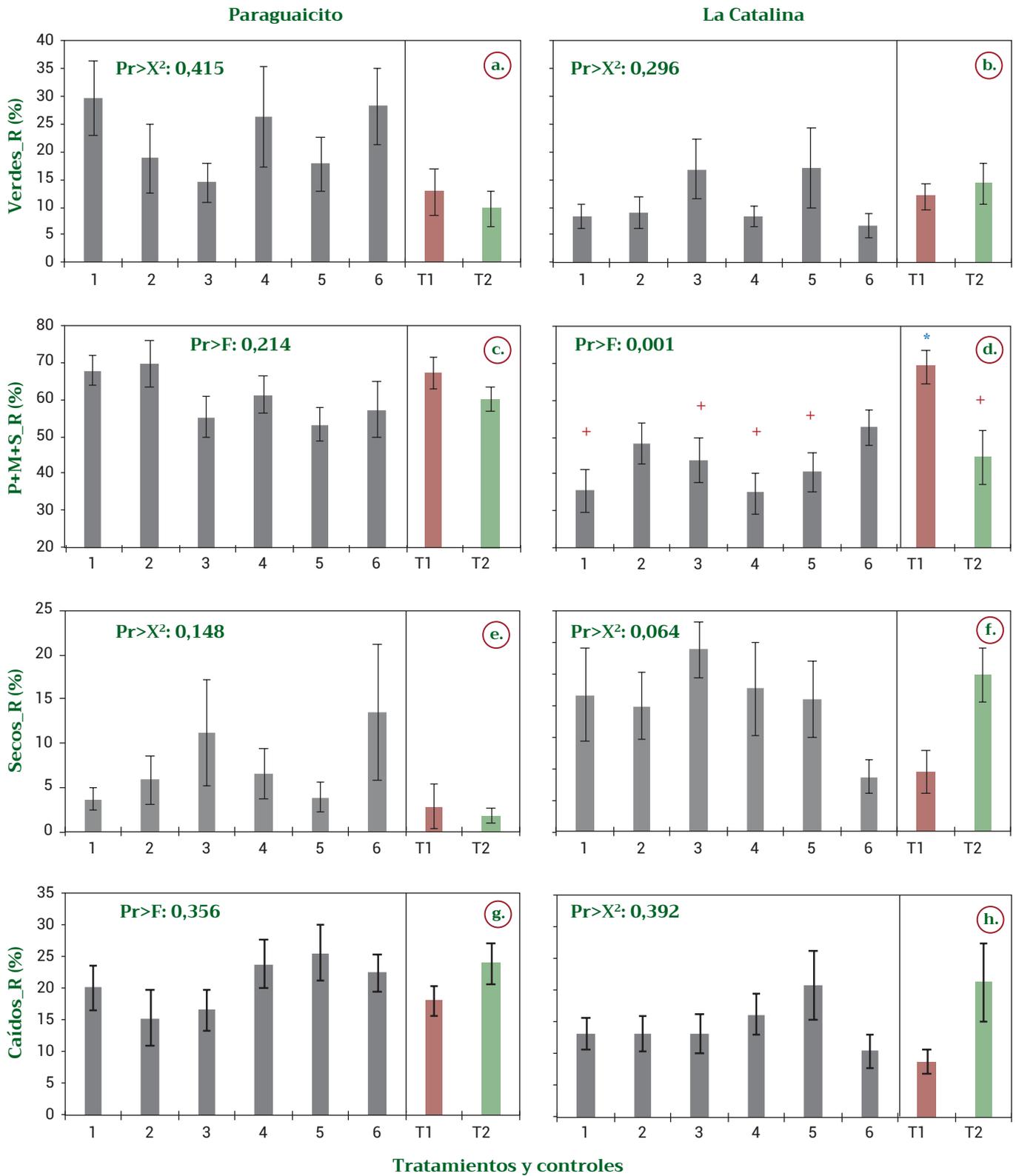


Figura 47. Porcentajes en ramas de Verdes (Verde_R) [a, b], Pintones + Maduros + Sobre-maduros (P+M+S_R) (c, d), Secos (Secos_R) [e, f] y Caídos en ramas (Caídos_R) [g, h] para seis tratamientos (1: Una semana antes PP - AS 0,5 mM, 2: Una semana antes PP - AS 1,0 mM, 3: Una semana antes PP - AS 2,0 mM, 4: Semana del PP - AS 0,5 mM, 5: Semana del PP - AS 1,0 mM, 6: Semana del PP - AS 2,0 mM) y dos controles (T1: Testigo 1 recolección normal, T2: Testigo 2 recolección con los tratamientos) en las localidades de Paraguaito y La Catalina. +: tratamientos (1-6) o T2 que son estadísticamente diferentes al T1 ($\alpha=0,05$). *: tratamientos (1-6) o T1 que son estadísticamente diferentes al T2 ($\alpha=0,05$).

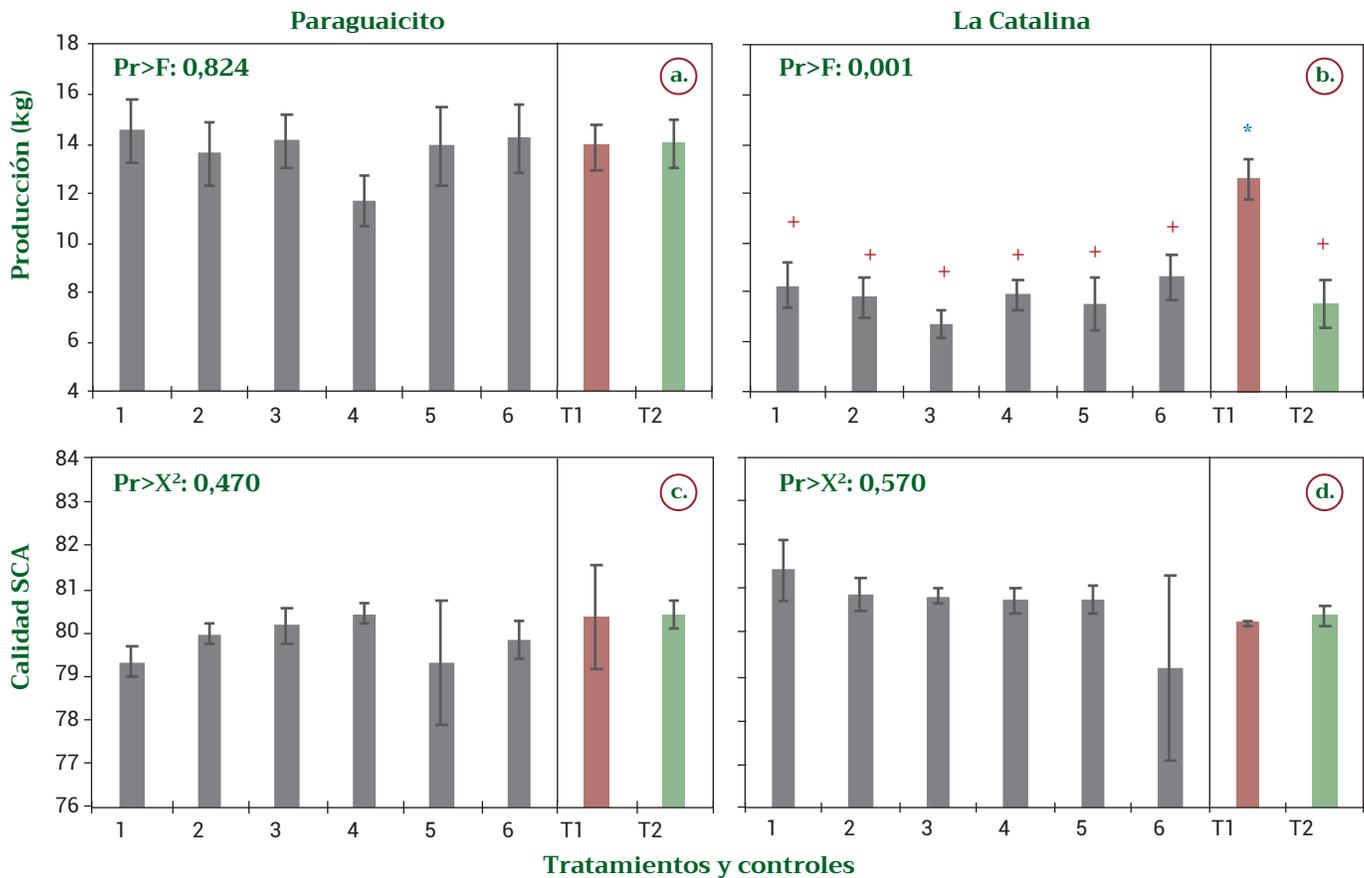


Figura 48. Producción por parcela y calidad en taza por la escala SCA para seis tratamientos (1: Una semana antes PP - AS 0,5 mM, 2: Una semana antes PP - AS 1,0 mM, 3: Una semana antes PP - AS 2,0 mM, 4: Semana del PP - AS 0,5 mM, 5: Semana del PP - AS 1,0 mM, 6: Semana del PP - AS 2,0 mM) y dos controles (T1: Testigo 1 recolección normal, T2: Testigo 2 recolección con tratamientos) en las localidades Paraguaicito y La Catalina. +: tratamientos (1-6) o T2 que son estadísticamente diferentes al T1 ($\alpha = 0,05$). *: tratamientos (1-6) o T1 que son estadísticamente diferentes al T2 ($\alpha = 0,05$).

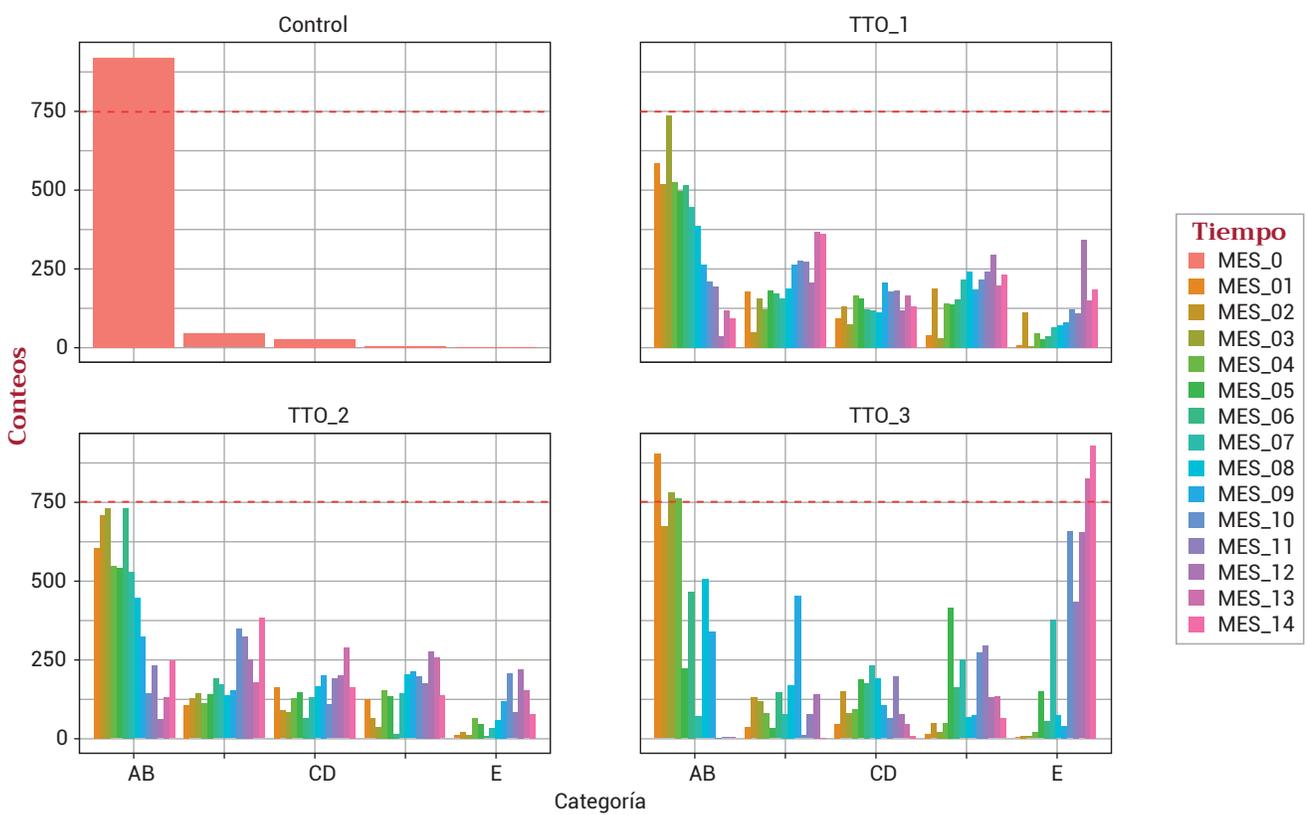
cotiledones (mm^2), longitud de la raíz pivotante (cm) y contenido de materia seca (g). En el TTO2 se observó un incremento en la longitud del hipocótilo durante los primeros ocho meses de almacenamiento, y esta misma tendencia se encontró en las chapolas emergentes del TTO1. En el TTO3 hubo un incremento durante los primeros cuatro meses de almacenamiento, y a partir del quinto mes hubo una disminución hasta el mes 10. En la longitud de la raíz se observó un incremento en TTO1 y TTO2, desde el primer mes de almacenamiento. En el TTO1 el aumento de la longitud de la raíz es continuo hasta el tercer mes, mientras que, en el TTO2 se observó

un incremento hasta el octavo mes de almacenamiento. En el TTO3 no hubo una tendencia definida. Los resultados de las variables de diámetro del hipocótilo, contenido de materia seca de las chapolas y área de los cotiledones, no mostraron una tendencia definida para todos los tratamientos y meses de almacenamiento que pueda relacionarse con la emergencia y la calidad de las chapolas.

Con base en las variables morfológicas, los resultados de emergencia de la raíz y de la chapola, se concluyó que las semillas de *C. arabica* conservaron en óptimas condiciones fisiológicas su capacidad de propagación hasta cuatro meses en el ambiente de almacenamiento correspondiente al TTO2 (TTO2: $10,5 \pm 2^\circ\text{C}/65 \pm 7\% \text{HR}$).

FIS108004. Desarrollo de un método para la transformación genética in planta de *Coffea arabica*.

Con el propósito de disponer de metodologías para la transformación genética de *Coffea arabica* que permitan futuros estudios genéticos del café se evaluaron dos métodos: el primero consistió en la infección de chapolas con la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* y el segundo, la polinización manual de flores emasculadas con polen genéticamente modificado. En este informe se describen los resultados obtenidos



a.



b.

Figura 49. a. Frecuencia de conteos de las diferentes categorías de tinción en solución de TZ al 0,5% en los diferentes meses de almacenamiento y tratamientos, en contraste con los embriones de semillas recién beneficiadas. La línea roja horizontal indica el 50% de los conteos en general. **b.** Discriminación de patrones de pigmentación en embriones de café teñidos con cloruro de tetrazolio al 0,5%. **1.** Tinción completa e intensa de todo el embrión, el color es rojo carmesí; **2.** embriones de color rosado y/o decoloraciones en el contorno de los cotiledones o de la radícula; **3.** embriones con decoloraciones marcadas en los cotiledones, radícula o en ambos, sin perder la conectividad en todo el embrión; **4.** Parches de decoloración que superan el 50% del área del embrión, o en su defecto, desconecta los cotiledones de la radícula; **5.** Embrión sin teñir.

Tabla 33. Diagrama de medianas y desviaciones estándar (\pm DE) de los parámetros morfométricos medidos en 200 chapolas emergentes por cada tratamiento y mes de almacenamiento. En color amarillo se encuentran los resultados derivados de las chapolas del control (semillas recién beneficiadas), en color verde se resaltan los valores en los que hubo un incremento en relación con los obtenidos en las semillas recién beneficiadas y en rojo se resaltan los valores en los que hubo disminución en contraste con los valores control. Los resultados iguales a los observados en el control se resaltan en amarillo. SG señala el tiempo (en meses) en el cual no hubo chapolas emergentes.

Parámetros	TTOS	MES_0	MES_1	MES_2	MES_3	MES_4	MES_5	MES_6	MES_7	MES_8	MES_9	MES_10	MES_11	MES_12	MES_13	MES_14
Longitud del hipocótilo (cm)	TT01	5,8	8	8	7	8	8	7,5	6,5	6,5	4,5	5,5	4,5	5,5	5,2	SG
	\pm DE	0,67	1,24	1,09	1,00	1,24	1,16	1,48	0,93	0,93	0,57	0,75	0,63	1,51	0,54	SG
	TT02	5,8	7,5	7,5	7	6,5	8	7,5	6,25	8	5,5	5,5	5,5	5,5	5,84	SG
	\pm DE	0,67	1,04	1,13	1,08	0,90	1,49	1,07	1,14	1,18	0,98	0,67	1,07	1,64	0,68	SG
	TT03	5,8	7	8,5	6	7	5,5	5	4,5	5,5	4	3,5	SG	SG	SG	SG
	\pm DE	0,67	0,98	1,22	0,94	0,90	0,79	1,20	0,87	0,93	0,76	0,80	SG	SG	SG	SG
Diámetro del hipocótilo (mm)	TT01	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,21	SG
	\pm DE	0,03	1,12	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,01	SG
	TT02	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	SG
	\pm DE	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	SG
	TT03	0,18	0,18	0,18	0,16	0,16	0,17	0,16	0,17	0,18	0,18	0,16	SG	SG	SG	SG
	\pm DE	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,04	SG	SG	SG	SG
Longitud de la raíz (cm)	TT01	9,5	11,5	9,80	11,5	9	8	9,3	9,3	9	7	7	9	7	9,5	SG
	\pm DE	1,99	2,67	2,33	2,69	1,96	1,91	2,16	2,04	1,99	1,50	1,71	2,17	2,25	1,84	SG
	TT02	9,5	11,5	11	12,5	12	11	12	10,5	10,5	9	8	10	8	9,45	SG
	\pm DE	1,99	2,45	2,36	2,56	2,45	2,31	2,33	2,33	1,98	2,36	2,03	2,35	2,15	1,93	SG
	TT03	9,5	11,25	7,25	13	8,5	10	8	8,5	10	9	9	SG	SG	SG	SG
	\pm DE	1,99	2,59	2,23	2,03	2,03	2,28	1,92	2,28	2,34	1,80	1,57	SG	SG	SG	SG
Contenido de materia seca de la chapola (g)	TT01	0,13	0,09	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,12	0,12	0,09	0,11	0,10	0,12	0,18	SG
	\pm DE	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06	0,02	0,09	0,09	0,05	0,20	SG
	TT02	0,13	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11	0,12	0,10	0,11	SG
	\pm DE	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,02	0,04	0,10	0,04	0,08	SG
	TT03	0,13	0,10	0,09	0,10	0,08	0,10	0,09	0,09	0,17	0,14	0,15	SG	SG	SG	SG
	\pm DE	0,03	0,02	0,02	0,06	0,03	0,03	0,02	0,07	0,06	0,04	0,07	SG	SG	SG	SG
Área cotiledones (mm ²)	TT01	895,01	951,80	952,50	893,40	779,79	861,61	811,53	997,23	794,36	744,79	894,53	829,01	1734,27	2458,57	SG
	\pm DE	123,15	156,09	171,74	134,30	141,80	153,21	146,66	165,79	157,39	142,00	175,82	190,30	372,44	601,20	SG
	TT02	895,01	944,60	912,98	846,35	797,37	722,33	786,75	759,43	763,21	847,91	897,18	871,27	1255,24	2188,94	SG
	\pm DE	123,15	145,71	165,40	141,46	133,49	131,90	115,40	188,11	122,22	148,37	195,55	132,69	323,00	459,41	SG
	TT03	895,01	896,67	880,69	853,93	820,11	861,00	670,81	758,28	947,90	888,05	987,20	SG	SG	SG	SG
	\pm DE	123,15	204,06	118,82	139,19	161,46	173,10	114,40	118,60	159,27	33,22	177,07	SG	SG	SG	SG

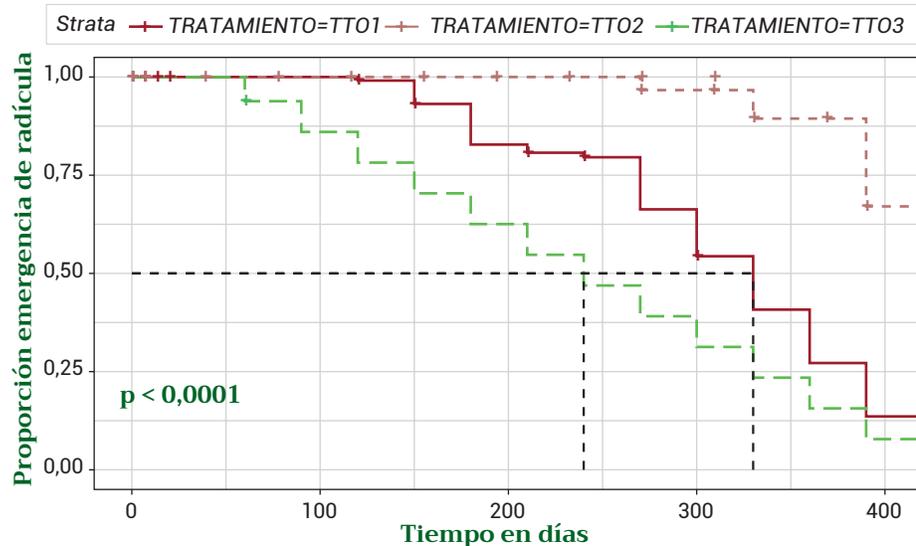


Figura 50. Curvas de supervivencia estimadas para la protrusión radicular de las almendras de *Coffea arabica* var Castillo® La Trinidad, correspondiente a los tres tratamientos de almacenamiento, en los 15 meses de evaluación.

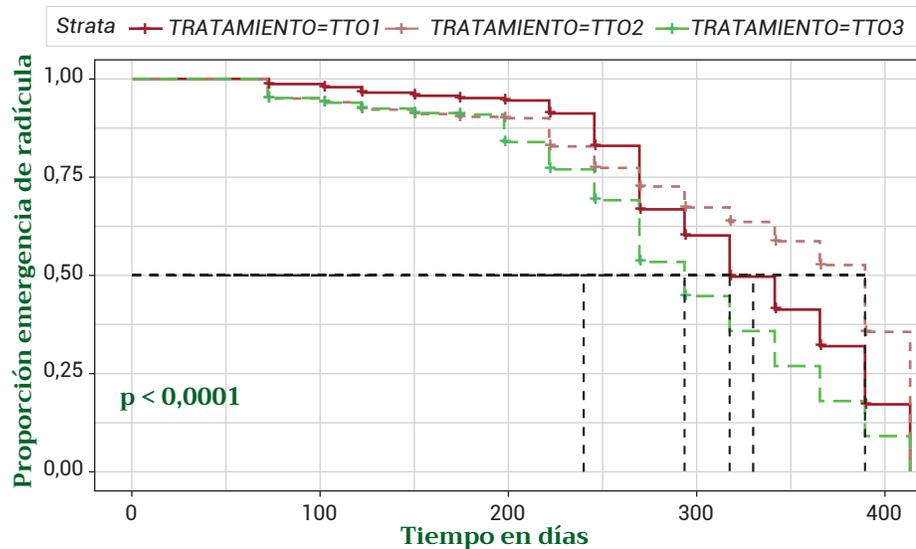


Figura 51. Curva de supervivencia estimada para la emergencia de las chapolas en cada tratamiento y tiempo de almacenamiento.

con el primer método. Se evaluaron diez tratamientos que constaron de dos cepas de *Agrobacterium* y cinco vectores de transformación. La unidad experimental estuvo conformada por 50 colinos de café de 2 meses de edad y se tuvieron cinco unidades experimentales por tratamiento (cinco repeticiones).

Transformación genética: se realizaron los experimentos con chapolas de *C. arabica* variedad Castillo®, donde el epicótilo aún se encontraba indiferenciado (Figura 52a). La infestación de las chapolas se realizó con las cepas de *Agrobacterium* EHA105 y GV3101, conteniendo los vectores *pEGAD*, *pEarlyGate 100*, *pORE-01*, *pORE-03* y *pPLV-01*. Los vectores (*pORE-01*, *pORE-03*) fueron construidos con el gen *pat* y los vectores *pEGAD*, *pEarlyGate 100*,

pPLV01 con el gen *bar*. Los dos genes confieren tolerancia al herbicida glufosinato de amonio y permitieron seleccionar las plántulas transformantes mediante aspersión foliar con el herbicida Finale®.

El epicótilo de cada chapola se punzó dos o tres veces con la punta de una jeringa de insulina previamente sumergida en el cultivo de *A. tumefaciens* de forma que la gota bacteriana penetrara el tejido (Figura 52b). Inmediatamente se colocó una mota de algodón impregnada con *A. tumefaciens* en medio de las hojas cotiledonales y sobre el epicótilo (Figura 52c). Luego, se juntaron las hojas cotiledonales con ayuda de un clip plástico para prevenir que la mota de algodón se moviera (Figura 52d). Las plantas infectadas se llevaron a una cámara de vacío durante 10 minutos (Figura 52e) y se incubaron durante dos días, a 26°C, en la oscuridad (Figura 52f). Se retiraron los algodones, las chapolas se sembraron en contenedores de turba y se colocaron en casa de malla bajo polisombra (50%) (Figura 52g).

Selección de plantas tolerantes al herbicida Finale®:

las plántulas con tres pares de hojas se asperjaron con el herbicida Finale® a una concentración de 0,8 g L⁻¹ del componente activo (Figura 52h). Transcurrido mes y medio se eliminaron las plantas afectadas y se realizó una segunda aplicación. Las plantas que mostraron tolerancia al herbicida se marcaron y la transformación genética se verificó mediante análisis molecular con las técnicas de PCR e inmunología.

Análisis molecular: se realizó la extracción de ADN del tejido foliar de las plantas tolerantes al herbicida y se

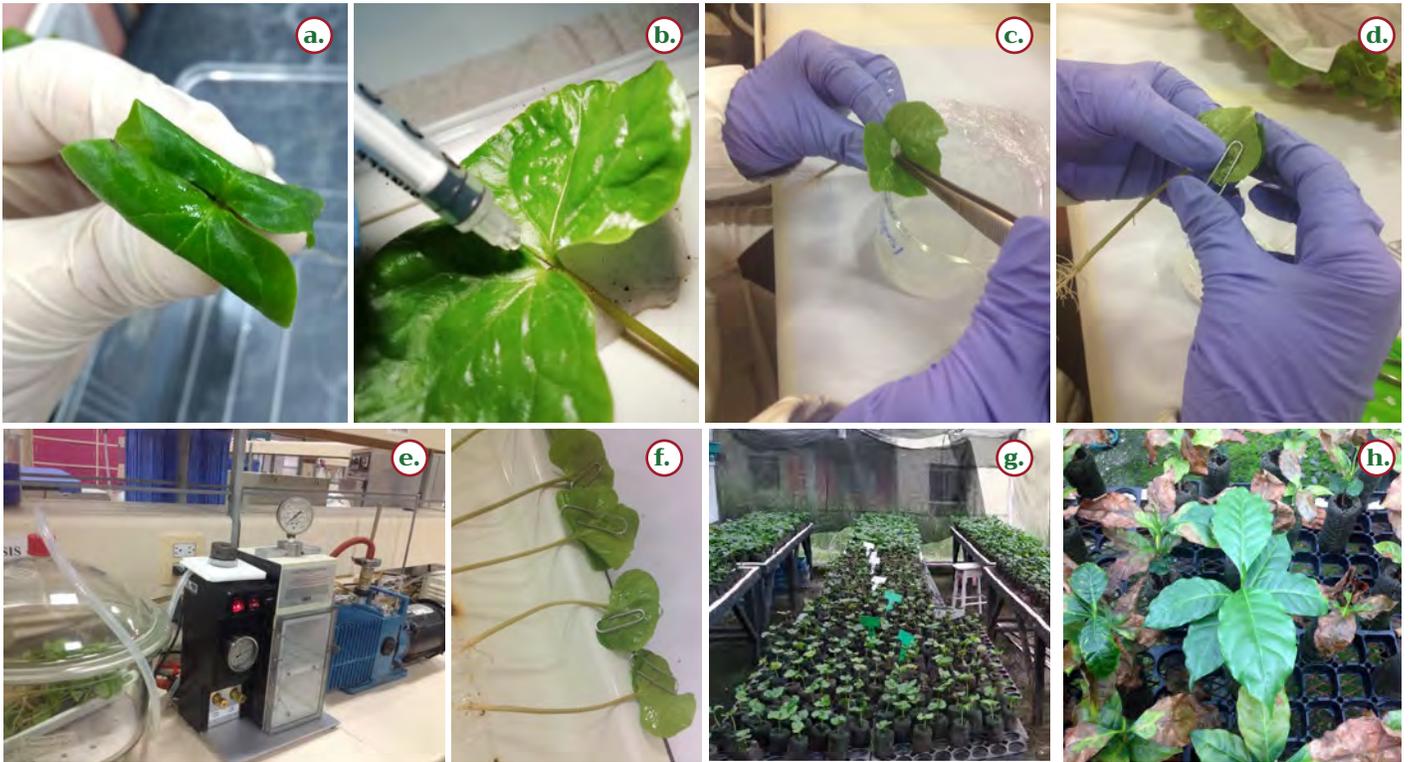


Figura 52. Método de transformación genética de *Coffea arabica* mediante *Agrobacterium*. **a.** Chapola de café sin diferenciación del primordio foliar, apta para la transformación. **b.** Infestación con *Agrobacterium* mediante heridas del tejido foliar con una jeringa conteniendo suspensión bacteriana. **c.** Cubrimiento del meristemo con mota de algodón impregnado de *Agrobacterium*. **d.** Fijación del algodón mediante cierre de las hojas cotiledonales con gancho. **e.** Plantas infestadas con *Agrobacterium* en cámara de vacío (10 minutos). **f.** Cocultivo de las chapolas con *Agrobacterium* durante dos días a 26°C. **g.** Crecimiento de colinos sembrados en contenedores de turba y fertilizados con solución Cosmocel® 20-30-10: Kelatex® Ca: Nitro K® (2:1:1). **h.** Colinos tolerantes a dos ciclos de aspersión con glufosinato de amonio (0,8 g L⁻¹).

evaluó la presencia del gen *bar* o *pat* mediante la prueba de PCR. Los productos de la PCR se visualizaron en geles de agarosa al 2%, con tinción de bromuro de etidio (Figuras 53 y 54).

Se seleccionaron las plántulas que dieron positivas por PCR y se utilizaron discos de hojas de 5 mm

de diámetro para realizar pruebas inmunológicas que detectarían la presencia de la proteína fosfinotricina acetiltransferasa (PAT), que es la responsable funcional de la tolerancia al herbicida (Figura 55). Las plantas que dieron positivas las pruebas de PCR y la detección inmunológica fueron trasplantadas a bolsas de 5 kg con suelo.

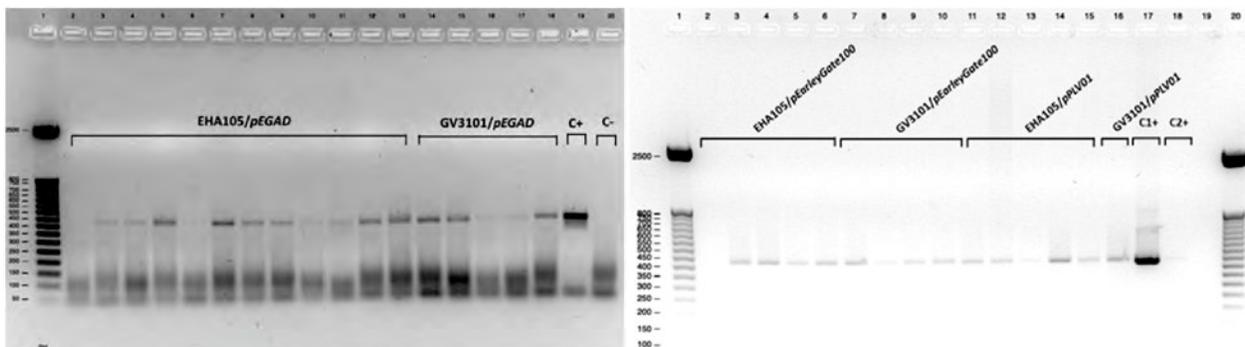


Figura 53. Electroforesis en geles de Agarosa de los productos de PCR obtenidos de plantas de *C. arabica* transformadas con el gen *bar* tolerantes al glufosinato de amonio. Se visualizan las bandas de un tamaño de 462 pares de bases, correspondientes a la amplificación del gen *bar* a partir del ADN de plantas transformadas con las cepas de *Agrobacterium* EHA 105 y GV3101, conteniendo los vectores de transformación *pEGAD*, *pEarleyGate100* y *pPLVp01*; C1+ y C2+: ADN purificado de los vectores de transformación que sirvieron de control positivo; C-: ADN de una planta de café sin transformar.

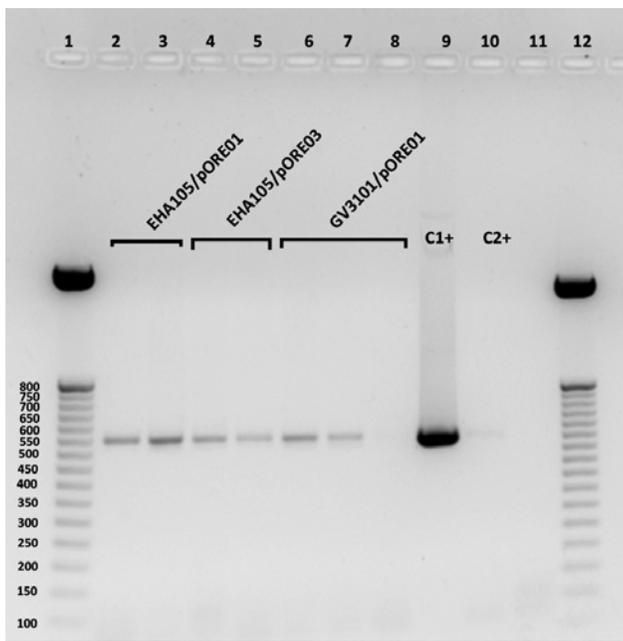


Figura 54. Electroforesis en geles de Agarosa de los productos de PCR obtenidos de plantas de *C. arabica* transformadas con el gen *pat* tolerantes al glufosinato de amonio. Se visualizan las bandas de un tamaño de 532 pares de bases, correspondientes a la amplificación del gen *pat*, a partir del ADN de plantas transformadas con las cepas de *Agrobacterium* EHA 105 y GV3101, conteniendo los vectores de transformación *pORE-01* y *pORE-03*; C1+ y C2+: ADN purificado de los vectores de transformación que sirvieron de control positivo.

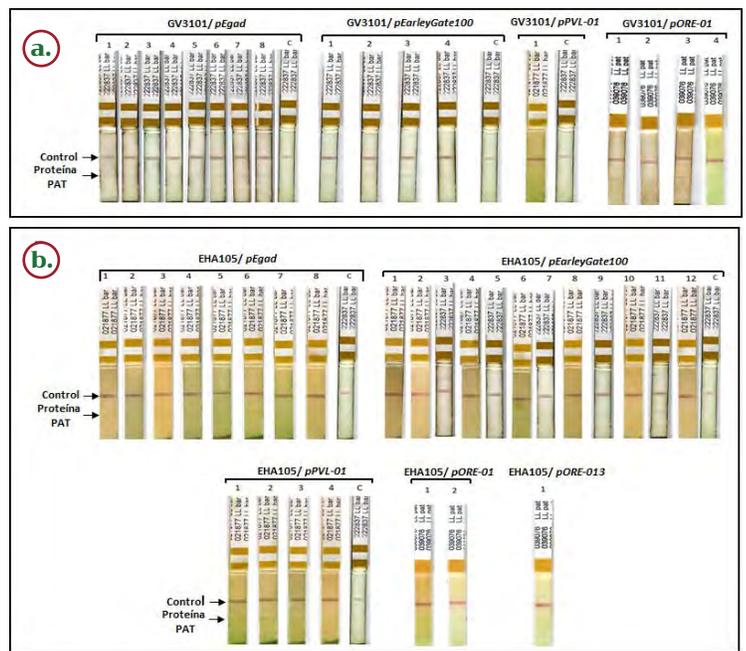


Figura 55. Detección inmunológica en columnas cromatográficas de la fosfoamino transferasa obtenida de plantas de *C. arabica* tolerantes al glufosinato de amonio. Se visualiza la banda correspondiente a la reacción inmunológica por la proteína PAT, de plantas transformadas con dos cepas de *Agrobacterium*, conteniendo los vectores de transformación *pEGAD*, *pEarleyGate100*, *pPVL01*, *pORE01* y *pORE03*: **a.** cepa GV3101; **b.** cepa EHA105.

En la Tabla 34 se describe la valoración de las pruebas de PCR e inmunológicas realizadas a las plantas que mostraron tolerancia al herbicida glufosinato de amonio. La infección de chapolas con la cepa de *Agrobacterium* EHA 105 produjo 44 plantas tolerantes, que fueron positivas para las pruebas de PCR e inmunológicas. La cepa GV3110 produjo 17 plantas tolerantes y positivas para las pruebas moleculares, pero con el vector *pORE-03* no se obtuvo ninguna planta tolerante.

La eficiencia en la transformación se calculó por la relación entre el número de plantas inmuno positivas y el número de chapolas inoculadas con *Agrobacterium*. Los resultados del ANOVA (Tabla 35) señalaron que existen diferencias estadísticas significativas entre los cinco vectores de transformación, con un tamaño de efecto grande para la cepa EHA105 ($F(5,25) = 61,23; p < 0,0001$) y menor para la cepa GV3101 ($F(5,25) = 7,00; p < 0,011$). El análisis de las diferencias entre los vectores de transformación mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05, GL = 20$) y de Tukey ($\alpha = 0,05, GL = 20$) señaló que para la cepa EHA105, el vector *EarlyGate100* obtuvo la eficiencia de transformación más alta (11,6%) y difirió de forma estadísticamente significativa de los demás vectores de transformación. Para la cepa GV3101 el vector *pEGAD* obtuvo la eficiencia de transformación más alta (3,2%) y difirió de forma estadísticamente significativa de todos los demás vectores de transformación.

Las plantas que dieron positivas para los dos análisis moleculares se sembraron en bolsas de 5 kg (Figura 56a) y se llevaron al invernadero de bioseguridad (Tipo II), ubicado en la Estación Experimental Naranjal,

con registro aprobado por el ICA. Después de 6 meses se trasplantaron a materos con capacidad de 250 L (Figura 56b) y se fertilizaron con urea (40 g/matero). A los 10 meses las plantas se fertilizaron con una mezcla de urea:DAP (3:1,5), se hizo control químico para fumagina durante la etapa de crecimiento (Figura 56c) y para broca durante la etapa productiva (Figura 56d).

FIS102006. Evaluación en fase productiva de plantas de café provenientes de almácigos hechos con el contenedor jiffy-pellet. Esta investigación se está realizando en la Estación Experimental Naranjal con el objetivo de evaluar la producción acumulada de plantas variedad Castillo® Naranjal, provenientes de almácigos establecidos en contenedores de turba Jiffy® de 15 cm y 9,5 cm bajo condiciones

Tabla 34. Valoración mediante pruebas de PCR e inmunológicas de las plantas de *C. arabica* tolerantes al herbicida glufosinato de amonio obtenidas por transformación genética mediada por dos cepas de *Agrobacterium* conteniendo diferentes vectores de transformación.

Vector de transformación	N° Chapolas inoculadas	Cepa de <i>Agrobacterium</i>					
		EHA105			GV3101		
		Plantas tolerantes Finale®	PCR +	Inmuno +	Plantas tolerantes Finale®	PCR +	Inmuno +
pEGAD	250	45	10	8	13	8	8
pEarlyGate100	250	64	35	29	5	4	4
pPLV01	250	25	5	4	19	1	1
pORE-01	250	4	2	2	9	4	4
pORE-03	250	10	2	1	0	0	0

Tabla 35. Análisis estadístico del efecto de los vectores de transformación *pEGAD*, *pEarlyGate100*, *pPLV01*, *pORE-01* y *pORE-03* sobre la eficiencia en la transformación genética de chapolas de *C. arabica*, mediada por dos cepas de *Agrobacterium*.

Cepa de <i>Agrobacterium</i>	Valor F	Pr>F	Eficiencia de Transformación (%)				
			pEGAD	pEarlyGate100	pPLV01	pORE-01	pORE-03
EHA105	61,23	0,0001	3,2	11.6*	1,6	0,8	0,4
Gv3110	7	0,0011	3.2*	1,6	0,4	1,6	0

(*) Diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a las pruebas de Agrupamiento de Duncan y Tukey HSD (a=0.05)



Figura 56. Plantas de *C. arabica* tolerantes al herbicida glufosinato de amonio provenientes de la transformación genética mediada por *Agrobacterium*. Las plantas fueron mantenidas en invernadero de bioseguridad Tipo II. **a.** Plántulas tolerantes al herbicida Finale® que fueron evaluadas con pruebas moleculares y sembradas en bolsa de 5 kg con suelo y abonadas con 20 g de urea/bolsa. **b.** Plantas de 10 meses trasplantadas a materos con capacidad de 250 L y el suelo abonado con 40 g de una mezcla de urea:DAP (3:1.5) por matero. **c.** Plantas de 18 meses de edad. **d.** Aspecto de las plantas genéticamente modificadas en etapa de producción.

de campo. Estas plantas se están comparando con plantas establecidas en bolsa plásticas de 17 x 23 cm como testigo absoluto. Hasta la fecha se han evaluado dos cosechas. Cada grupo de plantas fue sembrado de manera escalonada, considerando el tiempo de trasplante al campo, que corresponde a 90 y 120 días para los Jiffy® y 180 días para la bolsa de 17 x 23 cm. Entre octubre y noviembre de 2016 las plantas se sembraron en el campo a una densidad de 6.666 por hectárea y una distancia de 1,0 m entre plantas y 1,5 m entre surcos. Una vez

establecidas las parcelas, se marcaron aleatoriamente 50 árboles por cada grupo de plantas provenientes de almácigos establecidos en los contenedores Jiffy® o en la bolsa. Se tomaron datos de la producción por planta, en cada pase de cosecha, a partir de julio de 2018. Las plantas provenientes de almácigo en contenedores Jiffy® 15 y 9,5 cm (Figura 57) no presentaron diferencias significativas entre ellas y la bolsa como se muestra en la Figura 58 y la Tabla 36.

Tabla 36. Producción acumulada en las parcelas sembradas con plantas establecidas en Jiffy® de 15 y 9,5 cm y el testigo en bolsa.

Lote	Producción acumulada (kg)	Límite inferior	Límite superior
Bolsa	7,3	6,7	8,0
Jiffy 15cm	6,7	6,1	7,3
Jiffy 9,5 cm	6,6	5,9	7,3



Figura 57. Plantas de *C. arabica* variedad Castillo® Naranjal al cual se le hacen las determinaciones.

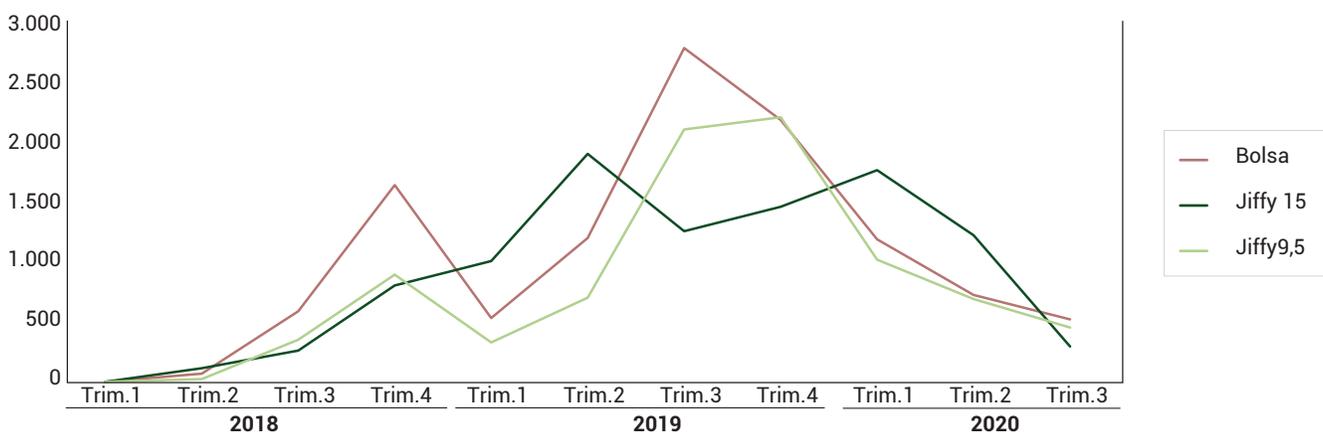


Figura 58. Producción acumulada en los contenedores de Bolsa y Jiffys de 15 y 9,5cm.

FIS102007. Evaluación del efecto del material de empaque en el almacenamiento de la semilla *Coffea arabica*.

Con el propósito de conocer el desempeño del material de empaque en el almacenamiento de la semilla y su efecto en la preservación del poder germinativo de la semilla, se evaluaron cinco materiales de empaque para la semilla de *Coffea arabica*, almacenada durante 12 meses en el cuarto frío, bajo condiciones de ambiente controlado a 10,5°C y 65% de Humedad Relativa. Los materiales de empaque evaluados fueron: polietileno calibre 6, papel kraft, trilaminado (PE, aluminio y papel), fique y polietileno bilaminado (multicapa PE) (Figura 59).

Para la conformación de las unidades experimentales se utilizó café proveniente de lotes comerciales de la Estación Experimental Naranjal, el cual fue recolectado y beneficiado de acuerdo con el proceso para la producción de semilla. El café pergamino seco obtenido se apiló, homogenizó y se estandarizó el contenido de humedad en 11%. Luego, se procedió al empaque, sellado y marcado de las muestras. Las unidades experimentales se dispusieron de forma aleatoria al interior del cuarto frío en

Cenicafé. Se realizaron muestreos mensuales para medir el contenido de humedad y realizar pruebas de germinación en el laboratorio, que permitieron evaluar el efecto del material de empaque sobre el porcentaje de germinación (Tabla 37). El análisis estadístico de los resultados permitió concluir que la germinación inicial fue del 96% con un error estándar de 0,9428%.

Los materiales de empaque de mayor barrera al vapor de agua, al oxígeno y al gas carbónico (polietileno, trilaminado y polietileno bilaminado) preservaron la calidad de la semilla durante los 12 meses, manteniendo el porcentaje de germinación por encima del 94%. A su vez, los empaques que ofrecieron menor barrera (papel kraft y fique) afectaron en mayor grado la germinación de la semilla, con disminuciones importantes a partir del sexto mes, obteniéndose germinaciones entre 87% y 88%, en promedio, pero con valores mínimos de 75% y 76% (Figura 60).

La Figura 60 ilustra los cambios en el contenido de humedad de la semilla durante el período de almacenamiento. La variación errática de la humedad de la semilla en los materiales de empaque de papel y fique puede estar

Tabla 37. Promedio y error estándar para el porcentaje de germinación por tratamiento.

Evaluación	Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4		Tratamiento 5	
	Media	Error estándar								
1	94,3	1,3	93,0	1,3	90,8	2,3	92,0	1,1	93,0	2,3
2	92,8	1,3	92,5	2,1	92,0	1,3	88,0	3,0	91,0	1,6
3	96,0	0,8	89,5	1,4	96,3	0,9	91,5	0,5	95,5	0,8
4	95,5	1,1	92,0	2,4	96,5	0,7	95,0	1,9	98,5	0,6
5	96,3	1,3	96,0	0,9	97,5	0,5	93,0	2,1	95,5	1,6
6	95,8	0,8	85,0	5,8	88,8	3,3	95,3	1,1	97,5	0,7
7	93,5	1,1	86,8	3,0	95,3	1,5	87,3	2,8	93,0	1,4
8	98,8	0,6	76,5	4,9	96,0	3,0	96,3	1,7	99,8	0,3
9	91,3	2,0	76,3	3,0	94,0	1,0	81,5	2,6	91,5	3,2
10	96,5	1,4	84,5	2,0	98,3	1,0	75,3	2,5	96,3	1,2
11	91,0	1,6	87,5	3,1	93,0	1,6	79,8	2,6	92,3	2,4
12	91,8	2,0	87,5	1,8	92,0	1,0	81,0	6,6	83,8	2,7
General	94,4 A	0,4	87,3 B	1,0	94,2 A	0,6	88,0 B	1,0	94,0 A	0,6

* Letras no comunes, implica diferencias entre el promedio general de los tratamientos, según prueba de Tukey al 5%.

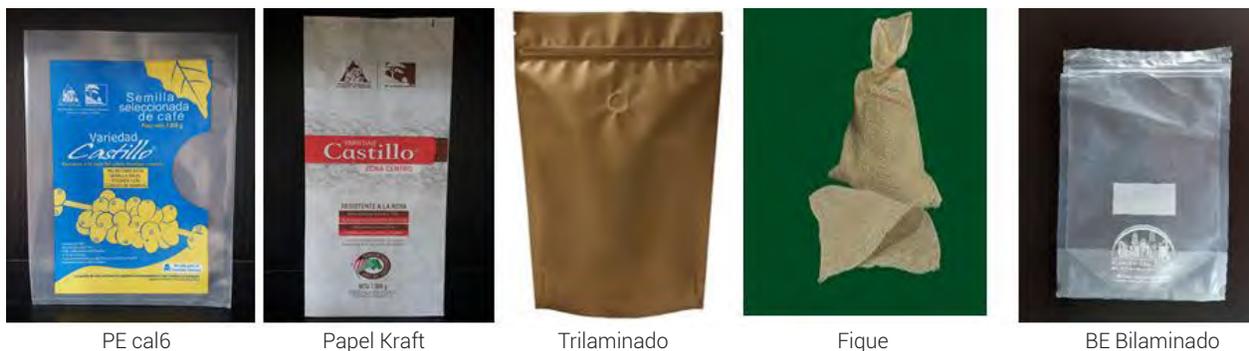


Figura 59. Materiales de empaque evaluados para semilla de café.

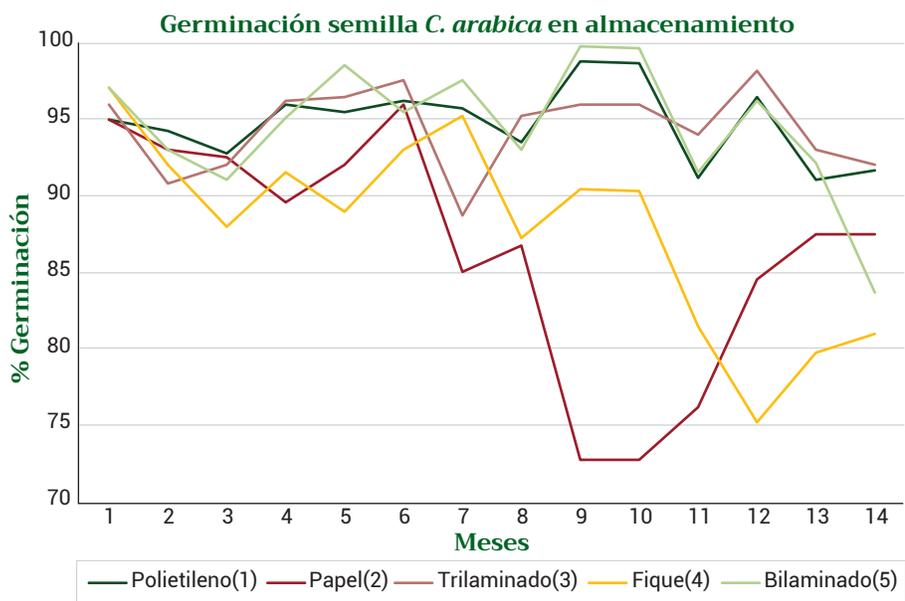


Figura 60. Resultados de la germinación de la semilla almacenada en diferentes empaques.

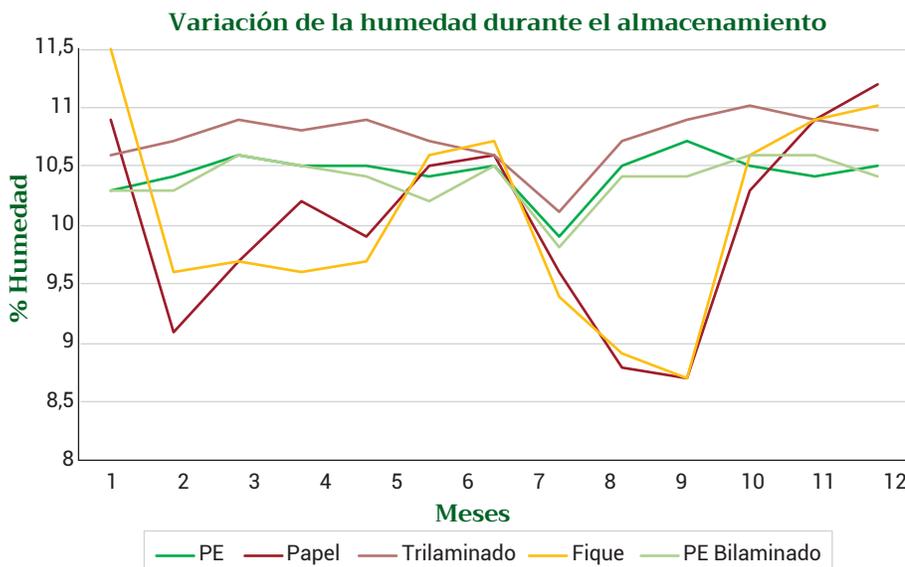


Figura 61. Cambios en contenido de humedad de la semilla durante el almacenamiento.

directamente relacionada con la baja barrera que estos ofrecen al vapor de agua, ocasionando pérdida de la humedad de equilibrio al interior de estos y provocando fluctuaciones en el contenido de humedad. Bajo las condiciones estudiadas, la bolsa de papel kraft, que se usa actualmente para el empaque de la semilla, es un material apto para el almacenamiento por períodos inferiores a seis meses.

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

En esta investigación se evaluó la producción acumulada de tres accesiones de la Colección Colombia de Café, CU1983, CU1825 y Geisha, bajo condiciones de campo con diferentes tratamientos de nitrógeno 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de la dosis recomendada según el análisis de suelo. La producción acumulada entre los meses abril de 2018 a septiembre de 2020, mostró en términos generales, diferencias estadísticas entre las accesiones estudiadas, en donde la accesión Geisha presenta la menor producción hasta la fecha (Figura 62). Con respecto a las otras dos accesiones no se observaron diferencias estadísticas entre ellas (Tabla 38).

La producción acumulada en cada accesión estudiada presentó una tendencia lineal, es decir, entre más nitrógeno se adicionó a las plantas más producción se obtuvo (Figura 62). Por otra parte, se determinó la variable complementaria,

fluorescencia de la clorofila en los diferentes tratamientos estudiados, sin observarse diferencia significativa entre ellos (Figura 63), lo cual indica que esta técnica no es adecuada para identificar deficiencias de nitrógeno.

Tabla 38. Producción acumulada de las variables estudiadas genotipo y tratamiento (Prueba Tukey al 5%).

Dosis	CU1825		CU1983		Geisha		General Dosis*	
	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar	Promedio	Error estándar
0%	1623,9	145,50	1006,2	177,43	1154,3	204,23	1261,4	112,19
25%	1992,0	204,96	1728,9	208,37	1092,4	145,93	1604,4	130,49
50%	2019,5	267,14	1719,8	156,64	1547,5	157,57	1762,3	117,90
75%	1837,2	174,82	2419,1	172,83	1497,2	175,48	1917,8	124,72
100%	2050,4	299,13	2159,5	156,90	1804,7	182,48	2004,9	126,14
General Genotipo	1904,6 a	98,90	1806,7 a	106,97	1419,2 b	85,08		

En general para Genotipos, letras no comunes indican diferencias estadísticamente significativas según prueba de Tukey al 5%.

*De acuerdo a los resultados de polinomios ortogonales, los tratamientos se ajustan a un comportamiento lineal ($P < 0,0001$)

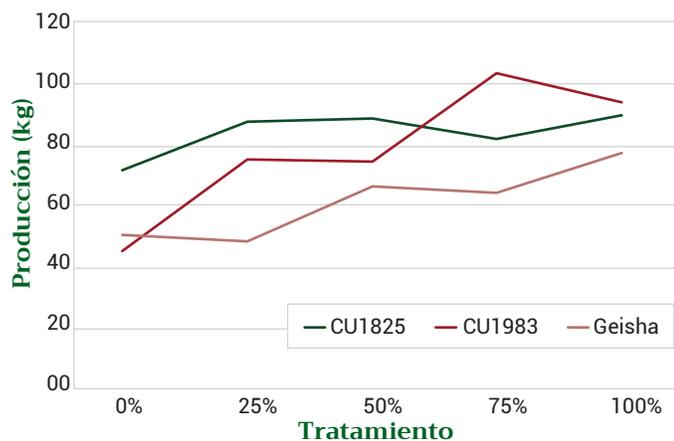


Figura 62. Dinámica de la producción promedio acumulada por parcela para cada genotipo (CU1825, CU1983 y Geisha), de 44 meses de edad y dosis de nitrógeno.

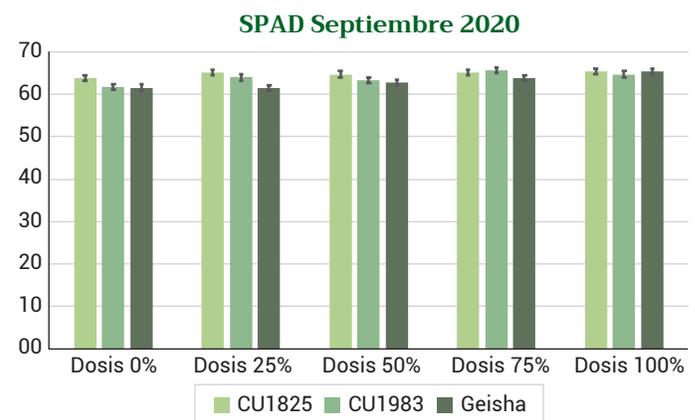


Figura 63. Media de SPAD en las diferentes dosis de nitrógeno y genotipos.

Fitopatología



y la localidad, poblaciones más infectivas y agresivas se encontraron en orden decreciente en Paraguaicito, Naranjal, El Rosario y La Trinidad, éstas son heterogéneas con genotipos de virulencia de alta complejidad, razas o variantes nuevas para Colombia, compatibles con todos los factores de resistencia a roya *SH1,2,3,4,5,6,7,8,9,+?* (Figura 65). Se continúan trabajos con 125 genotipos de Caturra x Híbrido de Timor (HdeT) con diferente segregación para roya, 52 accesiones del HdeT y cinco diferenciales CIFC. Se realizarán estudios genéticos de estas royas para implementar medidas de monitoreo y manejo.

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

La roya del café (*Hemileia vastatrix*) es la mayor enfermedad del cultivo de café en el mundo, comprometiendo la productividad y rentabilidad. Teniendo en cuenta que progresivamente se aumenta el número de razas agresivas y existe dificultad o imposibilidad para caracterizarlas por métodos convencionales, es necesario emplear herramientas de biología molecular para su caracterización genética. Con el fin de identificar marcadores moleculares candidatos asociados a la diversidad genética de roya en Colombia, mediante secuencias genómicas y bioinformática se diseñaron marcadores microsatélites (SSR) robustos. Para esta etapa final, se identificaron y caracterizaron 280 marcadores potenciales evaluados *in silico*, se priorizaron 32 para probarlos en 56 aislamientos de *H. vastatrix* de diferentes países y genotipos o variedades de café con origen contrastante (diez datos genómicos *in silico* y 46

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

PAT103011. Caracterización patogénica y genética de razas de roya presentes en materiales de café con resistencia y susceptibilidad a la enfermedad. La roya del café es una enfermedad de alta importancia económica y amenaza la caficultura de Colombia y el mundo. La principal estrategia de manejo es sembrar variedades compuestas resistentes, desarrolladas por la FNC – Cenicafé, como son Colombia, Tabi, Castillo® y Cenicafé 1. Sin embargo, en la medida que el área sembrada aumenta, se incrementa la presión de selección hacia este patógeno, desarrollando nuevas razas o variantes. Evaluaciones realizadas por la Disciplina de Fitopatología desde 2016, de incidencia y severidad de roya sobre los componentes de las variedades resistentes indican el avance de la roya en el campo. Con el fin de caracterizar poblaciones de roya en sus fuentes y receptores, se recolectó inóculo en líneas de las variedades Castillo® zonales BH1247, CU1850, CX2080 en la Estación Experimental La Trinidad (Libano, Tolima) y CU2021 en la Estación El Rosario (Venecia, Antioquia.), y se inocularon sobre hojas de 28 genotipos de Castillo® y Cenicafé 1, 12 diferenciales y genotipos de interés. Posteriormente, se recolectó roya de BH1247 y DH018 en la Estación Naranjal (Chinchiná, Caldas) y de CU1819, CU1993 y CX2866 en la Estación Paraguaicito (Buenavista, Quindío), y se inocularon 48 líneas de Castillo® y Cenicafé 1, 21 de Tabi, 12 parentales de cruzamientos MEG-2018 y 16 diferenciales del CIFC (*SH1* al 9,+?). Se encontró que todas las líneas componentes de Castillo® General, Castillo® Zonales, Cenicafé 1 y Tabi son receptoras de royas que infectan y esporulan con porcentajes variables de infectividad, desde muy alto a bajo (Figura 64); así como royas que presentan diferencias en la agresividad de los inóculos dependiendo del genotipo

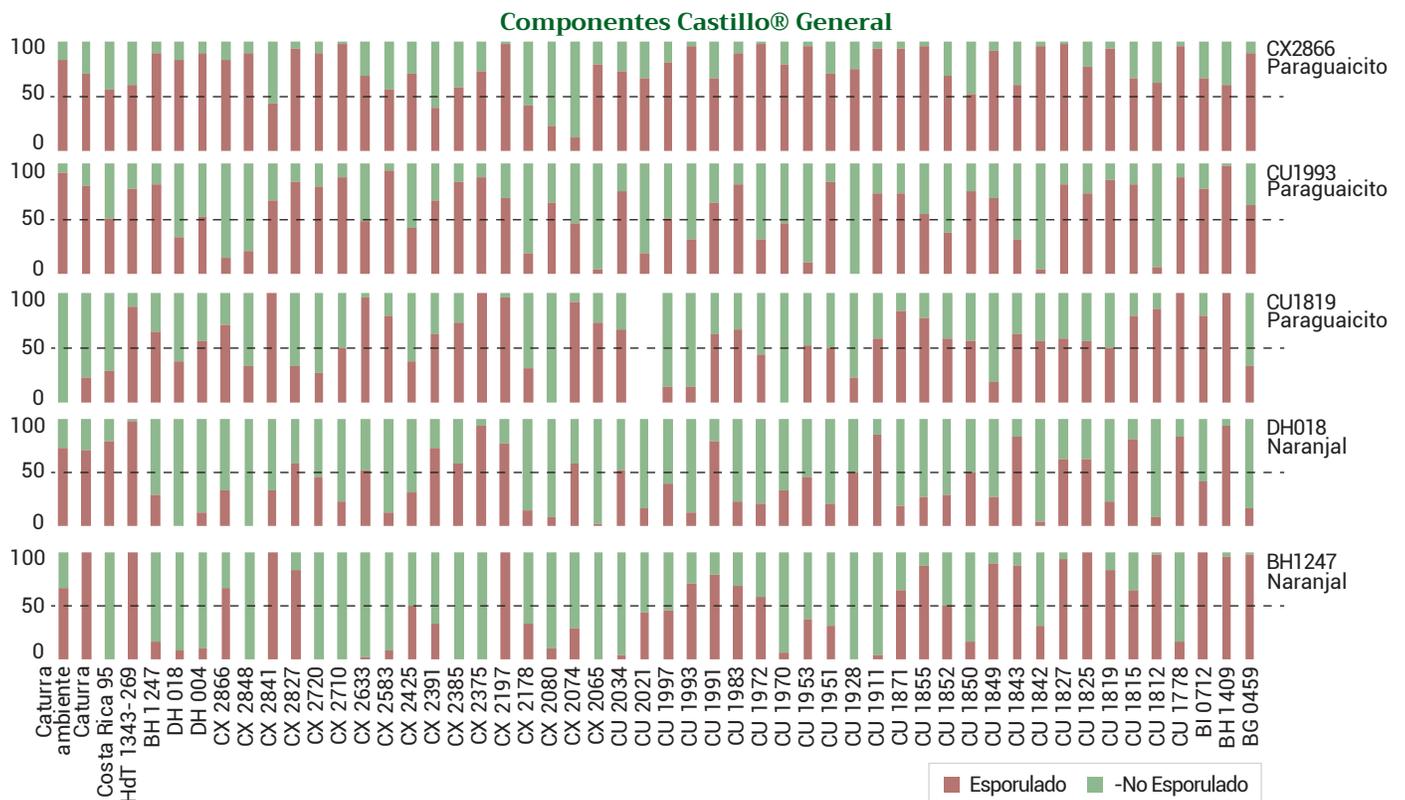


Figura 64. Consolidado de los porcentajes de esporulación sobre hojas de las 48 líneas componentes de las variedades Castillo® y Cenicafé 1, inoculadas con poblaciones de roya de BH1247 y DH018 recolectadas en la Estación Naranjal (Chinchiná, Caldas) y de CU1993, CX2866 y CU1819 de la Estación Paraguaicito (Buenavista, Quindío)

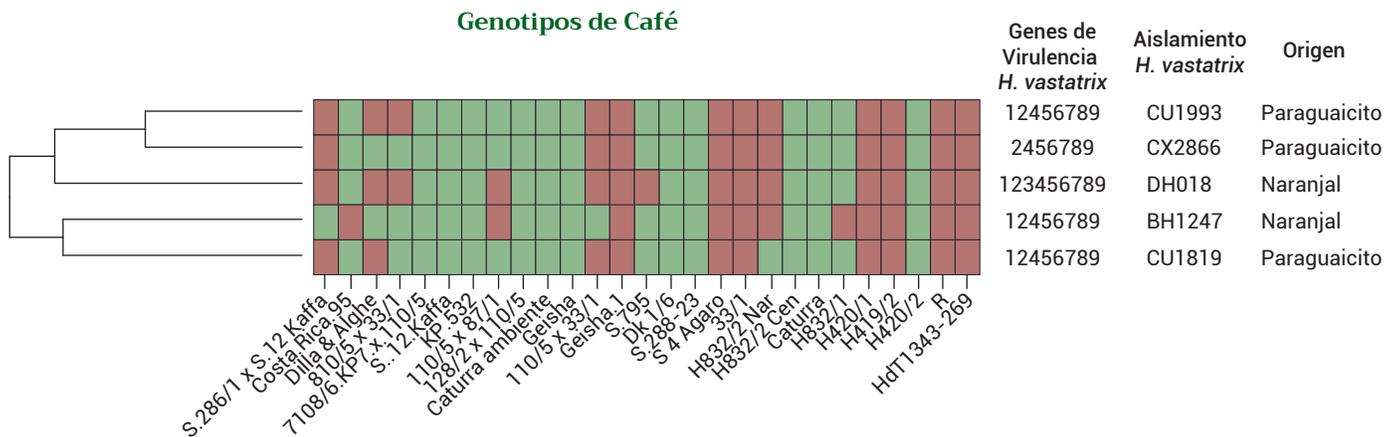


Figura 65. Mapa de la esporulación de roya en genotipos de la serie diferencial CIFC abreviada con factores de resistencia (SH1-9). Color verde: sin esporulación (0/48 sitios) y color rojo representa esporulación.

monopustulares de roya), se evaluó el polimorfismo mediante análisis de fragmentos del ADN y, finalmente, se seleccionaron 16 marcadores. Los resultados de relación genética entre aislamientos revelaron una estructura geográfica por país, además de algunos agrupamientos entre aislamientos del mismo origen, y ayudaron a caracterizar de forma novedosa la estructura poblacional del hongo, su diversidad y biología sobre hospedantes (Figura

66). Paralelamente, se realizó la caracterización convencional (análisis fenotípico) de 20 aislamientos monopustulares de *H. vastatrix* inoculados sobre hojas de plantas diferenciales del CIFC, identificando seis razas de roya nuevas para Colombia (I, XVI, XXVI, XXVIII, XXIX y XXXIX) y otras seis que no es posible caracterizar como raza conocida. Aunque la caracterización convencional está asociada a factores de virulencia vinculados a un gen, no ha sido

posible la asociación fenotipo/genotipo, posiblemente por el uso de elementos transponibles en el genoma de la roya y elementos de genética cuantitativa. Los marcadores seleccionados muestran potencial debido a que muchos de ellos son conservados entre aislamientos, donde análisis de secuenciación de estos fragmentos confirmarán su papel. Se ratifica la presencia de genotipos de virulencia en las royas cada vez más complejos en Colombia, y que la variedad Caturra es hospedante de multiplicación para muchas, pero no todas las variantes de roya. Estos estudios de diversidad genética y patogénica ayudarán a entender el avance y diversidad de la roya en Colombia, para el despliegue de estrategias de manejo integrado de la enfermedad.

PAT 103007. Determinación de la estructura genética y patogénica de una población de Roya obtenida de un genotipo de café (Caturra x Híbrido de Timor) con resistencia incompleta. Apoyo de Beca Posdoctoral 2019 – 2020 MinCiencias. La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) es una enfermedad de alta importancia económica que causa pérdidas en la producción de café entre el 23% y 50% en variedades susceptibles sin control, en un ciclo acumulado de cuatro cosechas. La principal estrategia para su manejo ha sido la adopción de variedades resistentes como Colombia, Tabi, Castillo® y Cenicafé 1, desarrolladas por la FNC – Cenicafé. No obstante, la utilización de cultivares resistentes, bajo condiciones ambientales favorables, propicia una alta presión de selección sobre este patógeno. La incidencia y severidad de la roya sobre algunos genotipos de las variedades resistentes, seguirá aumentando en el campo, lo que ha obligado a recomposiciones, sin verse afectada aún la producción de café. Para continuar estudiando de forma proactiva la dinámica de este patógeno y la enfermedad, se está determinando la estructura genética y patogénica de una población de roya que afecta al genotipo élite CU1812 de Caturra x Híbrido de Timor 1343, componente de la variedad Castillo® General y cinco regionales, para saber si hay variabilidad entre aislamientos monopustulares de una misma hoja, de varias hojas, y/o de varias plantas del CU1812, así como sus haplotipos. A la fecha, se están incrementando masivamente 17 aislamientos puros de roya sobre variedad Caturra y CU1812, y se avanza en la purificación de otros 64 aislamientos (Figura 67). Se requiere inóculo

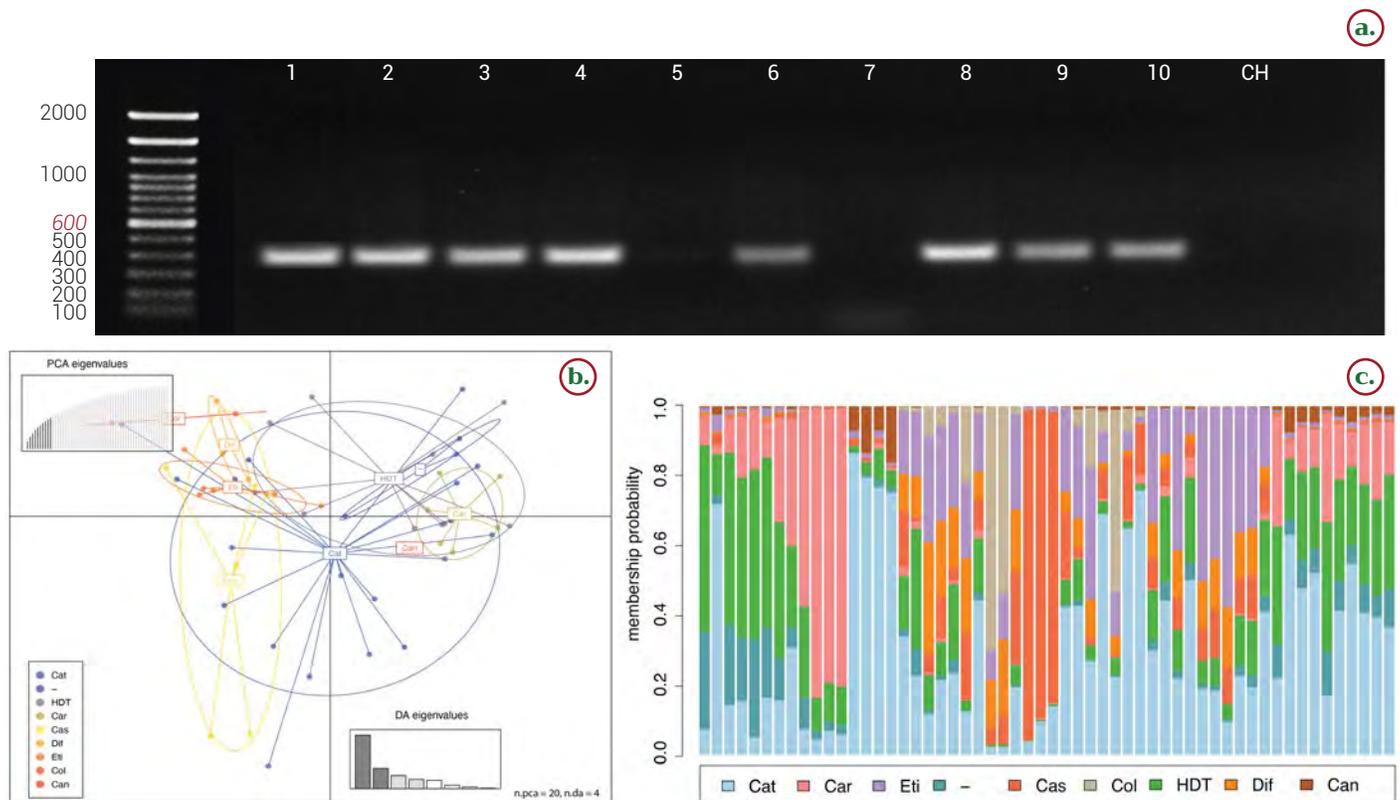


Figura 66. Análisis de la diversidad y estructura poblacional de *H. vastatrix* mediante el uso de marcadores microsatélites. A. Gel de agarosa mostrando reacciones de PCR amplificando el perfil de diez aislamientos de *H. vastatrix* usando cebadores para el marcador molecular CENHV17315. B. Diagrama de Análisis de Componentes Principales agrupando aislamientos de roya de diferentes hospedantes. C. Estructura poblacional usando STRUCTURE para comparar la probabilidad de pertenencia de aislamientos de roya entre diferentes hospedantes de café *Coffea* spp.

suficiente para la caracterización patogénica y la extracción de ADN genómico para su secuenciación, con la finalidad de determinar los cambios genéticos entre los genomas de estos aislamientos de roya. Además, se desarrollará una plataforma bioinformática para el alineamiento y comparación de las secuencias de estos genomas y pretende determinarse el tipo y el número de muestras a tomar para realizar estudios patogénicos y genéticos de aislamientos, variantes, poblaciones y razas de roya para siguientes investigaciones. Igualmente, este trabajo apoyará las estrategias de manejo integrado de la enfermedad con la finalidad de reducir sus impactos.

Biología y epidemiología de gotera

PAT102001. Evaluación del comportamiento del hongo *Mycena citricolor* causante del 'ojo de gallo o gotera' del café en Colombia en condiciones naturales y su caracterización biológica, patogénica y molecular.

La gotera u ojo de gallo (*Mycena citricolor*) es una enfermedad nativa y endémica de América, que afecta numerosos hospedantes; de alta importancia económica en café, con pérdidas que ascienden al 80% en algunos casos. Con el fin de conocer su epidemiología en zonas críticas en Colombia, se evaluó por casi 2 años la incidencia y severidad a nivel de planta, ramas y hojas en dos lotes en la Estación Experimental El Tambo (Cauca) y en Miraflores (Boyacá). Los análisis usando el paquete *Epiphy* por conteo obtuvieron la distribución de la enfermedad dentro de los lotes, los índices de distancia y patrones de agrupamiento de plantas

donadoras y receptoras de gotera. Los registros diarios de clima local y microclima mostraron algunas "ventanas" de condiciones favorables, y no favorables para el patógeno (Humedad Relativa <80%), que coincide con temporadas de menor lluvia (< 100 mm acumulados mensuales), reflejando disminución en la severidad ponderada. El inicio de lluvias promueve la reactivación de inóculo remanente de infecciones previas, se infecta el nuevo follaje y la enfermedad incrementa en la medida que avanza el período de lluvias. En el laboratorio se caracterizó el crecimiento de colonias del hongo descrito en un modelo sigmoide de tres parámetros, típico de microorganismos que crecen en condiciones controladas (21°C y oscuridad). Se reconocieron basidiocarpos a 100X y microscopía electrónica,



Figura 67. Incremento masivo de urediniosporas para determinar la estructura genética y patogénica de una población de roya obtenida del genotipo CU1812. **a.** Roya en una planta del CU1812, lote Guacas, Estación Naranjal. **b.** Inoculación por aspersión de urediniosporas de roya aisladas a partir de una pústula individual de hoja del genotipo CU1812, sobre el envés de hojas de plantas de variedad Caturra. **c.** Plantas de Caturra inoculadas con urediniosporas de roya en cámara húmeda oscura. **d.** Plantas de Caturra inoculadas con urediniosporas de roya provenientes de monopústula en cubículo individual, invernadero 3, Estación Naranjal. **e.** Esporulación de roya sobre el envés de hojas de plantas de Caturra, en invernadero.

lo cual no estaba registrado en fotografía (basidiosporas sobre basidios en caras laterales de las lamelas, estructuras del himenio y la trama). Las pruebas de patogenicidad en plantas de variedad Caturra, en ambiente controlado de fitotrón, muestran la dinámica propia de los aislamientos evaluados en cada ensayo y los tiempos de ocurrencia. Para el proceso infectivo en la planta, se evaluó en 18 aislamientos del hongo procedentes de diferentes regiones cafeteras, los tiempos de adhesión de gemas, aparición de lesiones iniciales y su progreso, producción de gemas y basidiocarpos tanto en haz como en envés de lesiones, necesarios para determinar períodos de latencia, y de infección, y se avanza en pruebas de patogenicidad sobre frutos (Figura 68) y se avanza en pruebas de patogenicidad sobre frutos. Los desarrollos metodológicos y avances logrados son pioneros y necesarios para estudiar estrategias de manejo de gotera en condiciones controladas y su posterior validación en el campo.

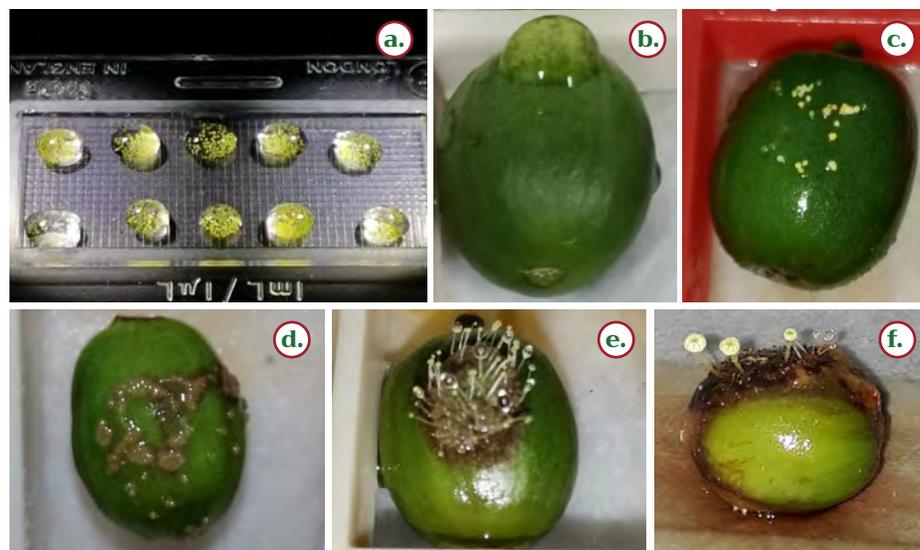


Figura 68. Pruebas de *Mycena citricolor* en frutos. **a.** Prueba de gota para inoculación de frutos con gemas desprendidas; **b.** Fruto inoculado con suspensión de 10 µL con gemas; **c.** Adhesión de gemas sobre frutos; **d.** Lesiones iniciales en frutos; **e.** Primeras gemas a partir de la lesión en frutos; **f.** Gemas y basidiocarpos sobre frutos lesionados.

Conocimiento estratégico - análisis de riesgos fitosanitarios

PAT105004. Diseño y validación de un método de diagnóstico y detección específica de CBD *Colletotrichum kahawae* subsp. *kahawae* por PCR en tiempo real. *Colletotrichum kahawae* es un patógeno cuarentenario ausente en Colombia causante de la enfermedad de las cerezas del café CBD, de alta importancia económica. El riesgo de su ingreso a Colombia es alto debido a la globalización de mercados, el turismo y comercio asociado a café, y procesos de migración legal o ilegal que condicionan el movimiento de material vegetal de café y junto con este el patógeno. Actualmente, en el mundo no hay disponible un protocolo de diagnóstico estandarizado y validado para la detección oportuna de este hongo, que permita reducir el riesgo de ingreso y establecimiento del patógeno en Colombia y otros países. El objetivo

de esta investigación es diseñar y validar un método específico, sensible, rápido y confiable por PCR en tiempo real, con análisis de fusión de alta resolución HRM, para la detección temprana de *C. kahawae*. Los avances para este período fueron: (i) Análisis *in silico* de la especificidad y selectividad de los cebadores diseñados en regiones genómicas de interés, (ii) estandarización de las condiciones de trabajo de los cebadores (PCR de punto final y PCR de tiempo real) con ADN de diferentes especies de *Colletotrichum*, (iii) obtención y mantenimiento de una colección de aislamientos de *Colletotrichum* spp, (iv) pruebas de patogenicidad preliminares de *Colletotrichum* spp sobre frutos desprendidos y (v) diseño del plan de validación. Recientemente se obtuvo permiso para importar ADN de *C. kahawae* inactivado y requerido como testigo, por lo que los resultados presentados corresponden a los obtenidos con ADN de otras especies de *Colletotrichum*. Los cebadores diseñados funcionaron de acuerdo con el propósito, la mayoría de ellos amplificaron preferencialmente sobre ADN de aislamientos del complejo *C. gloeosporioides*, al cual pertenece *C. kahawae* (Figura 69). El análisis por PCR en tiempo real y HRM evidenció variaciones entre aislamientos de diferentes complejos taxonómicos, sin embargo, únicamente cuando se analicen las muestras de ADN de *C. kahawae* y se comparen con otras especies podrá definirse su poder discriminatorio. Estas investigaciones permitirán diferenciar *Colletotrichum* spp. comúnmente asociados a café, algunos causantes de antracnosis en diferentes órganos, del que ocasiona el CBD, para evitar su ingreso y detectarlo oportunamente en el campo si esto ocurre.

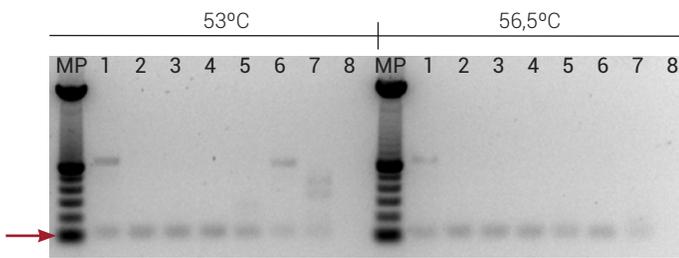


Figura 69. Estandarización PCR de punto final. Electroforesis en gel de agarosa para los productos de PCR del marcador GS-108-118 evaluados a dos temperaturas de alineamiento de cebadores. **1.** *C. gloeosporioides* ICMP12938, **2.** *C. cigarro* ICMP6999, **3.** *C. cigarro* R046, **4.** *C. cigarro* S007, **5.** *C. fructicola* ICMP17921, **6.** *C. theobromicola* ICMP18649, **7.** *C. acutatum* ICMP 20568, **8.** Blanco, Mp: Marcador de peso de 100 bp. La flecha indica la ubicación del fragmento de amplificación del tamaño esperado (118 bp).

Manejo integrado de enfermedades: control químico

PAT104008. Efecto del fungicida Sphere®-Max (cyproconazole + trifloxystrobin) en el control de la roya del cafeto y la mancha de hierro en plantas de café. (Convenio con Bayer S.A.)

Finalizó un experimento en café variedad Caturra a libre exposición iniciado en el 2016, sembrado a 1,0 x 1,40 m en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda), a 1.350 m de altitud, asperjando el fungicida cyproconazole + trifloxystrobin (Sphere®-Max) en dosis de 450 y 400 cc ha⁻¹, comparado contra un testigo de referencia comercial (cyproconazole + azoxystrobin) y otro sin aplicación de productos. Se siguieron criterios de control de roya según el calendario fijo (CF) para la cosecha principal en el segundo semestre del año y el ajustado a la floración principal (FP). Los resultados finales indicaron que en los tres años hubo diferencias significativas en menor incidencia, severidad de roya y menor defoliación en las plantas tratadas con el fungicida en estudio, con relación a las plantas sin control. La dosis a recomendar es 400 cc ha⁻¹ con densidad de 7.000 plantas/ha, aproximadamente, realizando dos aplicaciones a los 60 y 120 días después de FP o con base CF, según los patrones históricos de la zona. La aplicación del fungicida oportuna y técnicamente evitó pérdidas acumuladas en la producción cercanas al 22% después de tres cosechas, entre el mejor tratamiento de 400 cc ha⁻¹ aplicado según CF respecto al testigo sin aplicación, seguidos de los tratamientos según FP, y el testigo absoluto que tuvo la menor producción. Se mantuvieron los estándares de conversión, trilla, calidad física, granulometría y atributos de calidad

en la bebida para variedad Caturra, además de la ausencia de trazas contaminantes de los ingredientes activos en café verde cuando se aplicó, respetando los 30 días de período de carencia. Además, se realizaron dos experimentos con la finalidad de controlar roya y mancha de hierro en almácigos de café variedad Caturra y Cenicafé 1, tanto bajo sombra del 47% como a libre exposición, evaluando las dosis de 0,7 y 0,8 cc L⁻¹ (dosis ajustada de 400 cc ha⁻¹), en Cenicafé La Granja y la Estación Naranjal. Los resultados mostraron que el fungicida aplicado 60 y 120 días después del trasplante de la chapola, controló preventiva y curativamente ambas enfermedades a las dosis empleadas, reduciendo la incidencia, severidad y defoliación causada por estas enfermedades (Tabla 39), lo que permite recomendar cyproconazole + trifloxystrobin (Sphere®-Max) para el control de estas enfermedades en café en Colombia.

Manejo Integrado de Enfermedades: Inducción de Resistencia

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

Convenio compañía internacional. Con el fin de brindar alternativas de manejo a enfermedades, menor impacto ambiental y reducir la presión de selección sobre los patógenos, se evaluó el potencial como inductor de resistencia de un producto comercial derivado de la industria alimenticia internacional, para el manejo de roya del cafeto en plantas de almácigo de variedad Caturra. Inicialmente, se seleccionó la mejor dosis y frecuencia de aplicación del "Inductor E" (0,5% aplicado cada 30 días). Este producto actúa de forma preventiva y con respuesta corta de tipo local sobre el tejido tratado en inoculaciones artificiales e inhibió la germinación de las urediniosporas de roya en el laboratorio. Posteriormente, esta dosis y frecuencia de aplicación se evaluó en diferentes localidades para el manejo de roya y otras enfermedades como mancha de hierro, muerte descendente y gotera, en las Estaciones Experimentales Naranjal, Paraguaicito, El Tambo e invernadero en Planalto - Cenicafé. Se utilizaron plantas previamente inoculadas como dispersoras para garantizar la presencia de los patógenos en el experimento. En cada localidad se comparó el efecto del "Inductor E", frente al inductor de referencia ASM, un fungicida (cyproconazole), un testigo negativo aplicado con agua y un testigo absoluto sin aplicación. El diseño experimental consistió en 40 plantas distribuidas al azar por cada tratamiento y se analizó

Tabla 39. Análisis de la incidencia, severidad de roya y mancha de hierro y defoliación, por tratamiento en la evaluación de cyproconazole + trifloxystrobin (Sphere®-Max) en almácigo en variedad Caturra y Cenicafé 1, a libre exposición solar. Estación Experimental Naranjal, PAT104008.

Descripción Tratamiento	Incidencia roya (%)		Severidad roya (%)		Incidencia mancha de hierro (%)		Severidad mancha de hierro (%)		Defoliación (%)	
Cenicafe1 / Agua a 60+120 días	0		0		62,5	a	1,36	a	23,6	a
Cenicafe1 / Sphere a 60+120 días	0		0		10,9	c	0,20	b	7,8	b
Cenicafe 1/ Sphere a 75 días	0		0		20,3	b	0,22	b	3,4	b
Descripción Tratamiento	Incidencia roya (%)		Severidad roya (%)		Incidencia mancha de hierro (%)		Severidad mancha de hierro (%)		Defoliación (%)	
Caturra / Sphere a 60+120 días	0,4	c	0,01	b	14,3	c	0,25	b	6,5	b
Caturra / Agua a 60+120 días	35,6	a	0,24	a	47,4	a	0,66	a	29,2	a
Caturra / Sphere a 75 días	10,8	b	0,06	b	37,3	b	0,56	a	9,9	b

* Letras iguales no difieren estadísticamente según Duncan 5%.

mediante la prueba Dunnett al 5%. Después de cinco meses de evaluaciones mensuales, no se observaron efectos positivos de la aplicación del producto en la reducción de incidencia y severidad de roya en las plantas tratadas. En Naranjal, Paraguaicito y El Tambo, solo el tratamiento con cyproconazole fue estadísticamente diferente, causando una reducción de la roya, así y un incremento en la biomasa de las plantas. La aplicación del "Inductor E", no fue diferente estadísticamente a la aplicación del inductor de referencia ASM, ni a los testigos negativos y absoluto en ninguna de las Estaciones Experimentales (Tabla 40). Tampoco tuvo efecto sobre mancha de hierro, muerte descendente y gotera. Están en progreso los análisis químicos y genéticos para determinar las rutas metabólicas que activó por corto tiempo este producto. Hasta el momento, no es viable aplicar el "Inductor E" de forma comercial para el control de estas enfermedades en almácigo.

PAT104013. Efecto de inductor de resistencia isotianil, isotianil + fosetyl-aluminio y el producto biológico Serenade® (*Bacillus subtilis*, cepa QST 713) en el control de la roya y la mancha de hierro del café en almácigo. (Convenio con Bayer S.A.) En la búsqueda de compuestos con potencial de inducción de resistencia en la planta para el manejo integrado de enfermedades como la roya y la mancha de hierro, finalizó la investigación sobre evaluación del inductor químico isotianil, el fungicida e inductor isotianil + fosetyl- aluminio, y el biológico *Bacillus subtilis* QST713 (Serenade®). Los resultados previos indicaron inhibición de la germinación *in vitro* de urediniosporas de roya por isotianil + fosetyl- aluminio y *B. subtilis* QST713, y parcialmente por isotianil y el inductor de referencia

acibenzolar-S-metil (ASM). Además, aplicaciones en plantas de almácigo variedad Caturra mostraron que estos inductores isotianil + fosetyl- Al y *B. subtilis* QST713 actuaron sobre la planta y parcialmente sobre los patógenos, activando defensas de respuesta corta (menores a una semana), reduciendo la severidad parcialmente pero no la incidencia en aplicaciones preventivas, y pueden favorecer el área foliar, la retención de hojas (menor defoliación) y la mayor biomasa en pesos fresco y seco en ambientes sombreados y frescos. Finalmente, evaluando el inductor *B. subtilis* QST713 como alternativa de rotación para el manejo de productos en respuesta corta y local dentro de esquemas preventivo, curativo y combinado (preventivo + curativo), en frecuencias máximo de 30 días entre aplicaciones, se observó reducción de la severidad de roya y menor defoliación en aplicaciones preventivas y combinadas, pero sin efecto en aplicación curativa. Los resultados experimentales permitieron confirmar y probar la hipótesis en cuanto a que con *B. subtilis* QST713 a la dosis recomendada de 12 cc L⁻¹ de agua, aplicado preventivamente cada 1, 2 o 4 semanas puede reducir en 50% o más la severidad de roya respecto a los testigos negativos o sin aplicación, pero sin efecto de control sobre la incidencia de estas enfermedades, lo cual es requerido. Sin embargo, se reitera que este efecto de control sobre la severidad está limitado a que la inoculación o llegada del patógeno a la hoja, roya principalmente, ocurra dentro de menos de una semana de la más reciente aplicación del producto, lo cual no ocurre en la realidad biológica y del agricultor, donde permanentemente hay disponibilidad y descarga de inóculo en las plantaciones. Este condicionante restringe su uso individual en aplicaciones comerciales masivos para los caficultores.

Tabla 40. Promedios y diferencias de medias para la incidencia y severidad de roya, porcentaje de defoliación y peso seco de las plantas en los experimentos para evaluación de un producto formulado "Inductor E", derivado de la industria alimenticia para el manejo de roya del café en etapas de almácigo en diferentes localidades.

Localidad	Tratamiento	Incidencia %		Severidad %		Defoliación %		Peso Seco (g)	
		Ȳ	DM	Ȳ	DM	Ȳ	DM	Ȳ	DM
Estación Naranjal	"Inductor E" 0,5%	42,72		0,71		35,59		32,07	
	ASM 800 mg L ⁻¹	36,53	-6,19	0,34	-0,37	37,51	1,92	30,29	-1,77
	Cyproconazole 0,8 cc L ⁻¹	8,37	-34,36	0,05	-0,66	13,77	-21,82	45,31	13,23
	Testigo agua	39,15	-3,57	0,4	-0,31	38,17	2,58	30,71	-1,35
	Testigo absoluto	39,46	-3,26	0,27	-0,44	36,51	0,92	29,79	-2,28
Estación Paraguaicito	"Inductor E" 0,5%	14,04		0,11		35,72		21,7	
	ASM 800 mg L ⁻¹	14,12	0,08	0,10	-0,01	39,71	3,99	23,2	1,5
	Cyproconazole 0,8 cc L ⁻¹	2,74	-11,31	0,02	-0,09	18,45	-17,27	35,2	13,5
	Testigo agua	12,60	-1,45	0,08	-0,03	39,26	3,54	23,2	1,4
	Testigo absoluto	12,14	-1,90	0,07	-0,04	42,11	6,38	20,9	-0,8
Estación El Tambo	"Inductor E" 0,5%	4,48		0,04		31,45		11,8	
	ASM 800 mg L ⁻¹	6,66	2,18	0,09	0,05	39,95	8,50	13,2	1,4
	Cyproconazole 0,8 cc L ⁻¹	0,26	-4,22	0,00	-0,04	33,80	2,35	16,9	5,2
	Testigo agua	4,39	-0,09	0,03	-0,01	41,38	9,93	12,7	1,0
	Testigo absoluto	5,02	0,53	0,05	0,02	38,85	7,40	12,9	1,2
Invernadero – casa de mallas Planalto Cenicafe	"Inductor E" 0,5%	11,25		0,42		16,31		30,3	
	ASM 800 mg L ⁻¹	11,60	0,4	0,37	-0,05	19,18	2,87	29,6	-0,8
	Cyproconazole 0,8 cc L ⁻¹	0,16	-11,1	0,00	-0,42	11,60	-4,71	33,2	2,9
	Testigo agua	13,63	2,4	0,51	0,09	19,58	3,27	32,3	1,9
	Testigo absoluto	12,37	1,1	0,40	-0,02	19,38	3,067	30,6	0,3

DM: Diferencia entre Medias.

* Indica diferencias altamente significativas, respecto al "Inductor E" en estudio según prueba de Dunnett al 5%.

Fitotecnia



al 3 (referente). Para las bolsas de la dimensión 2 (17 x 23 cm), todas fueron menores al tratamiento 11 (referente), según prueba de diferencia mínima significativa al 5% (Figura 70).

En cuanto a la prueba de resistencia al esfuerzo mecánico de rotura por tracción, en la Figura 71 se detalla cómo el tratamiento 1 utilizó proporcionalmente una fuerza de 13,8 y 13,7 Newton (N), hasta sufrir deformaciones en las bolsas nuevas y usadas, respectivamente. Así mismo, se resalta el tratamiento 6 con valores de 5,7 y 3,5 N, inferiores a los presentados por el testigo, 14,2 N en bolsas nuevas y 11,5 N en bolsas usadas. El esfuerzo o carga de fractura para el tratamiento 2, según la Figura 72, ocurrió en un intervalo entre los 321 mm en la bolsa nueva y 5 mm luego de seis meses de almácigo.

Una vez finalizado el proceso de almácigo, los tratamientos 2 y 9 de bolsas biodegradables obtuvieron pérdidas de bolsas superiores al 30%.

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

En la caficultura aún no existe la recomendación de materiales biodegradables como opción para la etapa de almácigo y siembra en el campo, que puedan sustituir las actuales bolsas de polietileno. Con el objetivo de explorar alternativas de bolsas biodegradables y de reúso para las etapas almácigo y siembra de café, se evaluaron 11 materiales (Tabla 41). Para ello, se estableció como unidad de observación una plántula de café variedad Castillo® en cada bolsa. Cada población estuvo conformada por 500 unidades de observación, se midieron los tiempos de llenado, encarre y siembra de la chapola. En el almácigo se evaluó la altura de la planta, la materia seca y las pruebas de resistencia al esfuerzo mecánico de las bolsas nuevas y usadas al finalizar la etapa, mediante el equipo Instron. El tratamiento de bolsa biodegradable (9) demandó un mayor tiempo en las labores de almácigo (Tabla 42).

La materia seca evaluada en 30 plantas por tratamiento, en la dimensión 1 (13 x 21 cm), mostró para el tratamiento 10 un menor promedio con respecto

Tabla 41. Tipo de bolsas evaluadas durante la etapa de almácigo.

Material	Dimensiones	Tratamiento
Biodegradable	13 cm x 21 cm	1
Biodegradable	13 cm x 21 cm	2
Polietileno	13 cm x 21 cm	3
Polietileno	13 cm x 17 cm	4
Biodegradable	13 cm x 21 cm	5
Biodegradable	15,5 cm x 21 cm	6
Biodegradable	12,5 cm x 20,5 cm	10
Oxobiodegradable	17 cm x 23 cm. 2% al 3% baja densidad	7
Oxobiodegradable	17 cm x 23 cm. 1% al 2% baja densidad	8
Biodegradable	17 cm x 23	9
Polietileno	17 cm x 23 cm	11

Tabla 42. Tiempos de llenado, siembra de la chapola y encarre de las bolsas (jornales).

Cantidad Bolsas	Tratamiento	Tiempo de llenado	Tiempo de siembra de la chapola	Tiempo de encarre	Tiempo total	Bolsas rotas (Número)
500	1	0,22	0,08	0,06	0,37	10
500	2	0,18	0,06	0,05	0,29	28
500	3	0,19	0,06	0,05	0,30	0
500	4	0,21	0,07	0,05	0,31	0
500	5	0,18	0,06	0,05	0,29	12
500	6	0,19	0,06	0,05	0,31	1
500	7	0,17	0,07	0,05	0,28	4
500	8	0,17	0,08	0,05	0,29	7
500	9	0,22	0,09	0,13	0,44	4
500	10	0,19	0,05	0,07	0,30	7
500	11	0,20	0,08	0,05	0,32	3

Un jornal equivale a 9 horas.

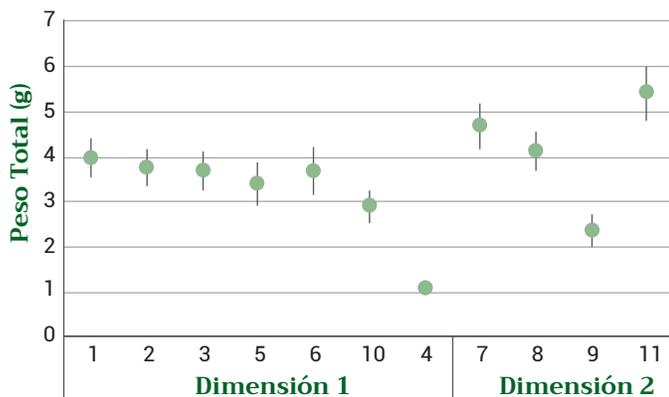


Figura 70. Peso seco total de las plantas de café al finalizar la etapa de almácigo. Las barras indican el intervalo de confianza al 95%.

FIT102003. Evaluación de arreglos espaciales para café Variedad Castillo® en diferentes ambientes.

Esta investigación se llevó a cabo en siete Estaciones Experimentales de Cenicafe ubicadas desde los 02° 24' de latitud Norte (El Tambo, Cauca) hasta los 07° 06' de latitud Norte (San Antonio – Floridablanca, Santander), con rangos altitudinales entre los 1.203 y los 1.735 m. En siembras de café variedad Castillo®, se evaluó la producción acumulada de café cereza, durante un ciclo productivo de cuatro años de cosecha, bajo tres arreglos espaciales con distancias de 1,0 x 1,0 m (1 tallo

por sitio), 1,0 x 2,0 m (2 tallos por sitio) y 0,75 x 1,4 m (1 tallo por sitio) para una densidad de siembra cercana o igual a 10.000 tallos/ha. Bajo el diseño de bloques completos al azar, se establecieron parcelas de 1.000 m², con tres repeticiones.

El análisis de la producción de café cereza acumulada durante cuatro años de cosechas, mostró diferencias significativas según prueba DMS (diferencia mínima significativa) al 5%, entre los arreglos espaciales 1,0 x 2,0 m y 1,0 x 1,0 m en la localidad de La Trinidad en Líbano-Tolima. Para la localidad de El Tambo-Cauca se presentaron diferencias significativas entre los tres arreglos espaciales con la menor producción en el arreglo 1,0 x 2,0 m (Tabla 43).

En las localidades de Naranjal y San Antonio bajo los arreglos espaciales en cuadro, con un tallo por sitio, o en rectángulo, con uno o dos tallos por sitio, se obtiene igual respuesta en producción. En contraste, la localidad de El Tambo muestra las mayores producciones cuando se establecen arreglos en cuadro con distancias cortas, esta condición favorable puede asociarse con un menor impacto de las corrientes de aire frío predominantes en esta región y la disminución de muerte de ramas por *Phoma* (Figuras 73 y 74).

El análisis del crecimiento de la planta con los diferentes arreglos espaciales en tres localidades, para las variables altura de la planta y número de cruces, fue descriptivamente igual en la localidad de La Catalina y presentó descriptivamente los menores promedios para ambas variables con el arreglo 1 x 2 m, en las localidades de La Trinidad y El Tambo (Figura 74).

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

Cuantificar la floración del café en Colombia es una actividad de importancia para estimar la distribución de la cosecha en diferentes regiones del país y para apoyar la toma de decisiones en el cultivo de café como son, el manejo fitosanitario de plagas y enfermedades, y la planeación de la logística para la cosecha.

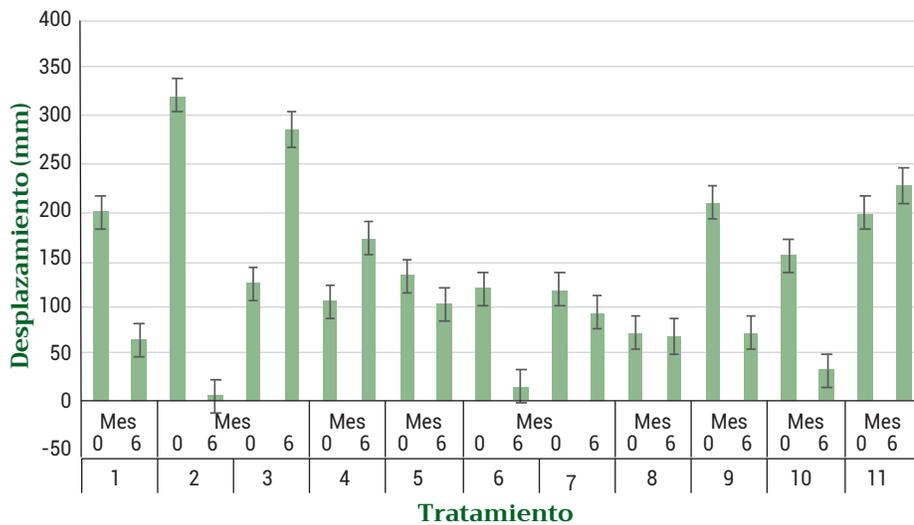


Figura 71. Fuerza máxima empleada para deformar el material en Newton Las barras indican el error estándar.

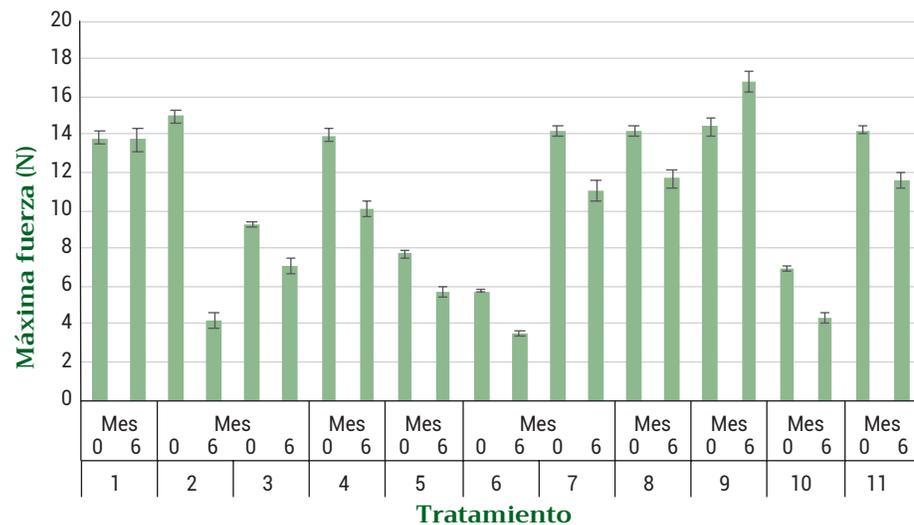


Figura 72. Desplazamiento al esfuerzo máximo empleado en milímetros. Las barras indican el error estándar.

Esta actividad se desarrolla en las ocho Estaciones Experimentales de Cenicafé, con base en el monitoreo permanente de las floraciones. La evaluación consiste en contar el número de flores en etapa de preantesis, en 60 árboles seleccionados en un lote en producción, tomando dos ramas productivas por cada árbol. Con la información registrada en cada fecha de muestreo, se estima el total de flores y el porcentaje correspondiente en cada período. En la Tabla 44 se resume la información correspondiente a los registros y la proyección de la distribución de la cosecha para el año 2020, alrededor de 32 semanas después de la floración, en ocho localidades que representan las principales regiones cafeteras del país.

El balance hídrico que se presenta en la Figura 75 muestra condiciones de déficit hídrico entre los meses de enero y febrero de 2020, los cuales marcaron el nivel de estrés necesario para

que las plantaciones de café en las localidades con cosecha principal en el segundo semestre del año (Santander, Naranjal, La Catalina y El Rosario), acumularan las mayores magnitudes de floración en estos meses.

Las condiciones de la zona Norte en la Estación de Pueblo Bello Cesar, favorecieron el inicio tardío de las precipitaciones, lo que ocasionó el registro de las mayores floraciones en los meses de marzo y abril de 2020.

En la localidad de El Tambo (Cauca) con cosecha principal en el primer semestre del año, el inicio de las lluvias a mediados del mes de septiembre de 2019 (Figura 75), indujo la mayor proporción de floraciones registradas en el año (Tabla 44). Este período de inicio de lluvias en septiembre de 2019, posterior al tiempo seco presentado en las localidades de Paraguaicito y La Trinidad, también promovieron buenas floraciones para la cosecha del primer semestre.

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

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de distintas densidades de población de híbridos de maíz intercalado con el café durante dos ciclos de producción del cultivo transitorio, sobre los componentes fenológicos y de rendimiento del maíz y de la primera cosecha de café en lotes renovados por siembra o zoca.

El primer ciclo se estableció en el mes de abril del 2020, en las Estaciones Experimentales La Catalina y Naranjal. Las

Tabla 43. Producción acumulada en kg de café cereza por parcela bajo tres arreglos espaciales.

Localidad	Arreglo espacial	Tallos/ha	Repeticiones	\bar{X}		LI	LS	EE
La Catalina	(1 m x 2 m) 2 tallos/sitio	10.000	3	9.447,0	a	6.911,4	11.982,7	589,3
	(0,75 m x 1,4 m) 1 tallo/sitio	9.523	3	10.902,0	a	9.137,9	12.666,1	410,0
	(1 m x 1 m) 1 tallo/sitio	10.000	3	11.179,0	a	10.196,7	12.161,3	228,3
La Trinidad	(1 m x 2 m) 2 tallos/sitio	10.000	3	3.429,7	b	907,3	5.952,1	586,2
	(0,75 m x 1,4 m) 1 tallo/sitio	9.523	3	4.888,6	b	2.089,7	7.687,4	650,5
	(1 m x 1 m) 1 tallo/sitio	10.000	3	5.979,6	a	3.149,3	8.809,9	657,8
Naranjal	(1 m x 2 m) 2 tallos/sitio	10.000	3	8.293,2	a	6.023,1	10.563,2	527,6
	(0,75 m x 1,4 m) 1 tallo/sitio	9.523	3	8.450,4	a	6.670,9	10.230,0	413,6
	(1 m x 1 m) 1 tallo/sitio	10.000	3	7.908,7	a	5.907,3	9.910,0	465,1
Paraguacito	(1 m x 2 m) 2 tallos/sitio	10.000	3	5.442,6	a	5.158,2	5.727,0	66,1
	(0,75 m x 1,4 m) 1 tallo/sitio	9.523	3	7.031,8	a	6.402,4	7.661,3	146,3
	(1 m x 1 m) 1 tallo/sitio	10.000	3	6.625,1	a	5.467,6	7.782,6	269,0
El Rosario	(1 m x 2 m) 2 tallos/sitio	10.000	3	5.074,6	a	670,0	9.479,2	1.023,7
	(0,75 m x 1,4 m) 1 tallo/sitio	9.523	3	6.375,4	a	4.530,1	8.220,6	428,9
	(1 m x 1 m) 1 tallo/sitio	10.000	3	6.591,4	a	3.415,9	9.766,9	738,0
Santander	(1 m x 2 m) 2 tallos/sitio	10.000	3	4.231,7	a	295,8	8.167,6	914,8
	(0,75 m x 1,4 m) 1 tallo/sitio	9.523	3	5.268,3	a	2.858,5	7.678,2	560,1
	(1 m x 1 m) 1 tallo/sitio	10.000	3	5.153,3	a	1.145,4	9.161,1	931,5
El Tambo	(1 m x 2 m) 2 tallos/sitio	10.000	3	3.590,7	c	1.001,4	6.180,0	601,8
	(0,75 m x 1,4 m) 1 tallo/sitio	9.523	3	6.154,7	b	1.942,1	10.367,2	979,1
	1 m x 1 m) 1 tallo/sitio	10.000	3	8.967,3	a	6.371,3	11.563,3	603,3

Para cada localidad, letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (arreglo espacial), según prueba DMS: Diferencia Mínima Significativa al 5%. \bar{X} : Promedio. LI: Límite inferior y LS: Límite superior, con un coeficiente de confianza del 95%. EE: Error estándar.

parcelas experimentales ocuparon un área de 2.300 m² por cada localidad y estuvieron ubicadas en lotes de producción de semilla de café variedad Cenicafé 1 y Castillo®, renovados por siembra en Naranjal y por zoca en La Catalina, con distancias de siembra de 1,0 x 1,4 m (Figura 76). Se utilizó el híbrido de maíz blanco SGBIOH2 con densidades de siembra entre 45.000 y 60.000 plantas/ha, establecidas en un diseño de bloques completos al azar con nueve bloques.

El manejo de la nutrición de ambos cultivos se ajustó con base en los análisis de suelos tomados en ambas localidades (Tabla 45) y las recomendaciones especificadas para el cultivo del café en el Boletín Técnico de Cenicafé No.32, y para el maíz en la cartilla técnica del híbrido de maíz blanco SGBIOH2 elaboradas por CIMMYT.

El embolsado de las mazorcas en estado lechoso redujo las pérdidas por efecto de aves, a menos del 5%, lo que indica que esta práctica es determinante para la obtención de rendimientos competitivos en zona cafetera.

Para la localidad La Catalina, la menor producción de maíz registrada fue de 5.614 kg ha⁻¹ correspondiente a la densidad de 45.000 plantas/ha y la mayor producción fue de 7.753 kg ha⁻¹ para la densidad de 60.000 plantas/ha, con coeficientes de variación de 21,0% y 8,8%, respectivamente. Para la localidad Naranjal, la menor producción de maíz registrada fue 6.892 kg ha⁻¹ correspondiente a la densidad de 45.000 plantas/ha y la mayor producción fue de 8.490 kg ha⁻¹ para la densidad de 60.000 plantas ha⁻¹, con coeficientes de variación de 11,8% y 6,48%, respectivamente (Tabla 46).

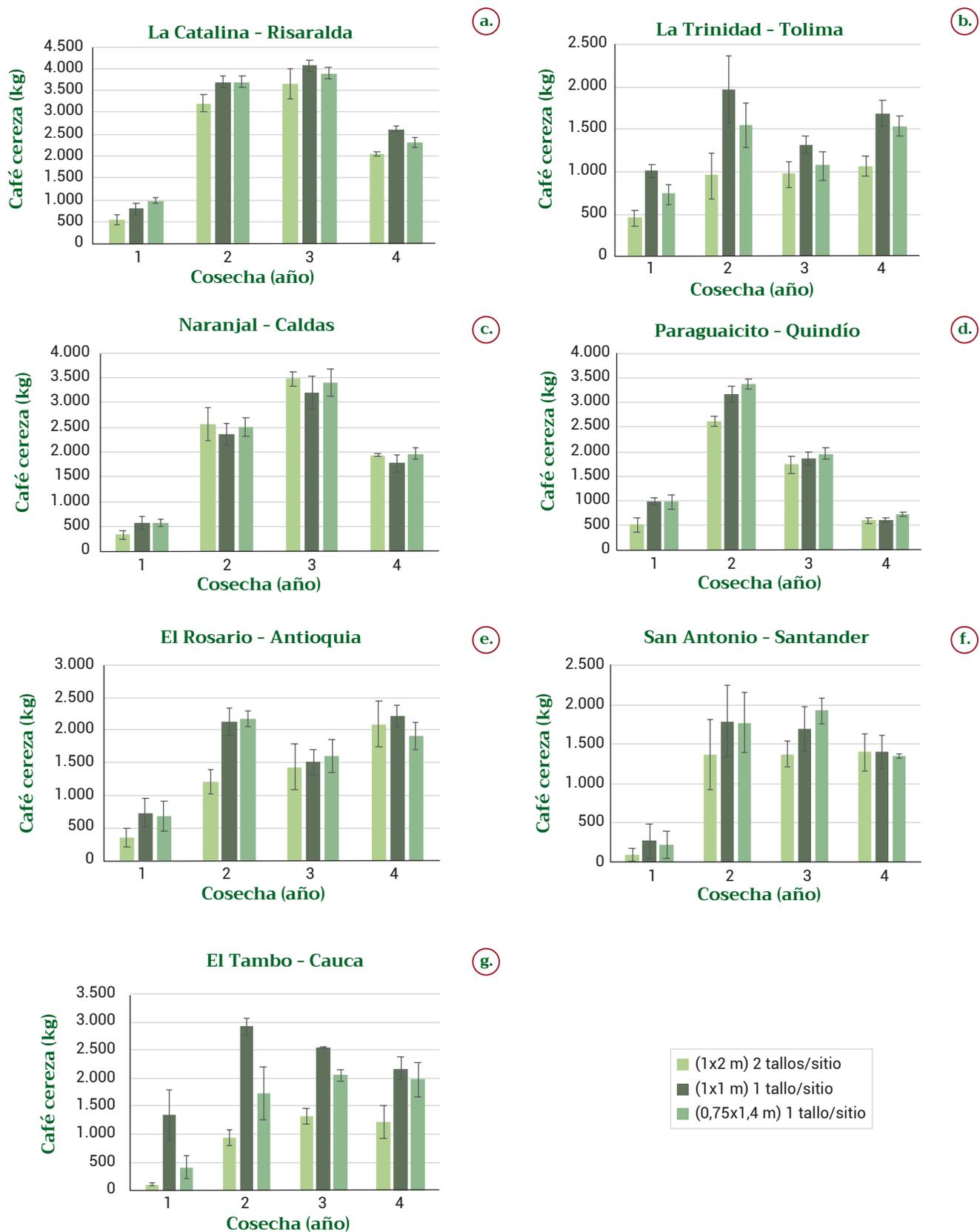


Figura 73. Producción anual en kilogramos de café cereza por parcela bajo tres arreglos espaciales. Las barras, representan el error estándar.

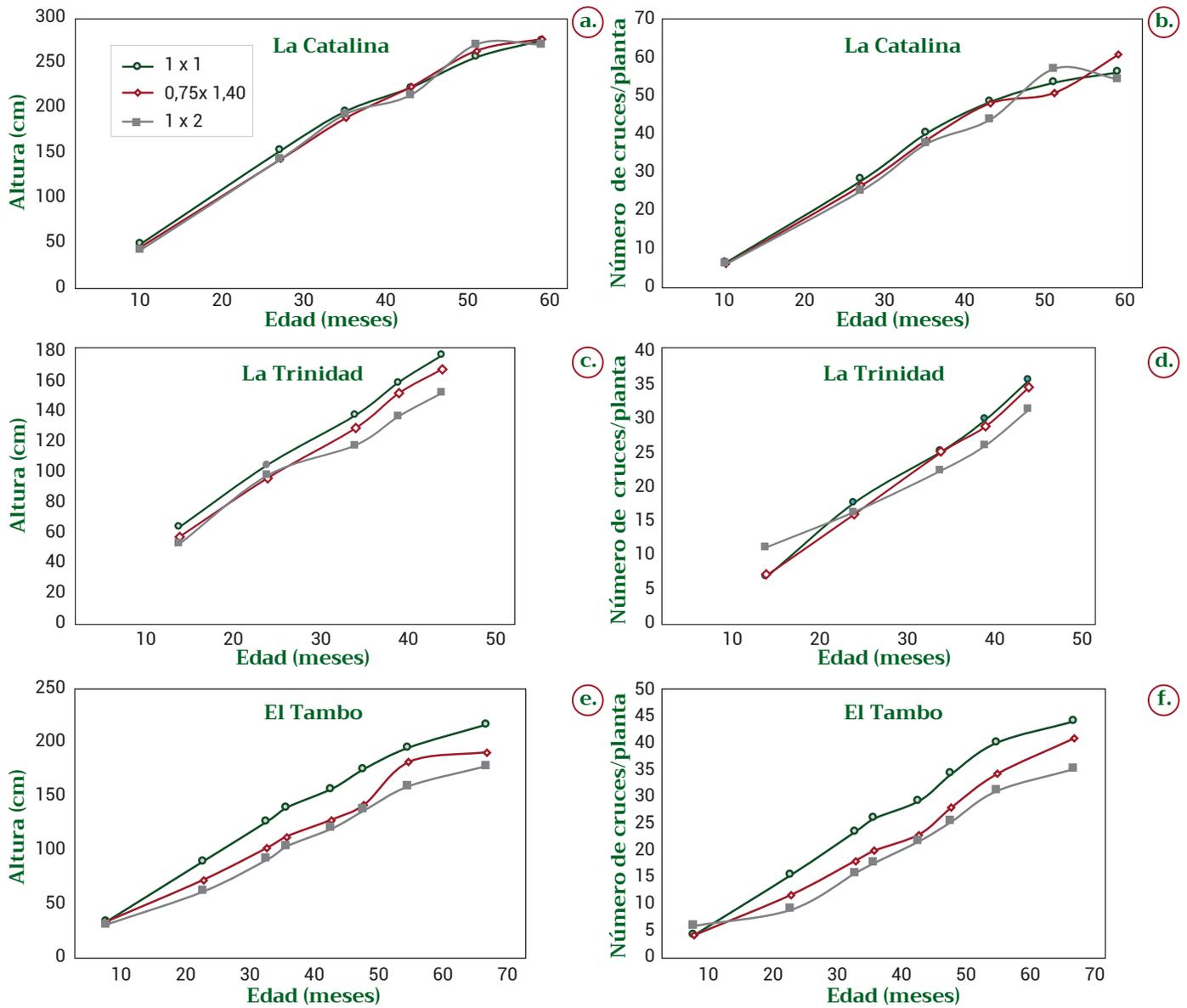


Figura 74. Altura y número de cruces promedio por planta bajo tres arreglos espaciales.

Tabla 44. Proyección de la distribución decadiaria de la cosecha de café en el año 2020 con base en los registros de floración.

Mes floración	Mes cosecha	Decad	Distribución de la cosecha 2020 (%)							
			El Rosario	El Tambo	La Catalina	La Trinidad	Naranjal	Paraguaicito	Pueblo Bello	Santander
may-19	ene-20	1	0,2	0,0	1,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4
		2	0,1	0,0	0,8	4,0	0,2	0,3	0,0	0,1
		3	0,1	1,0	2,1	0,3	0,3	1,0	0,0	0,0
jun-19	feb-20	1	0,2	2,5	0,5	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
		2	0,1	2,8	1,0	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0
		3	0,8	2,0	1,0	1,1	0,1	0,3	0,0	0,0

Continúa...

...continuación.

Mes floración	Mes cosecha	Decad	Distribución de la cosecha 2020 (%)							
			El Rosario	El Tambo	La Catalina	La Trinidad	Naranjal	Paraguacito	Pueblo Bello	Santander
jul-19	mar-20	1	0,6	2,6	3,1	0,8	1,1	1,0	0,0	0,0
		2	0,6	1,2	1,7	2,1	0,0	0,1	0,0	0,0
		3	0,6	2,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,5
ago-19	abr-20	1	2,7	6,8	0,5	8,7	1,9	0,0	0,0	0,2
		2	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
		3	0,1	0,0	0,2	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0
sep-19	may-20	1	0,0	0,0	0,2	10,8	0,0	0,1	0,0	0,0
		2	1,3	0,0	14,8	31,2	0,4	15,8	0,0	0,0
		3	0,7	57,5	1,5	2,3	1,2	1,5	0,0	0,0
oct-19	jun-20	1	0,1	0,0	2,7	0,1	6,1	0,1	0,0	0,0
		2	0,7	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		3	2,2	1,4	0,2	1,6	2,7	0,4	0,0	0,1
nov-19	jul-20	1	0,5	0,0	0,4	2,7	0,0	0,1	0,0	0,1
		2	0,9	1,6	0,6	5,5	3,4	2,2	0,0	0,0
		3	1,8	1,5	1,3	0,1	1,7	0,1	0,0	0,1
dic-19	ago-20	1	0,4	0,0	1,5	0,0	0,1	5,1	0,0	0,2
		2	1,5	0,0	2,4	1,8	1,1	0,0	0,0	4,5
		3	0,3	0,0	0,4	0,0	0,6	0,5	0,0	22,3
ene-20	sep-20	1	6,2	0,0	5,0	0,9	8,8	0,3	0,0	2,0
		2	6,1	0,0	0,2	0,0	0,1	14,7	0,0	11,2
		3	18,8	0,0	7,1	10,2	15,6	12,1	33,1	43,8
feb-20	oct-20	1	11,7	4,2	9,8	0,0	3,2	0,8	0,0	0,0
		2	9,8	0,0	0,6	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0
		3	20,3	0,0	32,1	13,0	27,3	0,0	0,0	14,4
mar-20	nov-20	1	1,0	9,6	0,2	0,1	2,1	18,2	0,0	0,0
		2	2,2	0,0	0,5	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0
		3	0,1	2,4	0,2	0,1	2,7	0,2	40,8	0,0
abr-20	dic-20	1	6,0	0,0	2,3	0,2	11,4	5,7	26,2	0,0
		2	0,6	0,1	2,6	0,5	0,2	8,6	0,0	0,0
		3	0,6	0,4	0,2	0,1	3,5	0,0	0,0	0,0

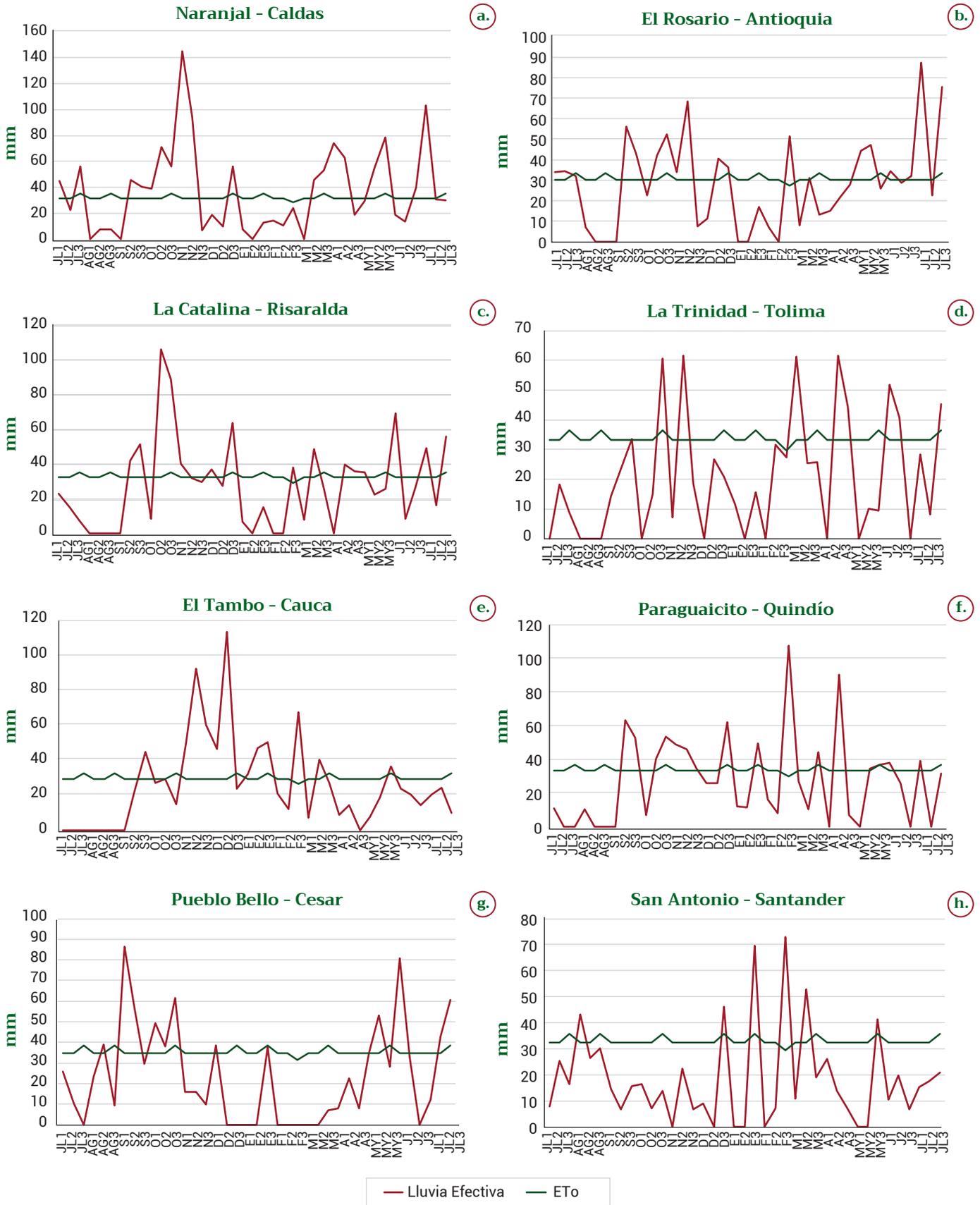


Figura 75. Balance hídrico en las Estaciones Experimentales, julio 2019 – julio 2020. Información suministrada por la Disciplina de Agroclimatología de Cenicafé (oct-2020).



Figura 76. Cultivo de maíz blanco SGBIOH2 en zocas de café en la Estación La Catalina.

Tabla 45. Propiedades físicas y químicas de los suelos presentes en los lotes donde se establecieron las parcelas experimentales en Naranjal y La Catalina.

	pH	(%)		cmol(+) kg ⁻¹					mg.kg ⁻¹							%			Textura
		N	MO	K	Ca	Mg	Al	CIC	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	Ar	L	A	
La Catalina	4,6	0,42	10,6	0,53	1,92	0,32	0,9	41	23	168	30	10,2	3,3	0,28	13,6	28	27	45	F.Ar.A
Naranjal	4,5	0,47	12,0	0,18	0,57	0,26	1,1	33	23	150	12	2,6	14,8	0,48	17,9	27	19	55	F.Ar.A

Tabla 46. Datos de rendimiento del maíz híbrido SGBIOH2, en kilogramos por hectárea, al 14% de humedad, para cuatro densidades de siembra de maíz intercalado con café, en las localidades de Naranjal y La Catalina.

La Catalina	Tratamiento			
	1	2	3	4
Densidad de siembra (plantas/ha)	45.000	50.000	55.000	60.000
Rendimiento promedio de maíz 14% (kg ha ⁻¹)	5.614	5.924	7.069	7.752
CV (%)	21,06	16,20	8,38	8,88
Naranjal	Tratamiento			
	1	2	3	4
Densidad de siembra (plantas/ha)	45.000	50.000	55.000	60.000
Rendimiento promedio de maíz 14% (kg ha ⁻¹)	6.892	7.265	8.067	8.490
CV (%)	11,83	11,05	7,04	6,48

MEG102000. Mejoramiento por resistencia a enfermedades

MEG102002. Desarrollo y Evaluación de Poblaciones Resistentes a CBD.

La enfermedad de las cerezas del café (CBD), ocasionada por *Colletotrichum kahawae* Bridge & Waller, es responsable de pérdidas en la producción de hasta el 80% en cultivos susceptibles y a los cuales no se les hace un control químico efectivo. Aunque hasta la fecha el CBD se encuentra restringido al continente africano, en Colombia el 30,5% del área cafetera se encuentra a altitudes superiores a 1.700 m, según el SIC@ en el 2019, propicias para el desarrollo de la enfermedad. En Colombia, las variedades comerciales poseen el gen T de resistencia al CBD; sin embargo, existen reportados dos genes más de resistencia presentes en las variedades Rume Sudán (gen R y k) y K7 (gen k). Por ello, se planteó la presente investigación con el objetivo de desarrollar poblaciones con diferentes fuentes de resistencia al CBD.

Se realizaron siete cruzamientos entre la línea DG1399 (Caturra x HdT1343 -H3001) y Maragogipe Amarillo, Jackson, Local Bronce, Sudan Rume, Java 65 y ET56. La población F₂ se estableció en dos experimentos (MEG0316 y MEG0317). Como variable de interés se tomó la resistencia al CBD, la cual fue evaluada en el CIFIC (*Centro de Investigaçãõ das Ferrugens do Cafeeiro* en Portugal) mediante la prueba de hipocótilos. Como variables complementarias se registraron altura del árbol, diámetro de la copa y del tallo, producción

Mejoramiento Genético



en cuatro cosechas, incidencia de roya y calidad física del grano. Se encontraron cuatro plantas resistentes a tres aislamientos de CBD provenientes de Kenia, Zimbabwe y Camerún (MEG0316 #64, MEG0316 #65, MEG0316 #66, MEG0316 #68) y tres plantas resistentes a aislamientos originarios de Uganda, Zimbabwe y Camerún (MEG0317# 37, MEG0317 #196, MEG0317 #204); sin embargo, las evaluaciones de incidencia de roya, sugieren que estas plantas son susceptibles a esta enfermedad, por lo cual no se continuará su avance generacional, si no, que serán incluidas como progenitores en un plan de cruzamientos, con líneas avanzadas que posean resistencia a la roya proveniente de diferentes orígenes, además de excelentes características agronómicas.

MEG102003. Evaluación de poblaciones desarrolladas a partir de híbridos interespecíficos. Se evaluaron 40 progenies F2RC2 (17), F4RC1 (14) y F5RC1 (9), originadas a partir de cruzamientos entre Caturra con diferentes introducciones de *C. canephora*, en un diseño de dos bloques, con dos repeticiones. Como testigos se utilizaron las variedades Castillo® General y Catucaí, variedad originada en Brasil a partir del cruzamiento entre las variedades Icatú y Catucaí. Se utilizó un diseño de bloques con dos repeticiones, la unidad experimental fue un surco de 12 plantas, de las cuales diez fueron efectivas. Como variable de interés se tomó resistencia a la roya, evaluada mediante la escala de Eskes & Toma-Braghini. Como variables complementarias, se registraron la altura de la planta, el número de cruces y el diámetro de la copa a los 24 meses de establecido el lote experimental, porcentaje de grano supremo y producción durante cuatro cosechas. Para el avance generacional, se seleccionaron 138 plantas F2RC2, que en ocho evaluaciones de roya presentaron una clasificación máxima de incidencia de roya entre 0-1, de acuerdo con la escala de Eskes & Toma-Braghini. Se recolectó semilla de las plantas seleccionadas, para avanzar una generación y evaluación y selección por las características de interés para el Programa de Mejoramiento.

En las progenies F4RC1 y F5RC1, se seleccionaron 13 líneas en las que, en las ocho evaluaciones realizadas, al menos el 80% de las plantas alcanzaron una calificación máxima de incidencia de roya menor o igual a 3 utilizando la escala de Eskes & Toma-Braghini. Los análisis de varianza para las características de crecimiento fueron significativos para la progenie, de acuerdo con la prueba de Dunnett al 0,5%, se encontraron ocho líneas con altura inferior a Castillo® y de éstas, cuatro familias con diámetro de copa menor a esta variedad. En el número de cruces, sólo una línea presentó un menor número al ser comparada con Castillo®. El 26% de las líneas evaluadas presentó un porcentaje de grano supremo menor a Castillo®. La producción acumulada fue estadísticamente igual a las variedades testigo utilizadas. El 61% de las líneas evaluadas presentaron un porcentaje promedio de grano caracol entre 10% – 15%. El 65% de las líneas presentaron menos del 10% de grano vano. En la actualidad, se seleccionaron dos plantas por línea seleccionada para ser propagada vegetativamente e ingresarla a la Colección de Trabajo, para su preservación hasta que se complete el número de líneas requeridas para establecer una prueba de adaptación regional.

MEG102004. Evaluación de poblaciones con resistencia a la roya derivadas del Híbrido de Timor. La diversidad, como estrategia para el manejo de enfermedades, ha resultado exitosa en un número considerable de especies cultivadas, entre ellas el café. No obstante, en este cultivo la presencia cada vez más frecuente, de razas de roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) compatibles con los genes de resistencia del Híbrido de Timor, hace necesaria la utilización de otras fuentes de resistencia disponibles, especialmente provenientes del acervo genético primario de la especie. Teniendo en cuenta este hecho, la presente investigación plantea el desarrollo de variedades en las que se combinan los genes de resistencia a la roya del Híbrido de Timor 1343 ($S_H6-S_H?$) con los genes provenientes de *C. arabica* (S_H1, S_H2, S_H4) y *C. canephora*. Para ello, se estableció una serie de cruces simples y complejos, entre accesiones etíopes, selecciones/variedades desarrolladas por otros Programas de Mejoramiento, con derivados de Caturra x Híbrido de Timor seleccionados por sus características agronómicas. Actualmente, se evalúan por su comportamiento agronómico y resistencia a la roya, 44 progenies F4 y 60 genotipos tempranos distribuidos en tres lotes experimentales.

Los resultados parciales obtenidos denotan el potencial de las progenies avanzadas 2009-14

#1199, 2009-14 #1200, 2009-14 #620 y 2009-14 #78 al combinar resistencia a la roya (>90% plantas con valores máximos de 1 en la escala de campo de Eskes & Toma-Braghini) con un porte estadísticamente inferior al observado en la variedad Cenicafé 1. Finalizar el proceso de evaluación es de vital importancia para definir el potencial de los genotipos y permitirá seleccionar aquellos más promisorios para su evaluación regional, antes de ser incorporados dentro de la estrategia de diversidad usada en Colombia.

MEG102019. Ampliación de la base genética de *Coffea arabica* L. con el gen SH3 de resistencia a roya (*Hemileia vastatrix*). Se realizó la selección asistida con el marcador microsatélite Sat-244 a 1.949 plantas F2 correspondientes a 23 poblaciones. Estas poblaciones se caracterizan por poseer un fondo genético que incluye líneas avanzadas del programa de Mejoramiento, con excelentes atributos agronómicos (CatxHdT), *C. canephora* y las selecciones indias BA-2, S795 y S288/23 que poseen el gen de resistencia a la roya S_H3 . El Sat-244 está correlacionado con el gen de resistencia S_H3 , el cual fue identificado en *C. liberica*.

Las plantas fueron establecidas en la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná – Caldas) y tiene 18 meses. Los resultados obtenidos indican que el 43,71% de las plantas evaluadas se catalogaron como susceptibles, mientras que el 56,29% se clasificaron como resistentes, aunque sólo en el 11,86% la característica ya está fijada (marcador homocigoto dominante).

Adicionalmente, se tomaron variables de crecimiento en plantas de 12 meses (altura de la planta, número de cruces y diámetro de la copa) en las plantas cuyo perfil genético fue homocigoto dominante o heterocigoto, para el marcador Sat-244. Para el carácter altura de la planta, el testigo variedad Caturra presentó una altura media de 85 cm. Las poblaciones en evaluación, dentro de los valores medios para altura registraron valores mínimos de 83 cm y valores máximos de 120 cm, respectivamente.

Para la variable número de cruces, la variedad Caturra presentó valores medios de 17,7. Dentro de las 23 poblaciones evaluadas se registraron plantas con valores mínimos de 16,6 y máximos de 19,8. El valor medio registrado para la variable diámetro de copa para variedad Caturra fue de 81,9 cm. Dentro de los valores medios, los mínimos y máximos registrados en las 23 poblaciones F2 fueron de 85,3 y 117,0 cm, respectivamente.

MEG102021. Selección preliminar de progenies de *Coffea arabica* L. en generación F1, -provenientes de cruzamientos con genotipos portadores de los genes S_{H1} , S_{H2} y S_{H4} de resistencia a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome). Partiendo de una selección de 75 plantas en generación F1 (Lote 2015-1), provenientes del cruzamiento entre Caturra por Híbrido de Timor 1343 y genotipos portadores del gen S_{H1} , se está realizando la selección de los mejores individuos por resistencia a la roya bajo condiciones controladas, mediante la metodología de hoja desprendida, haciendo uso de la escala establecida por Leguizamón. En este informe se presentan los resultados obtenidos para un grupo de 20 plantas.

El inóculo con el que se realizó la selección se obtuvo de uno de los progenitores (CX2385) de la progenie evaluada, el cual es portador de los genes de resistencia del HdT. Teniendo en cuenta la teoría de gen por gen, el inóculo usado sólo debe infectar las hojas de las plantas que tengan los mismos genes de donde fue obtenido (genes HdT). Se deduce entonces que las plantas que no se vean afectadas por la enfermedad tendrán una combinación de genes de resistencia diferente. En este caso, la resistencia será otorgada por la combinación de genes del HdT (S_{H6} - $S_{H?}$) y el S_{H1} .

Los datos obtenidos no se ajustaron a los supuestos estadísticos para un análisis de varianza, es por ello que se realizó un análisis de supervivencia no paramétrico (descriptivo). La comparación de los porcentajes de hojas afectadas por roya entre cada uno de los genotipos permitió identificar genotipos promisorios por resistencia a la enfermedad.

En todos los genotipos evaluados, el inóculo empleado fue capaz de producir síntomas de grado 1. Los grados 2 y 3 se presentaron en distintas proporciones en las plantas F1 evaluadas. Sobresale la planta 128, puesto que no presentó grados superiores a 1 durante el experimento. Las plantas 31, 32, 52, 54, 55, 61, 62, 63, 64, 65, 126, 127, 128, 129 y 130, alcanzaron valores máximos de 3 (Figura 77).

Los genotipos 33, 34, 35, 51 y 53, presentaron valores iguales o superiores a 4, en la escala de Leguizamón (1983). Esto se traduce en que estas plantas son altamente susceptibles a la raza de roya con la que se realizó la inoculación. La roya es capaz de producir esporas en las hojas de estos genotipos. No obstante, los genotipos 35, 51 y 53 son los que presentan mayor grado en la escala de valoración. Estos genotipos permiten que la roya pueda producir esporas en más del 25% de lesiones ocasionadas por el hongo (Figura 77).

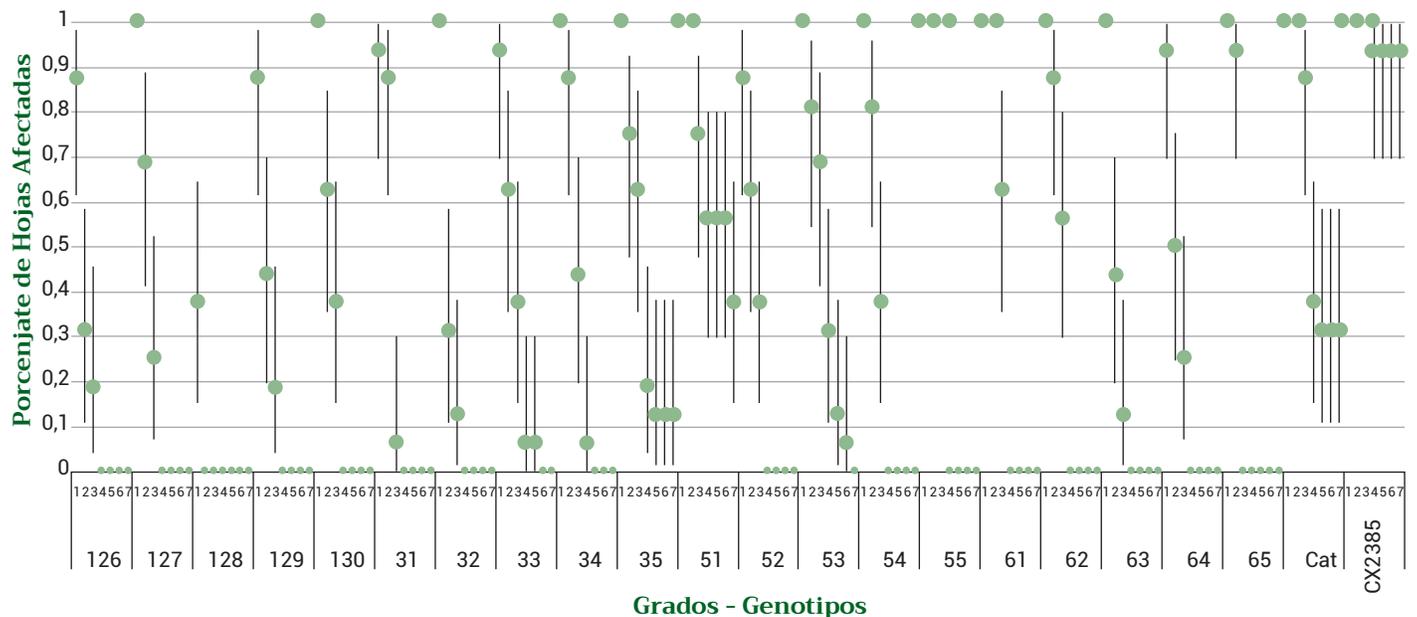


Figura 77. Porcentaje de hojas infectadas por roya por cada genotipo evaluado y su respectiva calificación de acuerdo con la escala Leguizamón (1983). (0) Ausencia de lesión visible; (1) Aparición de pequeñas lesiones decoloradas; (2) Aumento de la superficie de la lesión y decoloración más profunda; (3) Tendencia de las lesiones e intensificación de la decoloración; (4) Aparición de las primeras esporas; (5) Esporulación inferior al 25% de la superficie de la lesión; (6) Esporulación superior al 25 hasta el 50% de la superficie de la lesión; (7) Esporulación superior al 50% de la superficie de la lesión.

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

El Híbrido de Timor (HdT) ha sido, sin lugar a dudas, la fuente por excelencia para la obtención de variedades con resistencia a la roya del café. En este sentido, a pesar del gran número de variedades liberadas, se han utilizado sólo tres árboles de este origen (HdT 832/1, 832/2 y 1343/574). Evaluaciones continuas de incidencia por la enfermedad realizadas en Cenicafé sobre genotipos de este origen y complementados con estudios de diversidad genética del HdT, han demostrado el potencial aún vigente para el desarrollo de variedades. Estos trabajos permitieron identificar dos genotipos que permanecen libres de la enfermedad después de 18 años de evaluación, que además difieren genéticamente de los que han sido hasta la fecha utilizados en Cenicafé para el desarrollo de las variedades comerciales.

Con el propósito de comprobar la resistencia observada en el campo, los genotipos del HdT 1343/567 y 1343/573 fueron inoculados bajo condiciones controladas empleando el método de hoja desprendida. El inóculo utilizado fue recolectado de dos selecciones del HdT 1343/574 (CV.1 y CV.2), ampliamente utilizadas en Colombia para el desarrollo de variedades.

Con el propósito de caracterizar el inóculo utilizado, se incluyeron 12 diferenciales desarrollados por el CIFC, los cuales poseen genes de resistencia conocidos. Los resultados obtenidos sugieren que ambos inóculos no tuvieron la capacidad de causar lesiones esporulantes en los dos genotipos del híbrido de Timor evaluados (1343/567 y 1343/573), mientras que en los otros genotipos

de este origen (1343/574 CV.1, CV.2 y 1343/269) se observaron lesiones esporulantes entre los 30 - 39 días después de la inoculación (Tabla 47).

De igual manera, el inóculo obtenido del HdT 1343/574 CV.1 tuvo la capacidad de esporular sobre genotipos diferenciales con los genes de resistencia $S_{H,2}$ y $S_{H,4}$, solos o en combinación, caso contrario a lo observado cuando estaban presentes los genes $S_{H,1}$ o $S_{H,3}$. Los resultados obtenidos hasta la fecha, refuerzan los resultados obtenidos en las evaluaciones de campo, relacionados a la resistencia de los genotipos del Híbrido de Timor 1343/567 y 1343/573 a la roya del café y su potencial para la obtención de variedades. No obstante, es necesaria la utilización para los ensayos bajo condiciones controladas del inóculo de la enfermedad proveniente de otras fuentes, que permitan evitar posibles escapes de campo.

Tabla 47. Período de latencia (P.L.) e incubación (P.I.) determinado mediante pruebas en laboratorio sobre genotipos seleccionados y clones diferenciales. Inóculo proveniente de las plantas del Híbrido de Timor 1343/574 CV.1 y CV.2.

ID	Genotipo	Genes SH	HdT 1343/574 CV.1		HdT 1343/574 CV.2	
			P. L. (Días)	P. I. (Días)	P. L. (Días)	P. I. (Días)
1	Dilla y Alghe 128/2	1	24	-	17	-
2	Geisha 87/1	1.5	21	-	-	-
4	S.4 Agaro 110/5	4.5	17	13	17	-
5	S. 288-23 33/1	3.5	17	-	14	-
6	DK 1/6 32/1	2.5	17	18	21	-
7	S.286-1 x S.12 Kaffa HW.17/12	1,2,4,5	19	-	-	-
8	S.795 1344/19	2,3,5	-	-	-	-
9	KP-532 Tree 31 1006/10	1,2,5	-	-	17	-
11	KP.423 x S.4 Agaro H.51	2,4,5	17	13	17	-
12	HdT 1343/269	6	17	13	14	25
13	Geisha 87/1	1.5	17	-	-	-
18	HdT 1343/574 CV.2	5-sep	17	22	21	18
19	HdT 1343/574 CV.1	5-sep	14	13	20	19
20	HdT 1343/567	Desconocido	14	-	17	-
21	Maragogipe	5	17	13	24	11
22	HdT 1343/573	Desconocido	14	-	21	-
23	HdT 1343/567	Desconocido	14	-	24	-
28	S.4 Agaro x Geisha	1,4,5	19	-	-	-

MEG102024. Desarrollo y evaluación de poblaciones de *C. arabica* con genes de resistencia a roya provenientes de diversas fuentes.

En 2018, se dio inicio a un plan de cruzamientos enfocados en el desarrollo de poblaciones que involucran diferentes fuentes de resistencia a la roya del cafeto. En la vigencia del presente proyecto, se establecieron los germinadores y almácigos para 13 poblaciones F1, contando a la fecha con 890 plantas, cuyo origen se describe en la Tabla 48.

Las poblaciones que involucran el gen S_H3 de *C. liberica*, y que están constituidas por 496 plantas, se encuentran en fase de selección asistida con el marcador Sat-244, con el fin de llevar al campo únicamente individuos con presencia del marcador.

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

MEG103001. Caracterización de introducciones provenientes de Etiopía.

Disponer de diversidad amplia y suficiente es uno de los prerrequisitos fundamentales para la obtención de variedades mejoradas por los Programas de Mejoramiento Genético. No obstante, su uso está condicionado por las actividades

de evaluación y caracterización a las que son sometidos, las cuales determinan su potencial para el cumplimiento de un objetivo dado. El germoplasma "silvestre" de *C. arabica* ha despertado interés particular para su uso en el desarrollo de variedades con atributos de producción y calidad de grano, tanto física como sensorial.

Con el propósito de identificar los genotipos con mayor potencial para estos atributos, entre 2015 y 2016 se establecieron cuatro lotes experimentales, los cuales comprenden 189 accesiones, producto de las prospecciones realizadas en Etiopía por la FAO entre 1964-1965, y ORSTOM en 1966.

Las Tablas 49 y 50 muestran los resultados parciales de caracterización y evaluación para 89 accesiones establecidas en dos lotes experimentales. El 66% de los genotipos ha presentado una producción acumulada parcial (kg/árbol de cc) estadísticamente similar a la observada en *C. canephora* (Dunnet_{0,05}), testigo de mayor producción. Para el contenido de café supremo, se observaron diferencias significativas entre genotipos ($F_{(MEG1609)50,597}=33,46$; $F_{(MEG1610)42,412}=13,26$), donde el 50% de ellos presentaron valores similares a los observados en la variedad Típica (73,3% y 69,8% para MEG1609 y MEG1610, respectivamente). Entre los defectos de grano, el porcentaje de granos caracol fue el más representativo, donde el 73% de las accesiones evaluadas presentaron valores por

Tabla 48. Descripción de los cruzamientos que dieron origen a las poblaciones F1 que contienen genes de resistencia a la roya provenientes de diferentes orígenes.

Progenitor Femenino	Progenitor Masculino	Número de Plantas F1
2013-2 # 181 MEG.667 # 114	2015-3 # 311 F2 (CX-2710 x S-795)	96
2013-2 # 188 MEG.667 # 114	AS-2 # 1643 F3(CA X Cioccie)x (CA x Geisha)	61
2013-2 # 751MEG.667 # 114	AS-2 # 1412 F3(CA X Geisha)x (CA x F-840)	131
2015-3 # 311 F2 (CX-2710 x S-795)	AS-2 # 1412 F3(CA X Geisha)x (CA x F-840)	49
2015-3 # 313 F2 (CX-2710 x S-795)	BG-2 # 541H. DE T. 1343 I. 573	54
2015-3 # 319 F2 (CX-2710 x S-795)	CV. INT. # 1104 H. DE T. 1343 (I.567)	12
AS-2 # 1411 F3(CA X Geisha)x (CA x F-840)	BG-2 # 541 H. DE T. 1343 I. 573	64
AS-2 # 1412 F3(CA X Geisha)x (CA x F-840)	CV. INT. # 1104 H. DE T. 1343 (I.567)	16
AS-2 # 1643 F3(CA X Cioccie)x (CA x Geisha)	CV. INT. # 1102 H. DE T. 1343 (I.567)	16
IAPAR 59	2015-3 # 311 F2 (CX-2710 x S-795)	144
IAPAR 59	AS-2 # 1643 F3(CA X Cioccie)x (CA x Geisha)	51
IAPAR 59	AS-2 # 1412 F3(CA X Geisha)x (CA x F-840)	55
IAPAR 59	2015-3 # 311 F2 (CX-2710 x S-795)	141

encima de los aceptados a nivel comercial (10%). No obstante, al ser comparados con la variedad de referencia (Típica), solo el 14% de ellos fue superior, de acuerdo a prueba de Dunnet ($P=0,05$). En el caso de la calidad en taza, de gran interés actual como valor agregado, bajo la escala de evaluación utilizada, el 46% de los genotipos evaluados presentan perfiles que los catalogan por encima del nivel estándar de las variedades tradicionales. Del total de genotipos, el 34% presentaron calificaciones

consideradas como "buenas", mientras el 12% se catalogaron como "muy buenas" y "excelentes". En general, los resultados parciales obtenidos muestran el potencial que tiene el germoplasma etíope para ser utilizado en el desarrollo de variedades, resaltando las accesiones CCC1075, CCC1073 y CCC1067, en las cuales se reúnen alta productividad y excelentes atributos de calidad sensorial, y la CCC1045, que posee además de los atributos antes mencionados, buenos atributos físicos del grano.

Tabla 49. Producción acumulada, características de grano y calidad en taza de 49 introducciones etíopes evaluadas, comparadas con las variedades Borbón, Típica y la especie *C. canephora*.

Lote	ID	Producción Acumulada* (kg/árbol)	Características de Grano (%)			Calidad en Taza**	
			Supremo\$	Vanos\$\$	Caracol\$\$\$	Puntaje	Notas Generales
MEG1609	275	15,2+	31,6++	3,4	8,3++	5,5	Chocolate amargo
MEG1609	276	21,4	25,1++	3,7	12,5	5,5	Chocolate amargo
MEG1609	1040	16,0+	51,2++	6,5	17,5++	6,5	Dulce
MEG1609	1041	10,0+	42,0++	9,0	9,6	6,5	Floral
MEG1609	1042	17,3	38,5++	6,0	15,5	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1043	14,7+	Nd	Nd	Nd	5,0	Chocolate amargo
MEG1609	1044	18,3	63,5	3,8	16,5	5,5	Dulce
MEG1609	1045	22,5	70,8	6,7	15,0	6,0	Chocolate dulce
MEG1609	1046	17,1	16,7++	4,8	7,9++	6,0	Especias
MEG1609	1047	10,5+	39,7++	10,3	20,5++	7,5	Dulce
MEG1609	1048	25,4	65,4	15,7++	14,4	6,5	Miel
MEG1609	1049	20,1	24,8++	3,8	12,0	6,0	Chocolate dulce
MEG1609	1050	21,6	49,8++	6,6	12,8	7,0	Especias
MEG1609	1051	25,1	70,1	3,9	10,5	6,0	Chocolate dulce
MEG1609	1052	28,5	70,4	13,4++	19,5++	5,0	Chocolate dulce
MEG1609	1053	16,6+	39,8++	8,9	14,1	5,0	Chocolate amargo
MEG1609	1054	15,7+	19,9++	3,2	10,0	6,5	Chocolate dulce
MEG1609	1055	24,4	37,3++	2,1	12,2	6,0	Miel
MEG1609	1056	19,9	54,9++	14,2++	13,7	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1057	24,1	77,5	3,4	14,3	5,0	Herbal
MEG1609	1058	27,4	78,6	2,7	14,1	6,0	Chocolate dulce
MEG1609	1059	12,8+	65,3	2,0	13,6	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1060	13,2+	27,5++	3,1	10,8	4,5	Miel

Continúa...

...continuación.

Lote	ID	Producción Acumulada* (kg/árbol)	Características de Grano (%)			Calidad en Taza**	
			Supremo\$	Vanos\$\$	Caracol\$\$\$	Puntaje	Notas Generales
MEG1609	1061	16,1+	41,5++	5,6	16,4	6,5	Chocolate dulce
MEG1609	1062	13,3+	16,6++	4,0	16,3	4,0	Nuez
MEG1609	1063	19,3	61,4	2,9	10,1	5,5	Dulce
MEG1609	1064	15,2+	61,8	3,2	11,2	6,0	Chocolate dulce
MEG1609	1065	26,8	49,8++	4,1	13,8	5,0	Chocolate dulce
MEG1609	1066	16,2+	27,4++	5,8	11,2	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1067	17,4+	69,6	4,8	3,6++	7,0	Floral
MEG1609	1068	21,4	32,8++	6,3	17,8++	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1069	21,2	46,6++	17,6++	11,2	5,5	Dulce
MEG1609	1070	17,9	75,7	6,5	12,0	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1071	18,5	28,8++	4,8	10,5	6,0	Especias
MEG1609	1072	25,2	83,0	2,1	8,5++	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1073	24,9	73,4	18,9++	13,3	7,0	Chocolate amargo
MEG1609	1074	23,4	48,2++	10,8	13,1	5,0	Almendra
MEG1609	1075	28,9	66,4	4,5	14,2	6,5	Miel
MEG1609	1076	16,9+	20,8++	4,5	14,2	4,0	Aromático
MEG1609	1077	22,1	70,2	3,5	12,2	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1078	26,9	15,7++	2,2	10,4	5,5	Dulce
MEG1609	1079	12,6+	66,0	2,9	9,3	6,0	Chocolate amargo
MEG1609	1080	17,6	73,7	3,9	13,8	5,0	Chocolate dulce
MEG1609	1081	24,9	79,8	12,2	8,1++	5,0	Miel
MEG1609	1082	16,4+	68,3	5,2	9,1	6,0	Chocolate dulce
MEG1609	1083	18,4	54,5++	2,6	14,3	5,5	Miel
MEG1609	1091	21,8	78,5	4,0	12,4	5,5	Vegetal seco
MEG1609	1128	5,9+	63,7	4,4	13,1	5,5	Chocolate dulce
MEG1609	1244	19,9	29,4++	4,3	12,3	5,5	Chocolate amargo
MEG1609	Borbón	18,6	53,5++	6,2	10,5	4,0	Panela
MEG1609	Típica	9,9+	73,3	3,3	12,7	4,5	Trapo sucio
MEG1609	C. can.	23,8	53,0++	7,8	14,7	2,5	Cereal

* Producción acumulada de tres cosechas.

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

+Diferencias estadísticas significativas con relación a la especie C. canephora según prueba de Dunnett p=0,05.

++Diferencias estadísticas significativas con relación a la variedad Típica según prueba de Dunnett p=0,05.

\$Porcentaje de grano retenido en malla de orificios circulares de tamaño 17/64 pulgadas.

\$\$Porcentaje de granos cereza que flotan de una muestra de 100 granos elegidos al azar de la masa de café recolectada.

\$\$\$Porcentaje de granos de una muestra de cps de 400 granos tomada al azar de la masa de café.

Tabla 50. Producción acumulada, características de grano y calidad en taza de 40 introducciones etíopes evaluadas, comparadas con las variedades Borbón, Típica y la especie *C. canephora*.

Lote	ID	Producción Acumulada* (kg/árbol)	Características de Grano (%)			Calidad en Taza**	
			Supremo\$	Vanos\$\$	Caracol\$\$\$	Puntaje	Notas Generales
MEG1610	1084	13,7	61,9	7,0	14,1	6,5	Miel
MEG1610	1085	11,9+	56,1	4,1	15,2	7,0	Dulce
MEG1610	1086	9,9+	66,6	8,5	9,2	3,5	Chocolate amargo
MEG1610	1087	2,2+	67,5	6,5	14,2	Nd	
MEG1610	1088	12,2	35,6++	3,0	13,0	6,0	Chocolate amargo
MEG1610	1089	15,2	63,6	2,5	14,3	5,5	Dulce
MEG1610	1090	11,8+	79,7	6,2	18,7++	7,0	Floral
MEG1610	1092	12,8	68,2	2,5	12,6	6,0	Chocolate amargo
MEG1610	1093	8,3+	69,8	4,3	19,1++	5,0	Chocolate dulce
MEG1610	1095	10,0+	61,9	5,1	10,4	5,0	Aromático
MEG1610	1096	11,9	48,6++	4,5	13,7	5,0	Chocolate dulce
MEG1610	1097	20,1	73,4	3,0	15,5	5,5	Dulce
MEG1610	1098	12,7	60,1	5,7	6,2++	5,0	Chocolate amargo
MEG1610	1099	12,3	74,5	3,2	12,0	5,5	Chocolate dulce
MEG1610	1100	14,0	27,6++	6,2	16,7	6,0	Chocolate amargo
MEG1610	1101	14,9	59,2	7,2	13,4	8,0	Floral
MEG1610	1102	15,0	47,4++	4,6	16,9++	6,5	Floral
MEG1610	1103	14,2	39,2++	8,8	9,1	6,0	Tabaco
MEG1610	1104	10,9+	48,2++	4,2	14,1	6,0	Frutal
MEG1610	1105	16,6	55,2	2,4	10,7	6,5	Chocolate dulce
MEG1610	1106	11,0+	25,0++	4,2	10,5	7,0	Floral
MEG1610	1107	15,1	57,8	5,7	13,5	6,0	Miel
MEG1610	1108	10,8+	57,2	3,8	17,9++	6,0	Chocolate amargo
MEG1610	1109	14,3	65,9	6,3	15,1	5,5	Inmaduro
MEG1610	1111	9,5+	48,1++	3,0	20,4++	6,5	Especias
MEG1610	1112	12,4	63,0	3,2	14,6	5,0	Chocolate dulce
MEG1610	1113	15,4	47,2++	4,1	17,2++	5,5	Chocolate dulce
MEG1610	1114	14,9	56,7	6,9	15,9	5,0	Chocolate dulce
MEG1610	1115	13,5	43,5++	4,1	14,0	7,0	Panela
MEG1610	1116	11,1+	71,1	11,8++	17,2++	6,5	Dulce
MEG1610	1117	14,3	14,9++	3,1	6,7++	6,0	Cítrico
MEG1610	1118	16,7	40,4++	3,8	8,3	5,5	Chocolate dulce
MEG1610	1119	11,9	73,5	5,6	11,4	6,5	Miel

Continúa...

...continuación.

Lote	ID	Producción Acumulada* (kg/árbol)	Características de Grano (%)			Calidad en Taza**	
			Supremo\$	Vanos\$\$	Caracol\$\$\$	Puntaje	Notas Generales
MEG1610	1120	15,7	47,6++	16,2++	9,4	3,5	Cereal
MEG1610	1121	16,2	29,7++	3,0	17,8++	5,0	Dulce
MEG1610	1122	11,9	36,6++	7,3	26,4++	6,0	Chocolate dulce
MEG1610	1123	15,4	64,0	5,6	14,8	6,5	Floral
MEG1610	1125	13,3	84,5	2,4	15,5	5,5	Chocolate amargo
MEG1610	1126	12,9	53,1	2,5	8,0	5,0	Dulce
MEG1610	1127	10,1+	33,8++	2,1	9,2	8,0	Floral
MEG1610	Borbón	10,2+	52,9	4,1	9,6	6,0	Panela
MEG1610	Típica	8,0+	69,8	6,2	11,9	5,0	Miel
MEG1610	C. can.	17,0	33,6++	10,8	14,4	3,0	Chocolate amargo

* Producción acumulada de tres cosechas.

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

+Diferencias estadísticas significativas con relación a la especie *C. canephora* según prueba de Dunnett p=0,05.

++Diferencias estadísticas significativas con relación a la variedad Típica según prueba de Dunnett p=0,05.

\$Porcentaje de grano retenido en malla de orificios circulares de tamaño 17/64 pulgadas.

\$\$Porcentaje de granos cereza que flotan de una muestra de 100 granos elegidos al azar de la masa de café recolectada.

\$\$\$Porcentaje de granos de una muestra de cps de 400 granos tomada al azar de la masa de café.

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

La Federación Nacional de Cafeteros, adoptó el modelo de variedades de tipo compuesto para el desarrollo de sus variedades con resistencia a la roya del cafeto. Estas variedades permiten asegurar una mayor durabilidad a la resistencia comparada con las variedades monogénicas derivadas de una sola línea mejorada. Lo anterior se viene certificando y validando por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) organismo nacional encargado del registro. En este período del informe anual se realizaron los registros de información por parte del ICA en las variables relacionadas con las pruebas de Distinguibilidad, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) para las siguientes progenies que conforman la variedad Cenicafé 1: CU1819, CU1825, CU1849, CU1953, CU1993, CU2021, CU2034 y CX2866. A la fecha se vienen desarrollando las labores propias de manejo del cultivo, a la par que se toman los datos sobre los diferentes caracteres cualitativos y cuantitativos de las progenies objeto de obtención de derechos y las notoriamente conocidas. Se desarrollaron labores de manejo agronómico: control de arvenses, fertilización, control sanitario, manejo integrado de plagas y enfermedades y recolección de café, entre otras. Igualmente, se efectuó el segundo registro de datos

según el protocolo UPOV TG/249/1, correspondiente a los 24 meses de edad, sobre los caracteres que tienen relación con descriptores fenotípicos como: altura de la planta, forma, largo rama, forma hoja, ancho de planta, número de cruces, entre otras, al tiempo que se inició el registro de producción para cada parcela y plantas efectivas, y se tomaron muestras de café cereza con destinación al análisis de semilla: grosor, ancho, longitud, relación longitud/anchura y peso seco de 100 semillas. Finalmente, se ha obtenido toda la información de las pruebas DHE para Cenicafé 1, de lo cual está pendiente el análisis y presentación de resultados por parte del ICA, para posteriormente definir si es otorgado a la Federación Nacional de Cafeteros, los derechos de obtentor de variedad para las ocho progenies que componen Cenicafé 1.

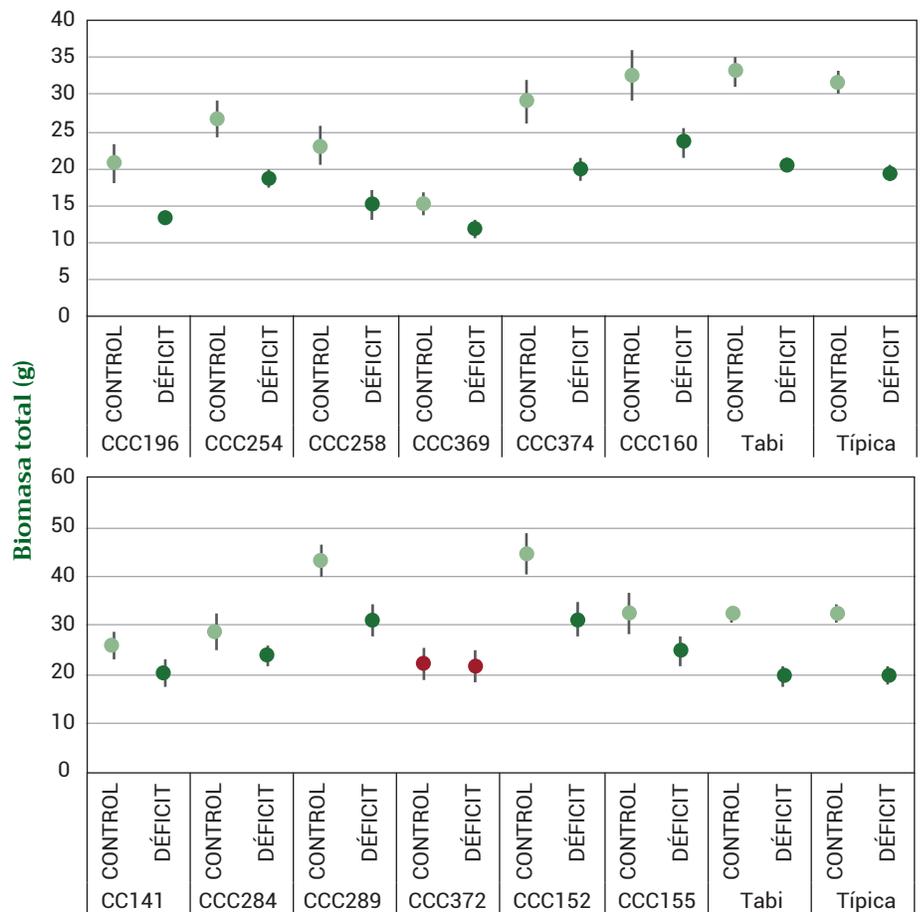
MEG103003. Identificación de accesiones de *Coffea arabica* tolerantes a déficit y exceso hídrico.

En Colombia, la producción de café disminuye por la variabilidad climática asociada con los eventos de El Niño y La Niña. Para mitigar estos fenómenos se están evaluando accesiones de la Colección Colombiana de Café con la finalidad de identificar genotipos tolerantes a déficit hídrico, que pudieran ser utilizados como progenitores para el desarrollo de variedades.

En el período que comprende este informe se evaluaron 18 introducciones etíopes de *Coffea*

arabica (CCC196, CCC254, CCC258, CCC369, CCC374, CCC160, CCC141, CCC284, CCC289, CCC372, CCC152, CCC155, CCC386, CCC458, CCC538, CCC542, CCC549, CCC554), así como las variedades Típica y Tabi, como testigos susceptibles. Se determinó la humedad del suelo y capacidad de campo para definir los tratamientos de estrés hídrico, control: suelo a capacidad de campo (60% de humedad) y déficit hídrico: suelo a 50% de la capacidad de campo (30% de humedad). A los cinco meses de aplicación de los tratamientos se pesó la materia seca de las hojas, el tallo, la raíz y la biomasa total. Semanalmente, se midió la humedad gravimétrica encontrando que el promedio de la humedad del suelo en el control con riego a capacidad de campo estuvo entre 60,37% a 61,22% y bajo déficit hídrico entre 31,50% a 35,85%, para las tres casas de malla utilizadas en esta investigación, confirmando que la humedad del suelo se mantuvo en el porcentaje asignado a cada tratamiento.

En el presente reporte, se muestran los resultados de 12 de las introducciones etíopes evaluadas; las seis introducciones restantes continúan en proceso de evaluación hasta el mes de noviembre del 2020. El promedio y el intervalo de confianza al 95% de la biomasa total por introducción mostraron que la reducción del riego bajo déficit hídrico, retrasó el desarrollo de las accesiones, reflejándose en la disminución de su biomasa. Sin embargo, de acuerdo con la prueba t al 5%, la biomasa total bajo déficit hídrico de la introducción etíope CCC372, fue significativamente igual a la materia seca total del control a capacidad de campo, comprobándose la hipótesis de trabajo (Figura 78).



Introducción

Figura 78. Promedio y límites de confianza al 95% de la biomasa total de las introducciones etíopes sometidas a déficit hídrico con 30% de humedad y riego a capacidad de campo con 60% de humedad, en las casas de malla 1 (A) y 2 (B).

La CCC372, se suma a las cuatro introducciones etíopes (CCC555, CCC238, CCC474 y CCC1147), tres diploides (CCC1030, BGB137, BGB135, BGB617) y tres híbridos interespecíficos (25, 640, 702), que en los informes previos se reportaron por presentar una biomasa total bajo déficit hídrico igual estadísticamente a la biomasa obtenida con riego a capacidad de campo. Estas accesiones son candidatas a evaluarse en regiones secas con la finalidad de establecer si la producción no se afecta al igual que su biomasa, lo cual confirmaría que son tolerantes a déficit hídrico.

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

La incapacidad de un individuo para producir gametos masculinos funcionales es denominada como androesterilidad, fenómeno utilizado ampliamente para vencer las limitantes existentes en la producción comercial de híbridos. Dada su importancia, la identificación de genotipos con esta característica en café abre la oportunidad para su uso por el Programa de Mejoramiento. La metodología para su identificación constó de tres etapas: 1) identificación rápida de campo de plantas sin presencia de polen; 2) verificación de ausencia o viabilidad del polen, por medio de la tinción de estructuras; 3)

viabilidad estigmática en estas plantas, con la metodología de autofecundaciones y cruzamientos controlados. Después de explorar el 95% del germoplasma de procedencia etíope y el 90% de progenies avanzadas derivadas de híbridos interespecíficos, se identificaron 13 plantas que cumplen con los requisitos para ser consideradas como androestériles, al no presentar formación de frutos por autofecundación y cuando actuaron como donadores de polen (padres), pero sí se presentó formación de frutos al momento de ser receptoras de polen (madres). Las plantas consideradas androestériles pertenecen a diez introducciones de origen etíope, algunas de ellas con atributos, reportados en literatura y trabajos de evaluación realizados en Cenicafe, de menor oviposición de broca (ID344), calidad en taza (ID194, 318), alta producción (ID292), resistencia a CBD (ID195), entre otros.

Así mismo, se identificaron siete plantas, que bajo la metodología propuesta no pueden ser consideradas androestériles, sin embargo, podrían tener potencial uso en el Programa de Fitomejoramiento (Tabla 52). En estas plantas se observó máximo un 2% de formación de frutos, hecho que indica que los factores genéticos que están condicionando la formación de polen no son totalmente funcionales.

A pesar de contar con un número considerable de genotipos con la característica de androesterilidad, son escasos los reportes de su uso en café y, por lo tanto, la profundización en el conocimiento de la genética que controla su expresión es importante para definir su utilización.

Tabla 51. Resultados de fertilidad femenina de las plantas androestériles identificadas, estimada por el método de autofecundaciones, cruzamientos directos y recíprocos.

Lote	CCC	ID	Porcentaje de formación de frutos		
			Autopolinización	Cruzamiento directo (Fértil ♀ x Androestéril ♂)	Cruzamiento recíproco (Androestéril ♀ x Fértil ♂)
2016-1	446	565	0,0	0,0	46,3
2016-1	379	762	0,0	0,0	72,0
2015-4	446	20	0,0	0,0	21,0
ET.II	285	424	0,0	0,0	24,5
ET.II	292	734	0,0	0,0	50,0
ET.II	292	740	0,0	0,0	43,0
ET.I	194	497	0,0	0,0	27,0
ET.I	195	623	0,0	0,0	2,0
ET.I	344	2073	0,0	0,0	28,0
ET.I	318	2148	0,0	0,0	36,0
2015-5	386	917	0,0	0,0	10,0
ET.III	393	197	0,0	0,0	24,0
2016-2	386	1333	0,0	0,0	22,0

Tabla 52. Plantas consideradas con androesterilidad incompleta de acuerdo a los porcentajes de formación de frutos en diferentes tratamientos.

Lote	CCC	ID	Porcentaje de formación de frutos		
			Autopolinización	Cruzamiento directo (Fértil ♀ x Androestéril ♂)	Cruzamiento recíproco (Androestéril ♀ x Fértil ♂)
2015-4	446	149	1,0	2,0	62,0
2015-4	446	158	0,0	1,0	71,0
2015-4	446	248	1,0	2,0	53,0
2015-4	376	382	0,0	1,0	23,0
ET.II	293	431	0,0	2,0	29,8
ET.II	285	425	0,0	2,0	27,0
ET.I	168	463	0,0	2,0	27,0

MEG103011. Conservación de la Colección Colombiana de Café - CCC. Los bancos de germoplasma tienen como propósito principal alargar, por el mayor tiempo posible, la vida útil de los genotipos conservados, de manera tal que puedan estar disponibles para su uso por los programas de mejoramiento. Para ello, permanentemente deben ser realizadas intervenciones para

su renovación, procurando siempre mantener la integridad genética de los genotipos. La CCC está conformada por introducciones de origen diverso, tanto de origen "silvestre" como de variedades producto de los trabajos de mejoramiento genético de países productores, especialmente africanos. Este grupo está conformado por 111 accesiones, de gran importancia cuando el objetivo era la obtención de variedades más productivas (Amarillo Chinchiná) o con resistencia a la roya del cafeto (Chinchiná 21). A pesar de que constantemente son realizadas intervenciones de mantenimiento, el deterioro y pérdida de árboles a través del tiempo es un proceso irreversible. Para su renovación, teniendo en cuenta la alta uniformidad genética consecuencia de la selección ejercida, fue planeada su renovación a través de semilla sexual. No obstante, a pesar de que en *C. arabica* se estima un bajo porcentaje de polinización cruzada ($\leq 10\%$), podría ocasionar cambios indeseados en las características de los genotipos, la semilla a utilizar debe ser por autofecundación controlada. Del programa establecido, del 75% de las accesiones ha sido obtenida semilla y establecidas en el campo, logrando recuperar los sitios perdidos. De otra mano, la conservación dentro de la colección de trabajo de genotipos seleccionados sobresalientes por sus características agronómicas, es otra de las actividades a ejecutar. Actualmente, se realiza la clonación y establecimiento de más de 200 progenies avanzadas de diferente origen, 163 de ellas derivadas de los trabajos de hibridación interespecífica, de las cuales el 53% se ha establecido en lotes de conservación.

MEG104. Mejoramiento por resistencia a plagas

MEG104001. Desarrollo y evaluación de poblaciones con menor oviposición de la broca. Con el objetivo de obtener una variedad de café tolerante a la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) que contribuya a reducir las pérdidas económicas dentro de un esquema de manejo integrado de este insecto-plaga, se cruzaron cinco líneas de variedad Castillo® (CX.2710, CX.2178, CX.2848, CX.2391, CU.1812) con tres introducciones etíopes (CCC.534, CCC.477 y CCC.470), que presentan menor infestación por *H. hampei* con relación a los testigos susceptibles a esta plaga.

Los híbridos F1 con menor infestación se autofecundaron para obtener la generación F2, se evaluaron 714 plantas F2 de las cinco poblaciones por su altura, producción y

resistencia a roya, así como la infestación por la broca del café, bajo condiciones controladas y en el campo. Para la evaluación bajo condiciones controladas, se estableció un diseño completamente al azar, con 80 repeticiones por planta evaluada, donde la unidad experimental fue un vial con un grano de café pergamino infestado por una hembra. A los 28 días, se registró el número total de estados vivos (variable de respuesta). Cuando el análisis de varianza mostró diferencias significativas se comparó mediante la prueba de Dunnett ($P = 0,05$) el promedio de brocas de las plantas F2 con respecto a los testigos susceptibles (la variedad Caturra y los cinco progenitores femeninos). También se incluyeron en las evaluaciones los tres progenitores masculinos tolerantes a este insecto.

Para la evaluación en el campo, se seleccionaron tres ramas con 50 frutos de aproximadamente 150 días, los cuales se infestaron con 100 adultos de *H. hampei*. A los 40 días todos los frutos se disecaron y se registró el número total de estados vivos por fruto. Se identificaron 69 plantas F2 en las que el número de estados de broca fue estadísticamente menor con relación a los testigos susceptibles en condiciones controladas y en el campo, entre 17,23% a 38,8% y entre 23,95% a 73,10%, respectivamente (Figuras 79 y 80). Se seleccionaron 44 plantas que adicionalmente mostraron resistencia a la roya (máxima lectura de roya igual o menor a 3). Al ser una generación temprana, no se establece un criterio de selección muy estricto para variables como altura y producción, pues éstas se fijarán en generaciones posteriores. Las plantas seleccionadas presentan una altura igual o inferior a 195 cm y producción entre 0,59 a 4,49 kg de café cereza por árbol, para un ciclo de dos cosechas. De estas, 32 plantas F2 se avanzaron a la generación F3 en el año 2019, y las 12 plantas F2 restantes se avanzarán a la generación F3 el próximo año.

Los resultados encontrados hasta la fecha, muestran que este carácter presenta una distribución normal, segregación cuantitativa, confirmando que esta característica es heredable.

MEG104003. Desarrollo y evaluación de poblaciones de café con menor número de estados de broca. Con la finalidad de utilizar el mejoramiento por hibridación para la obtención de una variedad tolerante a la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari) que contribuya a reducir las pérdidas económicas dentro de un manejo integrado de esta plaga, en esta investigación se están desarrollando y evaluando

poblaciones de café con menor número de estados de broca y buenas características agronómicas, para lo cual se están llevando a cabo cruzamientos de seis progenitores femeninos (CU.2034, CU.1953, lapar, MEG667#114, MEG667#665 y MEG667#667) con excelentes características agronómicas y resistencia a roya, con diez progenitores masculinos, introducciones etíopes de *Coffea arabica* (CCC477, CCC183, CCC470, CCC534, CCC344, CCC336, CCC359, CCC354, CCC363, CCC419) y siete progenitores masculinos de *Coffea liberica* (CCC1025, CCC1038, CCC1030, CCC1037, CCC1028, CCC1034, CCC0966) que en el campo y el laboratorio han mostrado menor infestación

por *H. hampei* con respecto a la variedad Caturra, testigo susceptible. En el período que comprende este informe se sembraron en el campo 14 híbridos F1 del cruce de tres progenitores femeninos (MEG667#6114, lapar 59, CU.2034) por ocho padres que presentan menor infestación por la broca del café en condiciones controladas y en el campo (CCC359, CCC336, CCC354, CCC363, CCC344, CCC1028, CCC1037 y CCC0966). Se cuenta con tres poblaciones F2 en desarrollo vegetativo del cruce de dos progenitores femeninos (CU.1827 y CU.1778) por tres introducciones etíopes (CCC477, CCC183, CCC363) con menor infestación por broca. Al igual que 32 progenies F3 en etapa de desarrollo

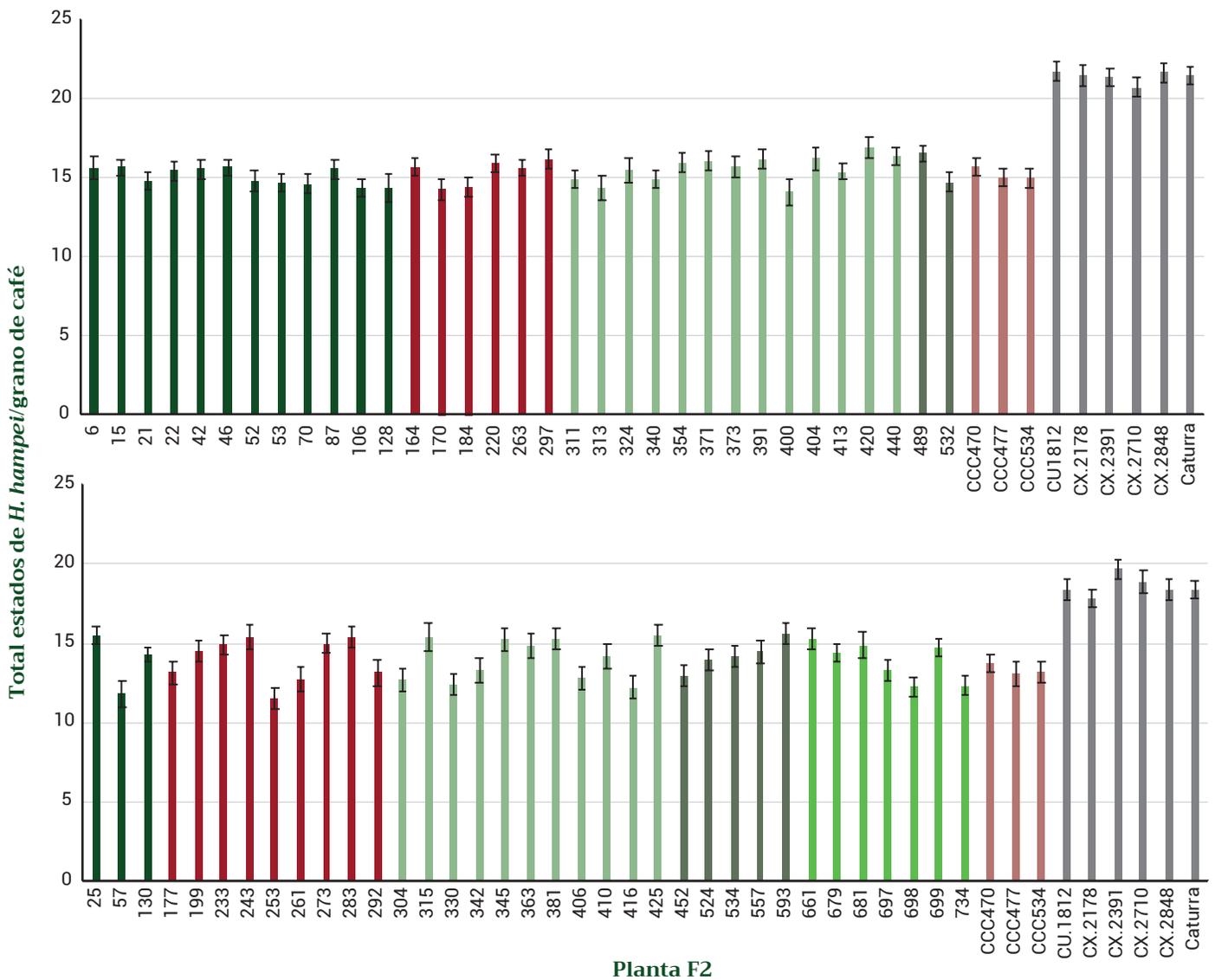


Figura 79. Promedio y error estándar del total de estados de la broca del café en granos de plantas F2 de cinco poblaciones del cruce de líneas de variedad Castillo® por introducciones etíopes [CX.2710 x CCC534 (1-150), CX.2178 x CCC470 (151-300), CX.2848 x CCC477 (301-450), CX.2391 x CCC477 (451-600), CU.1812 x CCC.534 (601-750)], que en condiciones controladas presentaron igual número de estados con relación a los testigos tolerantes (CCC470, CCC477 y CCC534) y menor número de estados con respecto de los testigos susceptibles (variedad Caturra, CU.1812, CX.2178, CX.2391, CX.2710 y CX.2848) .

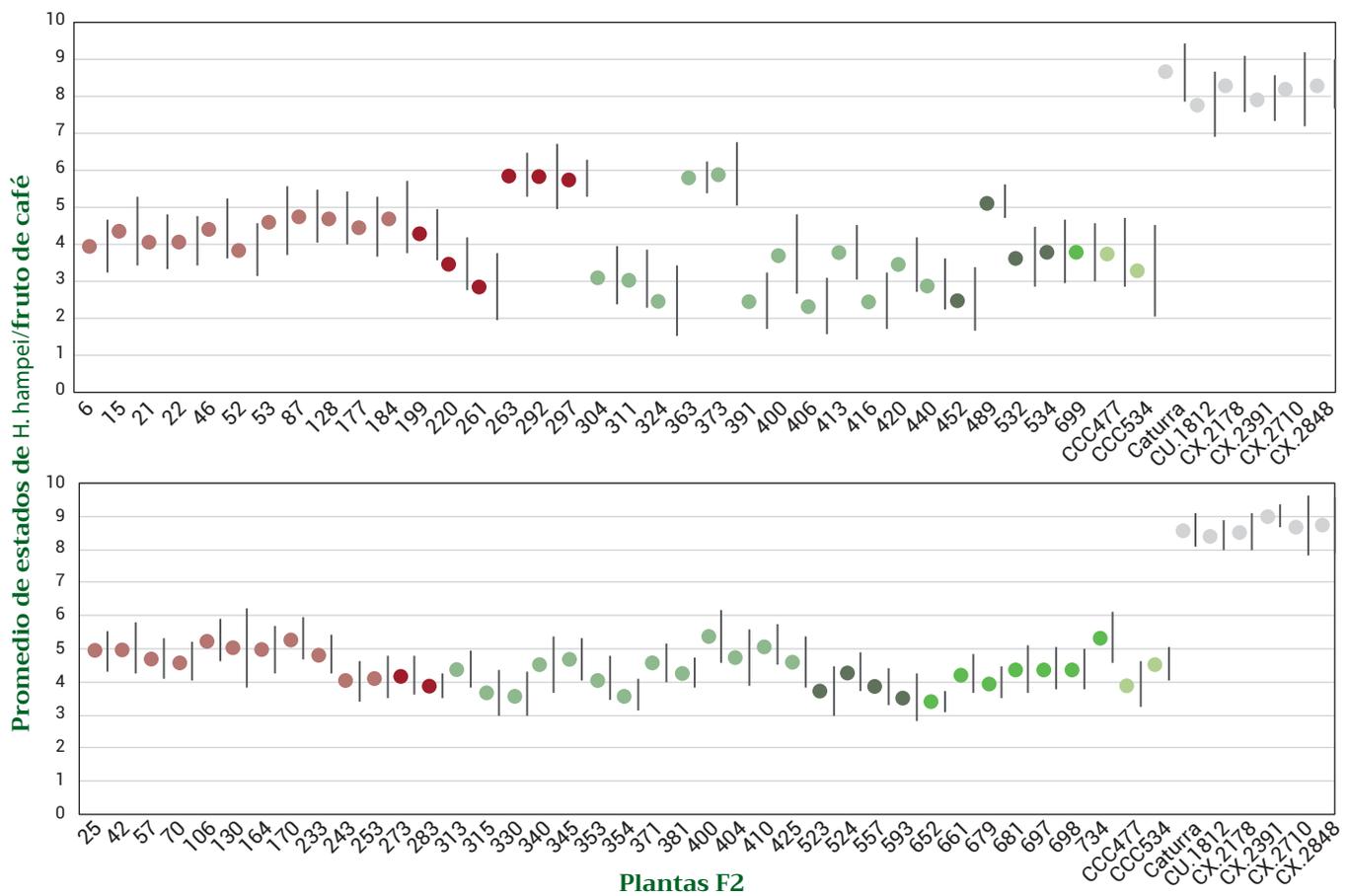


Figura 80. Promedio y error estándar del total de estados de la broca del café en granos de plantas F2 de cinco poblaciones del cruce de líneas de variedad Castillo® por introducciones etíopes [CX2710 x CCC534 (1-150), CX.2178 x CCC470 (151-300), CX.2848 x CCC477 (301-450), CX.2391 x CCC477 (451-600), CU.1812 x CCC.534 (601-750)], que en el campo presentaron igual número de estados con relación a los testigos tolerantes (CCC470, CCC477 y CCC534) y menor número de estados con respecto de los testigos susceptibles (variedad Caturra, CU.1812, CX.2178, CX.2391, CX.2710 y CX.2848).

vegetativo, así: nueve de CX.2848 x CCC477; nueve del cruce CX.2710 x CCC534; 7 de CX.2178 x CCC470; cuatro del cruce CX.2391 x CCC477 y tres progenies de CU.1812 x CCC534, las cuales tienen un menor número de estados de broca en el laboratorio, entre 17,23% a 38,8%, y en el campo una reducción mayor de la infestación por broca entre 23,95% a 73,10%. Las poblaciones con menor número de estados de broca y excelentes características agronómicas se avanzarán hasta la generación F5 para conformar una variedad tolerante a broca.

MEG105001. Evaluación Regional de Progenies Promisorias. En 2013 se establecieron 208 progenies avanzadas del Programa De Mejoramiento Genético de Cenicafé, en municipios cafeteros de los departamentos de Caldas, Quindío, Antioquia, Santander, Huila, Tolima y Cauca con el objetivo de evaluar su comportamiento agronómico bajo diferentes condiciones ambientales representativas de la caficultura colombiana. Las progenies evaluadas

corresponden a tres poblaciones provenientes de diferentes cruzamientos: (1) Caturra x HdT1343 (111 líneas), (2) poblaciones derivadas de cruzamientos entre *C. arabica* (variedad Caturra) x *C. canephora* (72 líneas) y (3) poblaciones producto de recombinaciones entre derivados de Caturra x HdT por selecciones etíopes (25 líneas), poseedoras de resistencia incompleta a la roya del cafeto. Se evaluó el comportamiento de estas progenies avanzadas en términos de: incidencia de roya, producción (tres cosechas acumuladas), porte del árbol, calidad física del grano y calidad en taza.

Como primer criterio de selección se tomó la resistencia a la roya, identificando 76 líneas que fueron clasificadas como altamente resistentes, donde más del 80% de los árboles analizados durante cuatro años, en cuatro localidades, tuvieron valores de incidencia ≤ 3 , de acuerdo con la escala de Eskes & Toma-Braghini. De las 71 progenies seleccionadas por su resistencia a la roya, el 25% corresponde a la población 1, el

58% a la población 2 y el 17% a la población 3. Los análisis indican que, en términos generales, las líneas seleccionadas producen al menos lo mismo que la variedad comercial Castillo® General, encontrando algunas líneas con producciones acumuladas superiores estadísticamente a Castillo®. El 40% de las progenies presentaron el marcador Sat_235, ligado al gen de resistencia contra la enfermedad de las cerezas del café (CBD), en forma homocigota dominante. Se descartaron nueve líneas por presentar un porcentaje de supremo inferior al 60%. Las 67 líneas seleccionadas mostraron excelentes atributos organolépticos, un excelente desempeño en las variables evaluadas y, por lo tanto, son candidatas para reforzar las variedades comerciales de café o conformar una nueva variedad de café adaptada a las condiciones de la caficultura colombiana.

MEG105002. Evaluación del comportamiento regional de nuevas líneas de café para conformar variedades con adaptación general o específica. En 2016, se establecieron 45 progenies avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafe, en cinco municipios representativos de la caficultura del Huila: Acevedo, Pitalito, Garzón, La Plata y Algeciras. En cada uno de los predios elegidos se seleccionaron lotes de 0,6 ha aproximadamente, donde se establecieron las parcelas experimentales a una densidad de 6.666 árboles/ha, con una distancia de 1,5 m entre surcos y 1,0 m entre plantas. La parcela experimental está conformada por un surco (parcela) de siete plantas, de las cuales cinco son efectivas y dos bordes. Cada surco corresponde a una progenie avanzada. Como testigos se seleccionaron las variedades comerciales Castillo®, dos líneas de Castillo El Tambo y Caturra (sin control de roya). Las parcelas experimentales se establecieron bajo un diseño Láctice 7x7 balanceado, con ocho repeticiones por localidad.

Las progenies evaluadas corresponden a tres poblaciones provenientes de diferentes cruzamientos: (1) Caturra x HdT1343 (19 líneas), (2) poblaciones derivadas de cruzamientos entre *C. arabica* (variedad Caturra) x *C. canephora* (12 líneas) y (3) poblaciones producto de cruzamientos entre materiales derivados de Caturra x HdT por selecciones de origen etíope (14 líneas) poseedoras de resistencia incompleta a la roya del cafeto.

Una vez finalizados los análisis de crecimiento se determinó que los materiales evaluados en el Huila corresponden al tipo Castillo, sin diferencias significativas para las variables altura de la planta, diámetro de copa y número de cruces, a los 24 meses. Así mismo, al evaluar las tasas de crecimiento se determinaron para algunas progenies diferencias entre localidades. Es así como en términos generales, se observa un mayor crecimiento de las progenies evaluadas en Acevedo y Garzón, comparado con Pitalito, La Plata y Algeciras.

Paralelamente, se está caracterizando una muestra representativa de la Colección Colombiana de Café (CCC), denominada Colección Núcleo, en dos ambientes contrastantes de la caficultura del Huila: Campoalegre y La Argentina. La caracterización consiste en el registro de variables agronómicas, de crecimiento, fisiológicas y relacionadas con el nivel de adaptación a factores bióticos presentes en la región. Hasta la fecha, se completó el registro de las variables de crecimiento, encontrándose diferencias entre los genotipos y las localidades evaluadas. Al analizar preliminarmente la producción, se observan respuestas diferenciales entre los genotipos evaluados por cada localidad. Algunos genotipos muestran una producción mayor al promedio de la localidad, lo cual indica su mayor grado de adaptación a las condiciones propias donde están establecidos.

Poscosecha



el número de frutos estimados con respecto al número total de frutos contados en la rama.

POS107023. Evaluación del equipo Brudden DSC-18 para la cosecha de café.

La cosecha de café con la derribadora selectiva de café Brudden DSC18 es parte de la Cosecha Asistida de Café, para los pases de cosecha de mayor volumen en el año. Esta máquina, que es un desarrollo conjunto entre la empresa Brudden y la Federación Nacional de Cafeteros-Cenicafé, aplica principios novedosos en cosecha de frutales: utiliza las ramas para propagar la vibración y causar la caída de los frutos de café por fatiga del pedúnculo. La máquina basa su selectividad en que los frutos de café maduros necesitan menos ciclos para fallar a fatiga que los frutos verdes. Para determinar el desempeño de la máquina en condiciones reales, se evaluó en lotes de café, con diferentes condiciones de pendiente de terreno, edad de los árboles y densidad de siembra, en Estaciones Experimentales de Cenicafé. Los resultados mostraron un rendimiento promedio general de 28,53 kg h⁻¹, un promedio de 6,07% de frutos verdes en la masa cosechada, un promedio de 6,67 unidades/sitio de frutos maduros dejados en los árboles y un promedio de 12,77 unidades/sitio. El rendimiento con la máquina es 180% más alto que el de un recolector promedio con el sistema tradicional, el contenido de frutos verdes en la masa cosechada, confirman el carácter selectivo de la máquina, los frutos maduros en el árbol están en un rango aceptable, mientras que los frutos dejados en el suelo estuvieron lejos de ser aceptables, atribuible al manejo inadecuado de las lonas.

POS107026. Puesta a punto y evaluación de una herramienta TIC para el conteo de frutos de café por sitio.

Este proyecto buscaba desarrollar un aplicativo móvil que determinara de manera automática, la cantidad de frutos en una rama café sin hacer un muestreo destructivo, el proyecto se dividió en cuatro etapas: la primera fue el mejoramiento de un aplicativo móvil desarrollado en el proyecto POS107004 para obtener una comunicación bidireccional con un servidor donde se ejecutan algoritmos de visión artificial para la detección y estimación de frutos; la segunda etapa consistió en la adecuación del sistema para la creación de mapas de los lotes de café; en la tercera etapa se realizó una evaluación técnica de diferentes dispositivos móviles para verificar el funcionamiento del aplicativo en equipos de diferentes marcas; y la cuarta etapa fue la evaluación del aplicativo completo, para determinar el error de estimación del número de frutos por sitio.

En la primera etapa, se realizaron ajustes tanto al aplicativo como al algoritmo montado en el servidor, con el fin de mejorar el desempeño en la adquisición de la información por parte del usuario y en la comunicación del dispositivo móvil con el servidor. En la segunda etapa, se desarrolló un sistema para la generación de mapas de lotes a partir del GPS del dispositivo móvil al momento de tomar las imágenes en el campo. En la tercera etapa se adquirieron dispositivos móviles de diferentes marcas y se tomó en el campo la información relacionada en la metodología del proyecto, encontrando que entre los diferentes dispositivos móviles evaluados no había diferencia estadística en la estimación de frutos de café por sitio. Y por último se realizó la evaluación del aplicativo completo siguiendo la metodología descrita en la cuarta etapa, en la cual se encontró que la aplicación determina la cantidad de frutos por rama, con un error global del 39,5% entre

POS107029. Aplicación de nuevas tecnologías para la cosecha asistida de café en el departamento de Tolima.

Se estudió la aplicación de los diferentes componentes de la Cosecha Asistida en el Departamento del Tolima. Para tal fin se realizó un estudio en ocho municipios bien distribuidos en el departamento, en los cuales se evaluó la dinámica de la maduración con el fin de determinar la retención máxima posible, y se evaluaron la cosecha manual de café con lonas y la cosecha de café con la derribadora DSC18 (Figura 81), en comparación con la recolección manual con coco, en las mismas condiciones. Se determinó que las condiciones de departamento del Tolima son muy buenas para realizar la retención de pases de cosecha, pues puede esperarse hasta 35 días para lograr un aumento de más de tres veces la disponibilidad de frutos maduros, sin encontrar pérdidas mayores por frutos secos o caídos (menores a 1,0%). Se encontró que, en cerca de 200 fincas, la cosecha manual con lonas y retención de pases obtuvo un aumento promedio de 101% en comparación con la cosecha tradicional con coco. Por otro lado, la cosecha de café con derribadora de café fue menor a la esperada, ya que solamente obtuvo un 89,4% de aumento en comparación con la cosecha tradicional con coco. No obstante, este resultado se explica porque las condiciones de maduración de los árboles no fueron las recomendadas para la máquina, ni los operarios tuvieron tiempo suficiente de trabajo con la máquina para obtener el resultado esperado.



Figura 81. Caficultora del Departamento del Tolima usando la derribadora DSC18.

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

En esta etapa de la investigación se realizaron ciclos cortos de diseño con el fin de avanzar en el desarrollo y ajuste de las modificaciones al pechero a una capacidad operativa de 600 kg h^{-1} , y mejorar algunos de los indicadores de la Norma Icontec NTC-2090 para despulpadoras de café de cilindro horizontal. Las modificaciones consistieron en dividir cada canal en dos minicanales A-B y C-D, con el fin de que los frutos pasaran individualmente por cada minicanal, y además se instalaron las compuertas con sus respectivos pivotes basculantes (Figura 82). En las evaluaciones parciales se consideraron dos masas de café con contenidos de frutos verdes de 5% y 10% en la masa cosechada. El rendimiento operativo de la máquina para los frutos de café procesados fue de 598,5 kg h^{-1} , con valores máximos de 822 kg h^{-1} , lo que representa un 37% más en el rendimiento especificado por el fabricante de 600 kg h^{-1} , además se evidenció que fueron separados sin destruir frutos sobremaduros, pintones y verde pintones, con valores de 2,77%, 0,95% y 2,13%, respectivamente, lo cual evidencia que estos frutos también pueden ser recuperados y despulparlos por separado para contribuir a mejorar la calidad de los frutos maduros despulpados, lo cual reivindica las modificaciones e innovaciones realizadas al pechero para la separación de los frutos verdes.

Como variables complementarias se obtuvieron los porcentajes de daño mecánico en los granos despulpados en cada una de las masas de café evaluadas, los cuales fueron para los granos mordidos y trillados de 0,01%, valores inferiores a la norma de 0,5%, cero granos en la pulpa y pulpa en el grano de 3,30%, ligeramente superior a la norma del 2,0%, lo cual debe ajustarse en las próximas evaluaciones a realizar. Para las variables de interés, frutos maduros despulpados se obtuvieron valores en promedio de 91,64%, con valores máximos de 95,89%, y para los frutos verdes enteros separados, el valor promedio fue de 83,88%, con valores máximos cercanos al 90%, valores muy superiores a los obtenidos en pruebas anteriores. A partir de estos resultados, se continuará con la siguiente fase de la investigación, consistente en realizar las pruebas de mayor cantidad de masa de café procesada y realizar el escalamiento de los pecheros de menor y mayor capacidad de despulpado.

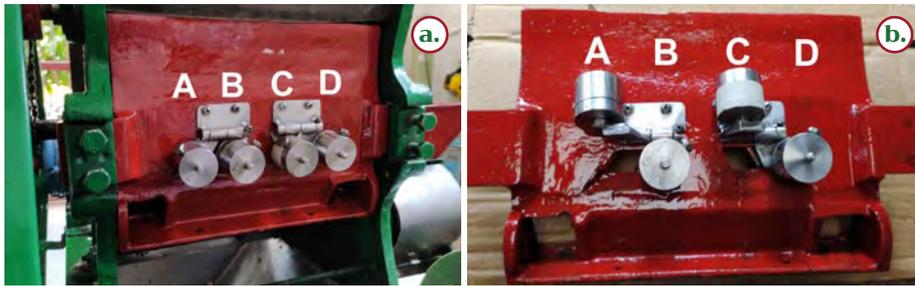


Figura 82. a. Sistema de dos aberturas para la salida frutos verdes por canal; b. Mecanismo para la expulsión de los frutos verdes.

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

En este período se evaluó el potencial de almacenar los frutos verdes provenientes de mitaca y cosecha sanitaria. Así mismo, se evaluaron los efectos del madurante sobre los tiempos óptimos y los rendimientos del proceso.

Respecto a la evaluación del almacenamiento de los frutos provenientes de cosecha mitaca y sanitaria (Figura 83), se obtuvieron rendimientos en café almendra menores a los obtenidos con frutos provenientes de cosecha principal. Adicionalmente, se encontró que la presencia de frutos pequeños, aún sin almendra, hace que se presente un deterioro en la masa de café antes de los 15 días óptimos para el almacenamiento. Por lo cual, antes de realizar el almacenamiento, fue necesario realizar una clasificación hidráulica de los frutos. Después de la clasificación hidráulica del café se dejaron escurrir los frutos, ya que al reducir la humedad se evita que se deterioren rápidamente y no se logre la maduración de estos.

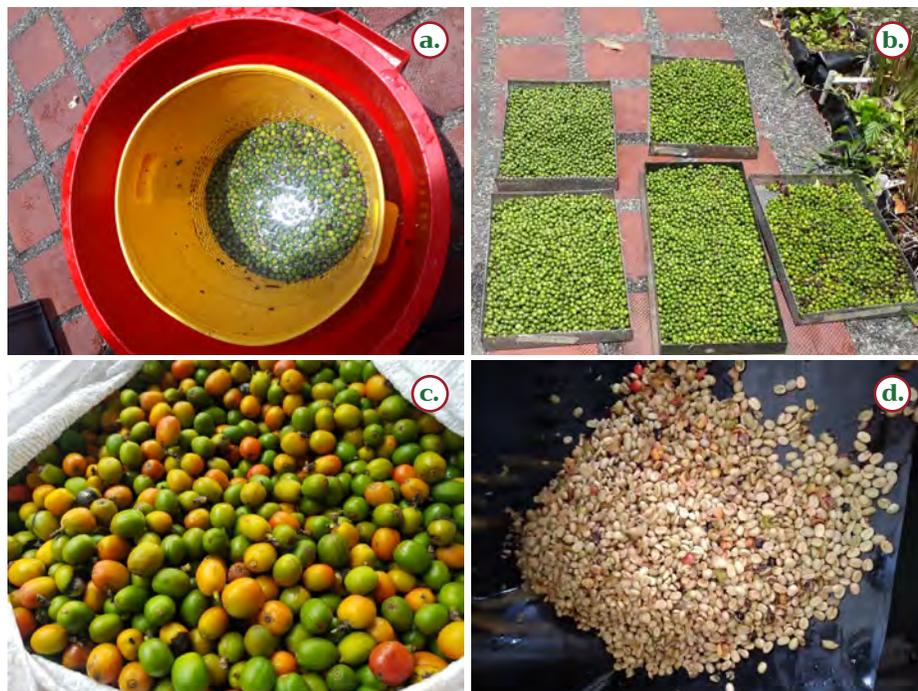


Figura 83. Procesamiento de frutos verdes madurados en almacenamiento.

En relación con el madurante, se encontró que una dosis promedio de 0,25 mL de madurante por kilogramo de fruto, acelera en 10 días el proceso de maduración del café proveniente tanto de cosecha principal, como mitaca y sanitaria.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, la maduración de frutos verdes en almacenamiento es una alternativa de manejo para los frutos verdes de café, ya que permite aumentar el precio de venta del grano y mejorar la calidad física. Sin embargo, no se logra mejorar la calidad en taza, ya que en todos los casos evaluados los puntajes de calidad en taza fueron inferiores a 55 puntos.

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

Durante el presente año se dio inicio a las actividades de este proyecto, que comprendieron cuatro puntos principalmente: preparación del material a ser utilizado por los caficultores del proyecto, la reunión de socialización del proyecto con los caficultores y el Servicio de Extensión, pruebas preliminares de los tratamientos y pruebas de secado solar para el seguimiento de la humedad bajo diferentes condiciones. Debido a que la madurez de los frutos de café que son procesados en las etapas del proceso poscosecha, es uno de los factores que más incide en la calidad final, se vio la necesidad de desarrollar una herramienta que permitiera la identificación fácil y objetiva de la calidad de la masa cosechada a procesar por parte de los caficultores, para lo cual se realizaron mediciones de color de los diferentes estados y, por último, se desarrolló la escala de color

para la madurez de los frutos (Figura 84). Se realizó la reunión de socialización del proyecto con los caficultores y el Servicio de Extensión de las Seccionales de la zona sur del departamento de Huila, con la confirmación de la participación de 15 caficultores del grupo Élite de Calidad de Isnos en este proyecto. Se realizaron las pruebas de secado con diferentes humedades intermedias, que permitieron manejar diferentes alturas de capa dentro de los secadores y que además permitieron determinar objetivamente la humedad final del café haciendo uso del método Gravimet.



Figura 84. Escala de color para frutos de café.

POS101029. Desarrollo de un aplicativo móvil para el monitoreo del proceso de beneficio del café. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un aplicativo móvil para apoyar a los caficultores en el monitoreo de la calidad en el proceso de beneficio del café (Figura 85). Sólo pueden acceder caficultores inscritos al Sistema de Información Cafetera (SICA) y el personal de la FNC, para utilizarla debe validarse el número de cédula. Se compone de tres secciones principales: i) Nueva Tanda. ii) Seguimiento. iii) Históricos, dicho aplicativo se está desarrollando para dispositivos Android e iOS.

En la sección de nueva tanda, el caficultor puede registrar sus fincas y cada que reciba una tanda de café en su beneficiadero, registra la información correspondiente a la tanda,

como: cantidad de café recibido, variedad, nombre del lote del cual proviene la tanda.

La sección de seguimiento es la más amplia y se compone de cuatro etapas: recibo, despulpado, remoción de mucílago y secado; el desarrollo de cada una de las etapas se basa en las siete prácticas clave en el proceso de poscosecha para obtener café de buena calidad, solicita información durante el procesamiento de cada tanda de café y entrega recomendaciones de acuerdo al análisis realizado.

La sección de históricos el caficultor puede consultar las recomendaciones recibidas en cada una de las tandas monitoreadas con la aplicación con el objetivo de que evalúe el avance de su proceso.

Actualmente, se está desarrollando la aplicación desde el punto de vista de algoritmos y funcionamiento de las dos primeras secciones, que conforman el inicio, el ingreso de nuevas tandas y las cuatro etapas de la sección de seguimiento. Para la implementación, se encuentran desarrolladas la sección de nueva tanda y las dos primeras etapas de la sección de seguimiento, ya se tiene una versión del aplicativo móvil con dichas secciones totalmente funcionales.

POS101009. Beneficio de café por vía húmeda con fermentaciones parciales y sobrefermentaciones usando el método Fermaestro®.

Este trabajo tuvo como finalidad utilizar el implemento Fermaestro® para establecer métodos con fermentaciones incompletas, en los que se remueve parcialmente el mucílago, con el fin de producir cafés conocidos en el mercado como honey, y métodos para producir cafés con sobrefermentaciones, asociados a los cafés conocidos como vinosos. Para tal fin, se planteó un diseño de bloques completos al azar, de una sola vía y nueve tratamientos: sin remoción de mucílago, con degradación del 25%, 50% y 75%, de café lavado en el momento marcado por el Fermaestro® (Testigo), con tiempos adicionales de 2, 4, 6 y 8 horas en el tanque de fermentación. Las pruebas se repitieron en nueve ocasiones y a una temperatura ambiente controlada de 19°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$). En este período se realizaron las cuatro pruebas faltantes y se obtuvieron todos los resultados de calidad en taza, con lo cual pudo hacerse el análisis definitivo. No hubo diferencia estadística entre las calificaciones de las tazas de los nueve tratamientos. Como se observa en la Tabla 53, se encontró que hay probabilidades entre 22% y 77% de obtener tazas con defectos sensoriales y entre 67% y 78% de no superar la calificación total



Figura 85. Presentación de la aplicación para celulares.

SCA del café procesado con el método Fermaestro®, cuando se pretende obtener cafés honey. Por el lado de los cafés con sobrefermentaciones se encontró una probabilidad entre 0% y 11%

de obtener tazas con defecto sensorial, mientras que se obtuvo una probabilidad entre 44% y 56% de no superar las calificaciones obtenidas por el testigo. El café procesado de la manera recomendada en el método Fermaestro® no mostró defectos y obtuvo un promedio de 81,6 puntos en la escala SCA, que lo catalogan como café de buena calidad.

POS101019. Evaluación del efecto de la reutilización de una enzima pectinaliasa en la eliminación de mucílago de café. Se evaluó el efecto de la concentración y reutilización de una enzima pectinolítica sobre la remoción de mucílago de café y la calidad en taza, utilizando un diseño de bloques al azar en arreglo factorial 2x3+1, compuesto por dos concentraciones de la enzima 50 y 100 ppm con tres aplicaciones de los drenados recolectados en cada proceso, que contenía la enzima aplicada en el proceso anterior. Se tuvo como testigo el proceso de fermentación tradicional. Las variables de respuesta fueron el tiempo de remoción de mucílago mayor que 95% determinado de acuerdo al método Fermaestro® y el puntaje total SCA del café obtenido. Los resultados indicaron diferencias significativas en el tiempo de proceso, mas no en la calidad sensorial obtenida, que estuvo entre 81,3 y 81,8 puntos SCA. El uso y reúso de la enzima mostraron una disminución del tiempo de proceso entre 21% y 85%, respecto al tiempo del testigo. El café obtenido no tuvo diferencias de acuerdo con los tratamientos aplicados, con puntajes SCA entre 81 y 82, representando la calidad del café suave lavado. Las características de pH, viscosidad y sólidos solubles totales y volumen de los fluidos drenados que contenían la enzima variaron de acuerdo con la concentración y número de aplicación (Tabla 54), que pudieron relacionarse con una disminución de la actividad enzimática a partir del segundo uso en las dos concentraciones, dado el aumento del tiempo de remoción, que pasó de 3,0 y 4,5 horas en 100 y 50 ppm, respectivamente, a 15,5 horas. El uso de esta pectinasa es una alternativa para degradar el mucílago de café y disminuir el tiempo de fermentación, sin afectar la calidad del café; sin embargo, no se recomienda realizar la aplicación de los fluidos drenados para utilizar en una nueva tanda de café, debido al aumento considerable en el tiempo en el proceso.

Tabla 53. Indicadores y atributos de interés.

Tipo	Trat.	TSD (%)	TMT (%)	Acidez		Sabor		t	
				(puntos)	DE	(puntos)	DE	(h)	DE
Honey	1	50	25	7,3	0,14	7,3	0,05	0	0
	2	78	22	7,2	0,19	7,2	0,22	8,4	1,40
	3	67	33	7,4	0,27	7,3	0,17	10,5	2,66
	4	33	22	7,5	0,25	7,4	0,21	16,0	4,36
Test.	5	100	-	7,4	0,27	7,4	0,27	19,9	4,23
Vinoso	6	89	56	7,3	0,18	7,3	0,22	21,9	4,60
	7	100	44	7,4	0,18	7,3	0,18	24,1	4,17
	8	100	56	7,3	0,47	7,3	0,29	26,1	4,17
	9	89	44	7,3	0,18	7,3	0,23	28,0	4,66

TSD: Tazas sin defecto, TMT: Tazas con calificación mayor que el testigo, DE: Desviación estándar, t: Tiempo

Tabla 54. Valores del promedio y variación para el tiempo de remoción de mucílago mayor que 95% según Fermaestro® y para las principales características de los fluidos drenados de los tratamientos, volumen, pH, sólidos solubles totales y viscosidad.

Concentración de enzima (ppm)	Número de aplicación de la enzima	Tiempo de remoción de mucílago (h)	D. E. (h)	Volumen (mL)	D. E. (mL)	pH	SST (°Bx)	Viscosidad (cP)	D. E. (cP)
50	1	4,31 d	0,36	2.894,5	686,0	5,26	16,3	6,9	1,8
	2	15,53 b	0,59	2.335,0	865,6	4,67	16,6	22,3	5,7
	3	5,58 c	0,75	1.893,0	661,9	4,37	15,7	47,0	17,7
100	1	2,93 e	0,50	2.630,0	553,7	5,52	16,6	6,0	2,0
	2	15,83 b	0,50	2.494,0	894,4	4,76	16,7	19,8	8,4
	3	5,51 c	0,80	2.068,5	626,3	4,41	15,6	30,9	7,3
Testigo - Fermentación natural		20,19 a	1,07	1.875,5	595,6	4,44	18,1	9,8	4,0

D.E. Desviación estándar, Letras diferentes para la variable tiempo según Fermaestro® indican diferencia significativa según prueba de Tukey al 5%.

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

Durante el almacenamiento, se realizó el seguimiento al color y a la calidad sensorial de las muestras de café que fueron obtenidas bajo diferentes condiciones de secado, con aire forzado a 50 y 40°C y con secado solar. El color se determinó utilizando el espacio de color CIE L*a*b*, en la que L* define la luminosidad, a* la escala del rojo al verde y b* la escala del amarillo al azul. Inicialmente, las muestras presentaron valores similares de las coordenadas de color L*, a* y b* independiente del método de secado, sin embargo, se observó una degradación en el color que fue cuantificada mediante la magnitud en el cambio de color (ΔE), que integra el cambio de las tres coordenadas que lo componen (Figura 86). Esta diferencia se observó con mayores valores para el café que fue obtenido con aire forzado a 50°C. Así mismo, en la comparación del tipo de empaque utilizado se determinó que cuando se utiliza fibra natural (fique) se presenta una mayor degradación del color, respecto al uso de plástico (doble película).

Respecto a la calidad sensorial se observó una disminución de la calificación en puntos SCA de las muestras, independiente del método de secado por el que fueron obtenidas. El porcentaje de defectos tuvo un aumento en todos los tratamientos, especialmente en el café obtenido con 50°C por secado mecánico, teniendo en este caso mayor representación el defecto fermento; mientras que el defecto terroso se presentó en mayor proporción para el café que fue obtenido con 40°C y con secado solar. El defecto reposo se presentó después de ocho meses de almacenamiento, especialmente para el café que fue obtenido por secado solar.

POS110001. Evaluación de diferentes tipos de cubiertas plásticas en el secado solar de café.

Con el objetivo de evaluar cubiertas plásticas con diferentes propiedades ópticas sobre el proceso de secado solar de café, se instalaron cinco secadores solares tipo túnel, con área de secado de 2 m². Las diferencias en las propiedades ópticas se basan en diferentes porcentajes de transmisión de luz total y difusa, colores que incluyen blanco, azul, naranja y amarillo verdoso (testigo) y factores de bloqueo a la radiación ultravioleta. Para los tratamientos se utilizó un diseño de bloques al azar, de modo que se tuviera café de la misma calidad y procedencia, para evaluar el efecto de las diferentes cubiertas sobre el secado y la calidad del café obtenido. Los resultados preliminares han mostrado diferencias en el tiempo de secado, siendo menor el tiempo para el testigo y mayor para las cubiertas con color naranja y azul (Figura 87). Los tiempos de secado cuando se aprovecha

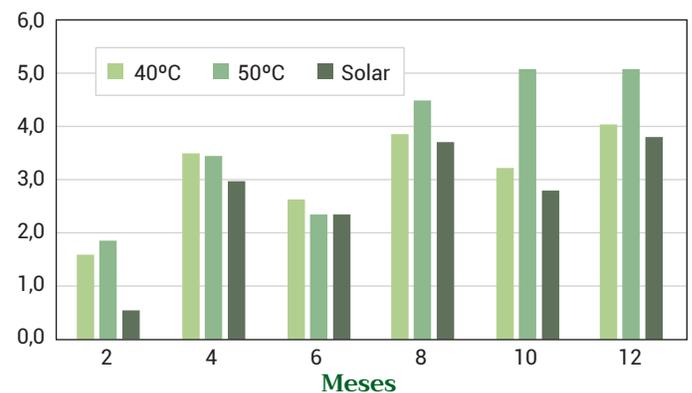


Figura 86. Valores para la magnitud del cambio de color (ΔE) durante almacenamiento en muestras de café obtenidas con diferentes condiciones de secado.

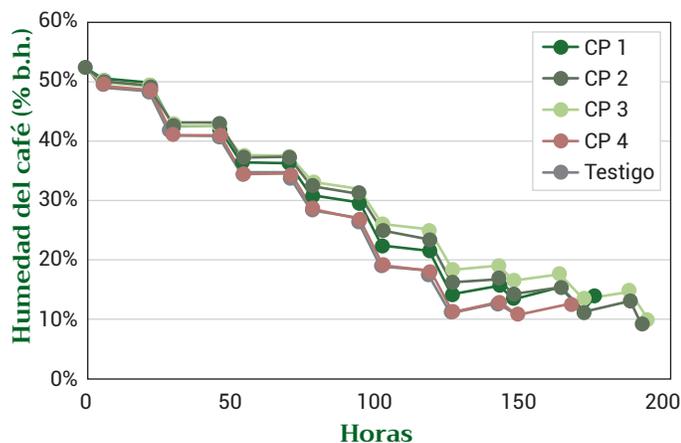


Figura 87. Curvas de humedad para procesos de secado solar utilizando cubiertas plásticas con diferentes propiedades ópticas.

la energía del sol dependen de las condiciones del clima, por lo que los menores tiempos de secado independiente del tipo de cubierta plástica se presentó con la mayor temperatura promedio del ambiente. La calidad del café obtenido ha estado entre 80,8 y 81,1 puntos SCA, independiente del tipo de cubierta al que fue expuesto el café durante el secado, lo que indica que las diferencias en tiempo entre los tratamientos, no han tenido influencia sobre la calidad sensorial del café.

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

Este proyecto inició durante el último año cafetero y tiene por objetivo adaptar la máquina de selección de granos de café lavado para su funcionamiento con cafés especiales y café comercial. Esta máquina cuenta con un sistema mecánico de alimentación de granos, un sistema electrónico de detección de defectos y un sistema neumático de eyección, diseñada para nueve canales de selección, con una capacidad de 15 kg h⁻¹, reportada por Sanz (2016). Al inicio del proyecto esta máquina se encontraba fuera de servicio, al poner en funcionamiento el sistema mecánico se encontró que no tenía una alimentación continua, entonces se inició un proceso de rediseño para obtener un flujo continuo y controlable de café, que pudiera ampliarse a 20 canales de eyección, conservando la orientación de los granos con la cara plana hacia arriba.

En el proceso de rediseño se hicieron modificaciones a la máquina para solucionar problemas como pérdida de café al suelo, acumulación de café en la tolva del cilindro

orientador, lograr una alimentación constante de café en la máquina y aumentar la capacidad a 34 kg h⁻¹.

Por otra parte, se avanzó en el diseño de la interfaz usuario-máquina, se seleccionaron y adquirieron los equipos para la conformación del sistema optoelectrónico de detección de defectos con visión artificial, se diseñó el sistema eléctrico de la máquina para que cumpla con la normatividad RETIE y se seleccionaron y adquirieron los dispositivos para la construcción del nuevo sistema neumático de eyección.

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

Se evaluó el uso de productos químicos para el tratamiento de las aguas residuales del café con el fin de disminuir los tiempos de proceso y el tamaño de las plantas de tratamiento. Los resultados mostraron que, dosis de cal agrícola entre 4 y 5 g L⁻¹ y de sales de hierro y aluminio entre 1,5 y 2,5 g L⁻¹, permiten remover más del 80% de la carga orgánica inicial, en promedio, en aguas residuales provenientes del lavado del grano en los tanques de fermentación. Para el tratamiento de los lixiviados generados por la mezcla de la pulpa con mucílago fresco proveniente de la tecnología Becolsub o por la mezcla de la pulpa con mieles provenientes de la tecnología Ecomill®, se encontró que dosis de cal agrícola entre 5 y 8 g L⁻¹ y de sales de hierro y aluminio entre 2,0 y 4,0 g L⁻¹, permiten remover más del 80% de su carga orgánica inicial.

POS104011. Determinación de la calidad de aguas superficiales en las microcuencas del Programa GIA. II Fase.

Para determinar la calidad físico-química del agua superficial en 25 microcuencas cafeteras, durante cuatro campañas de muestreo, se evaluaron y compararon ocho índices, utilizando como referencia, para realizar la comparación de los resultados, el índice NSF-WQI por ser el más ampliamente utilizado a nivel mundial y por estar considerado como el que obtiene los resultados más confiables. Los índices de mejor comportamiento, al compararlos con el NSF-WQI (que involucra nueve parámetros para su cálculo) y tener categorías de calidad similares y que podrían ser aplicados en el monitoreo de la calidad físico-química del agua, por involucrar menos parámetros que el NSF-WQI y, por lo tanto, tener menos costos fueron: ICOMO (que involucra tres parámetros), ICA-IDEAM 5 (que involucra cinco parámetros), ICA-IDEAM 6 (que involucra seis parámetros) y el ISQA (que involucra cinco parámetros).

POS104009. Validación de filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales del café. Se está evaluando la efectividad de los filtros verdes, bajo condiciones de invernadero, utilizando pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) como material vegetal para el manejo de las aguas residuales del café con el objetivo de no generar algún tipo de vertimiento. Para ello se están evaluando unidades experimentales de 1 m², alimentadas con tres tipos de agua residual (mieles del Ecomill®, lixiviados de la mezcla pulpa - mucílago y aguas residuales del tanque tina) a 20 mm, 40 mm y 60 mm.

Después de realizar dos alimentaciones con aguas residuales del café, durante 12 semanas consecutivas, dejando descansar el suelo durante 6 meses; entre las dos alimentaciones, se ha encontrado que las parcelas regadas con aguas residuales del café permiten retener y evapotranspirar las aguas residuales, en promedio, en un valor de 23,50 L m² - d. Los drenados generados en las diferentes parcelas experimentales mostraron un porcentaje promedio de remoción de la carga orgánica, expresada como DQO, del 74,86% para las aguas mieles del tanque tina, del 61,30% para los lixiviados de la mezcla pulpa-agua residual y del 70,50% para las mieles del Ecomill®.

La aplicación de aguas mieles provenientes del beneficio ecológico del café a parcelas sembradas con pasto vetiver y vegetación natural, muestra las bondades del sistema suelo-microorganismos-planta para realizar la depuración de las aguas residuales del beneficio del café. No se ha observado un deterioro de las propiedades del suelo que pueda cuestionar la viabilidad a largo plazo de los filtros verdes. Se han determinado incrementos en los contenidos de la materia orgánica del suelo y en los macronutrientes N, K, P, mostrando la capacidad del suelo de retener estos macronutrientes importantes en la producción vegetal.

POS109005. Huella hídrica asociada a la producción del café. II Fase. Se determinó experimentalmente, en tres Estaciones Experimentales de Cenicafe, la huella hídrica (HH) del café de Colombia, para un ciclo completo de cultivo (siembra nueva- primera renovación por zoca), incluidas las etapas de germinador, almácigo, levante, producción y beneficio, con una densidad de siembra de 10.000 árboles/ha. La huella hídrica promedio para la producción de una chapola de café fue de 0,336 L/chapola (HH verde del 40,07%, HH azul del 20,49% y HH gris del 39,44%). La huella hídrica promedio para la producción de un

colino de café fue de 19,09 L/colino (HH verde del 53,53%, HH azul del 28,24% y HH gris del 18,23%). La HH total promedio de la etapa de levante fue de 1.849,26 L m², representando la HH verde un porcentaje del 77,82% y la HH gris el 22,18%. La HH total promedio de la etapa de producción fue de 3.876,24 L m², representando la HH verde un porcentaje del 81,55% y la HH gris el 18,45%. La HH total promedio de la etapa de beneficio fue de 88,96 L kg⁻¹ cps, representando la HH gris un porcentaje del 94,72% y la HH azul el 5,28%. La HH total promedio del café de Colombia, para un ciclo completo de cultivo (siembra nueva-renovación) fue de 4.456,72 L kg⁻¹ café verde, representando la HH verde un porcentaje del 78,24% (3.486,82 L kg⁻¹ de café verde), la HH gris el 21,54% (959,84 L kg⁻¹ de café verde) y la HH azul el 0,23% (10,06 L kg⁻¹ de café verde). Se concluye que, a mayores rendimientos por unidad de área, la HH es menor y que una forma de realizar una gestión integral del recurso hídrico durante el cultivo es tener altas densidades de siembra y para el caso de la etapa de beneficio, es adoptar el beneficio ecológico con consumo de agua menor a 10 L kg⁻¹ de cps y realizar un tratamiento a las aguas residuales del café procurando cero descargas al ambiente.

Suelos



del departamento exhibieron una baja Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE), lo cual sugiere una alta capacidad para retener nutrientes como el potasio, calcio y magnesio, en especial si se corrige la acidez del suelo. En cuanto a la textura, el 58% exhibieron texturas francas. Con base en la frecuencia de las propiedades de interés, según los rangos establecidos para café, se identificaron los municipios con probables problemas de acidez y deficiencias nutricionales; además, un análisis multivariado permitió agrupar los municipios por su fertilidad.

SUE102002. Capacidad de almacenamiento de agua de las unidades cartográficas de suelo más comunes de la región cafetera colombiana. En la vigencia se determinó la retención de humedad gravimétrica a capacidad de campo-CC (0,033 MPa), punto de marchitez permanente-PMP (1,5 MPa), capacidad de almacenamiento de agua (CAA) y porosidad total

SUE102001. Caracterización regional de la fertilidad del suelo. Los registros históricos de análisis de suelos 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 Tolima, conformada por 41.721 registros, obtenidos en 36 municipios durante los años 1989 y 2020. Se realizó el análisis descriptivo de la información a nivel departamental y municipal. Los valores promedio de todas las propiedades fueron mayores a la mediana, en especial fósforo, magnesio y aluminio, resultado que refleja la existencia de valores muy altos (Tabla 55). El 60% de las muestras analizadas exhibieron algún grado de acidez (pH menor a 5,0 y presencia de aluminio), contenidos bajos de materia orgánica (menor de 8%) y de fósforo (menor de 10 mg kg⁻¹) (Tabla 56). Con respecto a las bases intercambiables, cerca del 70% de los registros analizados se caracterizaron por niveles bajos a medios de potasio (menores de 0,4 cmol_c kg⁻¹), el 30% fueron bajos en calcio (menores de 1,5 cmol_c kg⁻¹) y el 41% bajo en magnesio (0,6 cmol_c kg⁻¹). Sólo el 30% de los suelos

Tabla 55. Estadística descriptiva de las propiedades químicas del suelo, correspondiente a 41.721 datos de 36 municipios del Tolima.

Propiedad	Unidad	Med.	Med.	Mín.	Máx.	CV (%)
pH		4,93	4,90	3,00	7,50	11,62
Materia Orgánica (MO)	%	7,93	6,80	1,00	30,00	57,34
Fósforo (P)	mg kg ⁻¹	22,94	8,00	0,00	500,00	188,62
Potasio (K)	cmol _c kg ⁻¹	0,39	0,28	0,00	5,00	93,66
Calcio (Ca)	cmol _c kg ⁻¹	4,49	3,10	0,00	30,00	99,18
Magnesio (Mg)	cmol _c kg ⁻¹	1,39	0,86	0,00	10,00	111,08
Aluminio (Al)	cmol _c kg ⁻¹	1,49	0,90	0,00	10,00	116,90
CICE	cmol _c kg ⁻¹	8,06	6,33	0,06	182,94	76,72
Suma de Bases (SumB)	cmol _c kg ⁻¹	6,50	4,52	0,00	182,94	99,22
Sat. de Aluminio (SAI)	%	27,39	17,22	0,00	100,00	103,26

Tabla 56. Frecuencia de rangos de pH, materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio, aluminio intercambiable, CICE, suma de bases y saturación de aluminio en suelos de la zona cafetera del departamento del Tolima.

pH		Materia Orgánica (MO)		Fósforo (P)	
Rango	Frecuencia (%)	Rango (%)	Frecuencia (%)	Rango (mg kg ⁻¹)	Frecuencia (%)
pH≤4,5	26,54	MO≤6	42,31	P≤5	39,77
4,5<pH≤5,0	33,18	6<MO≤8	19,04	5<P≤10	19,87
5,0<pH≤5,5	26,63	8<MO≤12	22,7	10<P≤20	15,58
5,5<pH≤6,0	10,64	12<MO≤16	9,74	20<P≤30	6,82
pH>6,0	3,01	MO>16	6,21	P>30	17,95
Potasio (K)		Calcio (Ca)		Magnesio (Mg)	
Rango (cmol _c kg ⁻¹)	Frecuencia (%)	Rango (cmol _c kg ⁻¹)	Frecuencia (%)	Rango (cmol _c kg ⁻¹)	Frecuencia (%)
K≤0,2	33,64	Ca≤0,75	14,89	Mg≤0,3	23,28
0,2<K≤0,4	34,44	0,75<Ca≤1,5	14,74	0,3<Mg≤0,6	17,56
0,4<K≤0,6	15,35	1,5<Ca≤3,0	20,22	0,6<Mg≤0,9	12,67
0,6<K≤0,8	7,40	3,0<Ca≤4,5	13,99	0,9<Mg≤1,2	9,63
K>0,8	9,17	Ca>4,5	36,16	Mg>1,2	36,86
CICE		Suma de Bases (SumB)		Sat. de Aluminio (SAI)	
Rango (cmol _c kg ⁻¹)	Frecuencia (%)	Rango (cmol _c kg ⁻¹)	Frecuencia (%)	Rango	Frecuencia (%)
CICE≤3,0	11,95	SumB≤1,5	17,28	SAI≤20	52,8
3,0<CICE≤4,5	17,64	1,5<SumB≤3,0	18,44	20<SAI≤40	16,38
4,5<CICE≤6,0	17,13	3,0<SumB≤4,5	14,14	40<SAI≤60	12,76
6,0<CICE≤7,5	13,29	4,5<SumB≤6,0	10,79	60<SAI≤80	11,77
CICE>7,5	40,00	SumB>6,0	39,35	SAI>80	6,28
Aluminio (Al)		Textura			
Rango (cmol _c kg ⁻¹)	Frecuencia (%)	Frecuencia (clase)		Frecuencia (%)	
Al≤0,5	40,02	F		0,07	
0,5<Al≤1,0	15,18	FAr, FA, FArA, FArL, FL		58,02	
1,0<Al≤2,0	19,07	AF		3,75	
2,0<Al≤3,0	10,6	ArA, ArL		0,47	
Al>3,0	15,13	A, AR, L		37,69	

(Pt), para las unidades cartográficas de suelo que se encuentran mezcladas en las regiones cafeteras de los departamentos de Huila y Tolima. En Huila (Figura 88), las unidades Guadalupe-Timaná-San Agustín, Saladoblanco-San Agustín, Guadalupe-San Agustín y San Agustín-El Recreo, presentan diferencias estadísticas entre la media de CC, PMP y Pt entre unidades de suelo, y para CAA no hay diferencia estadística entre dichas unidades de suelo; dadas las diferencias estadísticas de

las propiedades relacionadas con la retención de humedad de agua en el suelo no se recomienda trabajar con un valor promedio de éstas y debe tenerse en cuenta la posibilidad de diferentes respuestas del cultivo a eventos de máxima y mínima precipitación en esta zona. Para las unidades cartográficas Asociación Saladoblanco-San Simón y Guadalupe-Timaná no se encontraron diferencias estadísticas, por lo cual para el primer grupo recomienda tomarse los siguientes valores

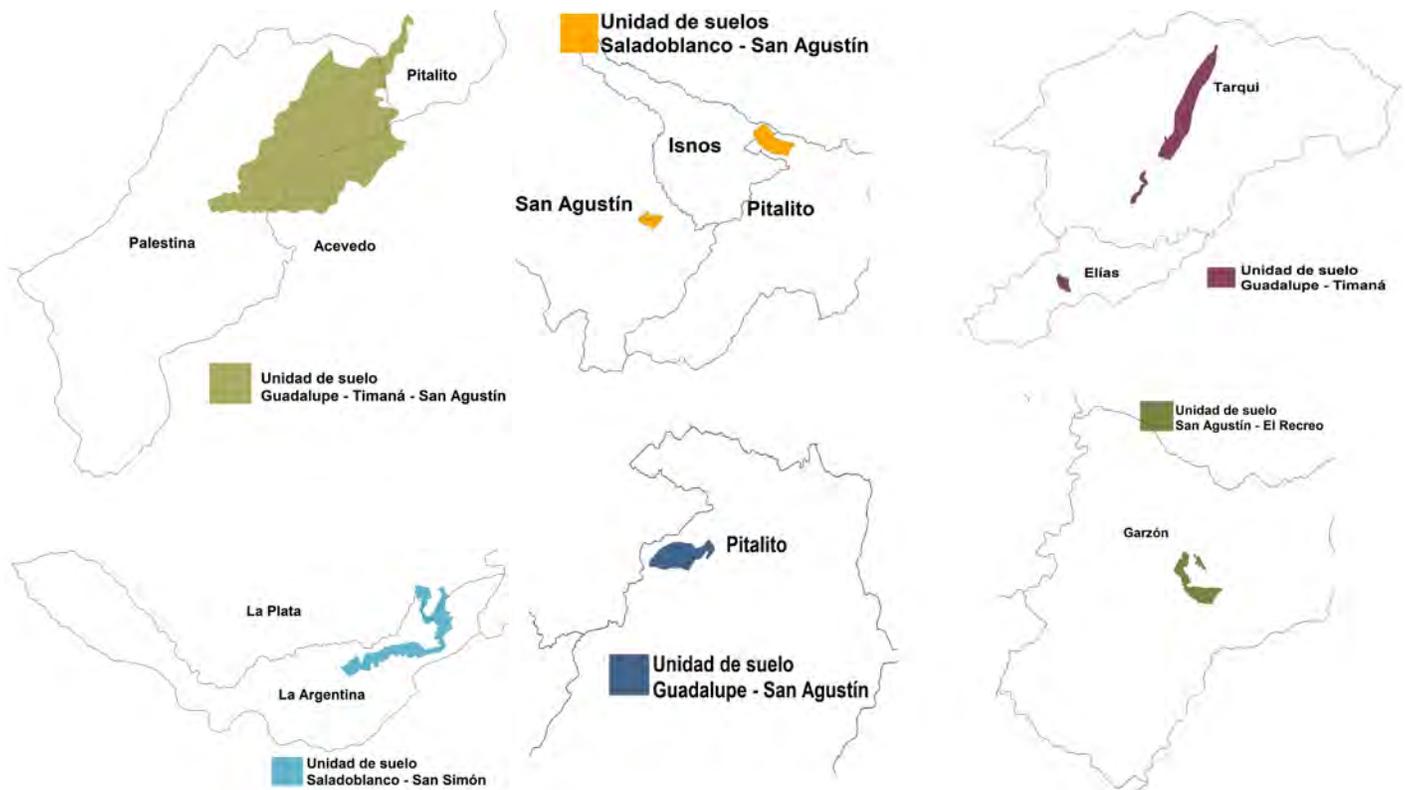


Figura 88. Ubicación geográfica de las unidades de suelo mezcladas, analizadas para el departamento de Huila. Guadalupe-Timaná-San Agustín; Salado blanco-San Simón; Salado blanco-San Agustín; Guadalupe-Timaná; Guadalupe-San Agustín; San Agustín-El Recreo.

promedio: CC 30,59%, PMP 19,75%, Pt 75,08% y CAA 14,45%; y para el segundo grupo: CC 31,78%, PMP 26,07%, Pt 50,45% y CAA 7,09%. En Tolima (Figura 89) para las unidades Gualí-Mendarco-Líbano-San Simón y San Simón-Mendarco-Líbano no se encontraron diferencias entre las medias de CC, PMP, Pt y CAA entre unidades de suelo y se recomienda tomar los siguientes valores promedio para el primer grupo: CC 39,87%, PMP 32,77%, Pt 57,56% y CAA 6,78%; y para San Simón-Mendarco-Líbano: CC 40,29%, PMP 33,61%, Pt 57,56% y CAA 6,41%.

También se trabajó en los modelos de edafotransferencia (Tablas 57 y 58), en los que se utilizaron 48 datos de 16 unidades cartográficas de suelo, de los departamentos de Antioquia, Huila y Tolima.

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

Para mejorar la eficacia y eficiencia del control de arvenses en el cultivo del café deben evaluarse alternativas de equipos y métodos de aplicación de herbicida, por esta razón se realizó una investigación en las Estaciones Experimentales Naranjal y Paraguaicito, en cultivos de café variedad Castillo® de un año de edad. Se evaluaron siete tratamientos así: un equipo comercial de pulverización centrífuga con dos variaciones en su forma de aplicación (T1 y T2), un equipo comercial de aspersión de bombeo eléctrico con boquilla Teejet 8001 y presión de 20 psi (T3), equipos de aspersión de bombeo manual con: boquilla Teejet 8001 y reguladores de presión de 21 y 14 psi (T4 y T5), boquilla de aire inducido AI 110015 y regulador de presión de 29 psi (T6), boquilla Teejet 8001 sin regulador de presión (testigo relativo - T7), también se incluyó un testigo absoluto sin control (T8). En todos los tratamientos se usó pantalla protectora y glifosato 480 g L⁻¹ en dosis de 3 L ha⁻¹. En cuanto a la eficacia del control de arvenses, tanto en Naranjal como en Paraguaicito, no se presentaron diferencias estadísticas de los equipos y técnicas de aplicación frente al testigo relativo (T7) (Figura 90). El equipo de pulverización centrífuga (T1 y T2) propició la fitotoxicidad por herbicida en las plantas de café en Naranjal, lo cual se evidenció 21 días después de la aplicación al presentar diferencias estadísticas frente al testigo (T8) (Figura 91). En cuanto al tiempo empleado en la labor (h ha⁻¹), en Naranjal no se presentaron diferencias de



Figura 89. Ubicación geográfica de las unidades de suelo mezcladas, analizadas para el departamento de Tolima. Gualí-Mendarco-Libano-San Simón y San Simón-Mendarco-Libano.

los tratamientos con relación al testigo (T7), mientras que en Paraguaicito este fue mayor para el equipo de pulverización centrífuga (T1 y T2). El volumen de aplicación ($L\ ha^{-1}$), tanto en Naranjal como en Paraguaicito, fue mayor para el tratamiento T6 (389 y $280\ L\ ha^{-1}$) seguido por el testigo relativo (T7) (301 y $197\ L\ ha^{-1}$), mientras que los menores valores se obtuvieron con el tratamiento T1 (58 y $42\ L\ ha^{-1}$), respectivamente. El equipo de bombeo eléctrico (T3) y el uso de reguladores de presión (T4 y T5) son promisorios ante la menor fitotoxicidad del cultivo y el uso eficiente del agua.

Tabla 57. Modelos de regresión lineal para las propiedades de retención de humedad en el suelo a capacidad de campo (0,033 MPa) y punto de marchitez permanente (1,5 MPa) en las unidades cartográficas de suelo del estudio.

Modelo (n = 48)	R ²
En términos de retenciones de humedad (% gravimétrico)	
CCRH = 7,89056** + 3,93061***MO	82,8
CCRH = 62,104*** - 36,395***Da + 2,2075***MO	89,7
CCRH = -0,0403868 + 0,912676***PMPRH + 1,35917***MO	94,4
CCRH = -179,273*** - 92,3734***Dr + 156,17***Da + 0,877467***MO - 12,8098***k + 4,85395***Pt	96,8
PMPRH = 8,68977*** + 2,81747***MO	75,3
PMPRH = 17,5806*** + 2,92725***MO - 0,212232*A	77,5
PMPRH = 67,2514*** - 39,3141***Da + 0,956153***MO	89,5
PMPRH = 9,58112*** + 0,734648*** CCRH - 0,157335**A	93,2
PMPRH = 26,3077* - 25,4167***Dr - 11,2879***k + 1,26455***Pt	92,7
En términos de distribución de poros	
Porosidad total = 34,5203*** + 0,335278***L + 1,53206***MO	76,5
Macroporos = 0,399708 + 20,642***Dr - 31,9179***Da	52,9
Macroporos = 10,1286 + 14,2955***Dr - 27,0064***Da + 11,5997***k - 1,14112*EA	74,8
Mesoporos = 0,144769 + 0,177773**A	19,1
Mesoporos = -5,09002 + 10,6919**Da - 0,122107*Ar + 0,710939** MO	27,7
Microporos = 60,8662*** - 12,5193***Dr	25,5
Microporos = 54,5652*** - 13,4675***Da - 0,177443**A	42,9
Microporos = 59,7862*** - 16,4399***Da - 8,43075***k - 0,179434**A	56,9

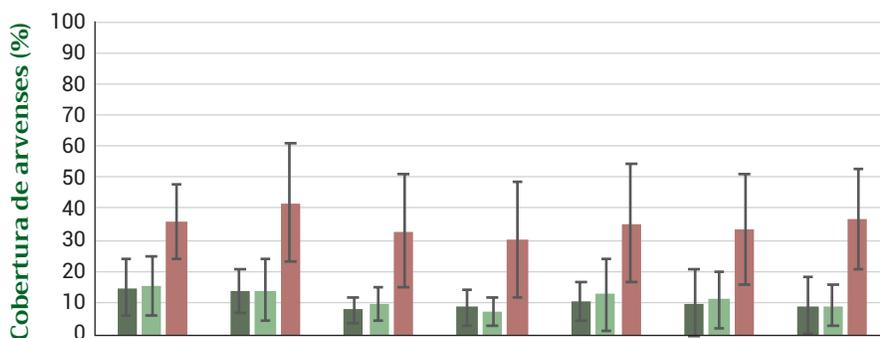
CCRH = retención de humedad a capacidad de campo; PMPRH = retención de humedad a punto de marchitez permanente; MO = materia orgánica; Da = densidad aparente; Dr = densidad real; k = conductividad hidráulica saturada; Pt = porosidad total; A: contenido de arenas; * = valor $p < 0,05 \geq 0,01$; ** = valor $p < 0,01 \geq 0,001$; *** = valor $p < 0,001$

Tabla 58. Modelos de regresión lineal para las propiedades densidad aparente, densidad real, conductividad hidráulica saturada y estabilidad de agregados para las unidades cartográficas de suelo del estudio.

Modelo (n = 48)	R ²
Da = 0,892303*** - 0,0498845***MO + 0,00877591***A + 0,00614887**Ar	77,1
Dr = 2,41852*** - 0,0404639***MO + 0,00547724*A	55,8
Conductividad hidráulica = 0,608127*** - 0,352379*Da	10,4
Conductividad hidráulica = -0,153367* + 0,0274738*** MCpo	46,5
Conductividad hidráulica = 3,34491*** - 0,0301526***PMPRH - 1,9635***Da	43,4
Estabilidad de agregados = 2,20024** - 0,0375047**A + 0,243975***MO	57,8

Da = densidad aparente; Dr = densidad real; MO = materia orgánica; A: contenido de arenas; Ar = contenido de arcillas; MCpo = macroporos; PMPRH = retención de humedad a punto de marchitez permanente; * = valor p<0,05≥0,01; ** = valor p<0,01≥0,001; *** = valor p<0,001

E.E. Naranjal



E.E. Paraguaicito

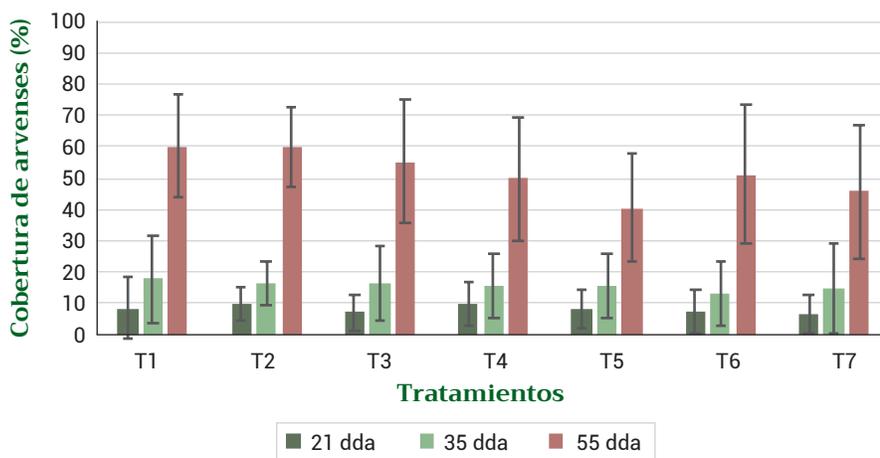


Figura 90. Cobertura de arvenses en el cultivo del café, días después de la aplicación (dda) de herbicida con diferentes equipos y métodos. dda: días después de la aplicación. Las barras indican la desviación estándar. T1 y T2: equipo de pulverización centrífuga; T3: equipo de aspersión de bombeo eléctrico; T4 y T5: equipo de aspersión de bombeo manual con regulador de presión de 21 y 14 psi; T6: equipo de aspersión de bombeo manual con boquilla de aire inducido; T7: equipo de aspersión de bombeo manual sin regulador de presión.

actualidad en el cultivo existen arvenses de alta capacidad competitiva, de difícil control, y otras que no son reconocidas por los extensionistas y caficultores, por esta razón se desarrolló y culminó una actividad de investigación con el objetivo de actualizar el reconocimiento de arvenses en plantaciones de café; esta actividad se realizó en Cenicafe - Planalto y el reconocimiento de arvenses se hizo en cultivos de café y en el entorno cafetero en las regiones cafeteras, Norte, Centro y Sur; se tomaron fotografías de alta calidad de las arvenses y se identificaron por medio de consulta en bases de datos especializadas y en herbarios. Se elaboró una base de datos de especies de arvenses en el programa Microsoft Excel (2013) que incluyó criterios taxonómicos (género, especie, familia), botánicos (características de hojas, tallos, flores, frutos, semillas), descriptivos (nombre común, características benéficas y adversas) y de grado de interferencia con el café (alta, media, baja, baja-noble) y reporte de resistencia a herbicidas. Se obtuvo el registro de 265 especies de arvenses, de las cuales se tomaron las fotografías correspondientes a 255 especies y se realizó la descripción completa de las arvenses registradas. Se reconocieron 58 familias de arvenses. Las más predominantes fueron Poaceae (Gramineae) (15,1%), Asteraceae (Compositae) (14,7%), Cypereaceae (6,0%), Fabaceae (Leguminosae) (6,0%), Lamiaceae (Labiatae) (3,8%), Euphorbiaceae (3,0%), Rubiaceae (3,0%), Solanaceae (3,0%). En cuanto al grado de interferencia de las arvenses con el cultivo de café (Figura 92) se registró el 40% de interferencia media, 33,6% de interferencia alta, el 9,4% de interferencia baja y 17% (45 especies) clasificadas

SUE103007. Actualización del reconocimiento de arvenses en plantaciones de café. Un aspecto clave para la implementación del Manejo Integrado de Arvenses (MIA) es el reconocimiento de las arvenses asociadas al cultivo del café; en la

como arvenses nobles (Tabla 59). Para el reconocimiento de las arvenses por parte de los interesados se produjo una herramienta APP con 40 de las arvenses de mayor importancia en el cultivo del café.

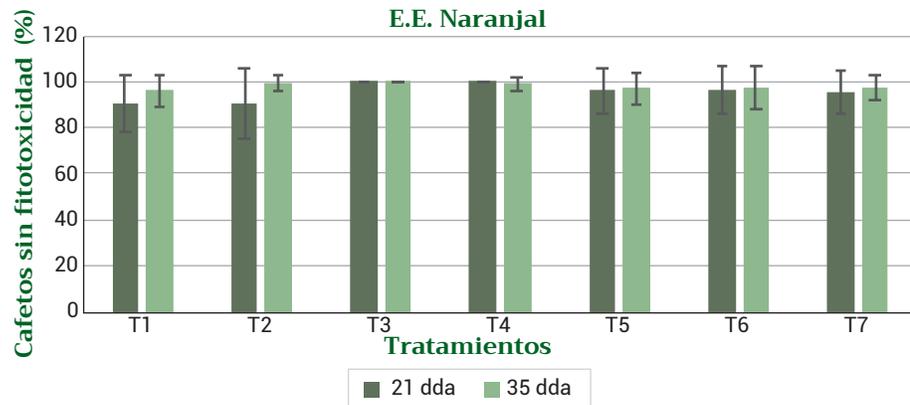


Figura 91. Plantas de café sin efectos de fitotoxicidad por herbicida en la Estación Naranjal, como resultado de la utilización de diferentes equipos y métodos de aplicación. dda: días después de la aplicación. Las barras indican la desviación estándar. T1 y T2: equipo de pulverización centrífuga; T3: equipo de aspersión de bombeo eléctrico; T4 y T5: equipo de aspersión de bombeo manual con regulador de presión de 21 y 14 psi; T6: equipo de aspersión de bombeo manual con boquilla de aire inducido; T7: equipo de aspersión de bombeo manual sin regulador de presión.

SUE104006. Evaluación de estrategias para el manejo de la acidez del suelo en la producción de café. Una de las limitantes para la producción de café en la mayoría de las regiones de Colombia se relaciona con la acidez de los suelos, para su manejo se recomienda la aplicación de enmiendas, particularmente cales. Esta investigación tiene como objetivo evaluar estrategias para el manejo de esta problemática, desde el año 2014, con los siguientes tratamientos en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda): testigo sin la corrección de la acidez; 120 g/hoyo de dolomita, incorporada al suelo antes de la siembra; 120 g/hoyo de roca fosfórica, incorporada al suelo antes de la siembra y 800, 1.600, 2.400, 3.200 y 4.000 kg ha⁻¹ de dolomita aplicada superficialmente en toda el área del terreno a los 12 y 36 meses después de la siembra. El encalado, aún con las dosis más bajas de dolomita, controló la acidez del suelo (pH y aluminio intercambiable) y aumentó los niveles de calcio y magnesio en los primeros 5 cm de profundidad (Figura 93) y, aunque se detectaron resultados similares en la profundidad de 5 a 10 cm, la magnitud de los cambios fue menor. En la cuarta cosecha, obtenida en año 2019, no se registraron efectos significativos de la incorporación de enmiendas al suelo antes de la siembra (Figura 94); al respecto, puede comentarse que durante los primeros años se obtuvieron mayores producciones con el empleo de dolomita frente a la roca fosfórica, cuyo promedio fue igual al del testigo sin encalado. En cuanto a la aplicación superficial de la dolomita, se registraron efectos significativos de

los tratamientos en la producción de la cuarta y última cosecha; en este sentido, los promedios obtenidos con todas las dosis fueron mayores al testigo, pero iguales entre sí (Figura 95).

SUE104008. Extracción de nutrientes por el café. Uno de los aspectos importantes en los estudios de la nutrición vegetal se relaciona con la extracción de nutrientes por la planta y su participación en cada uno de los órganos durante las diferentes etapas del desarrollo del cultivo. Este estudio tiene como objetivo determinar la extracción de nutrientes por el café en la región cafetera de Colombia. Durante esta vigencia, las evaluaciones se llevaron a cabo en cultivos de café variedad Castillo®, ubicados en la Concentración Jorge Villamil (municipio de Gigante, Huila) y en la Estación Experimental Paraguaicito (municipio de Buenavista, Quindío). En la primera localidad se midieron la biomasa seca y la concentración de los nutrientes de hojas, ramas y tallo, en plantas con 60 meses de edad, y en la segunda localidad se analizaron las mismas variables tanto para hojas, ramas y tallo, como para raíces en plantas con aproximadamente 54 meses.

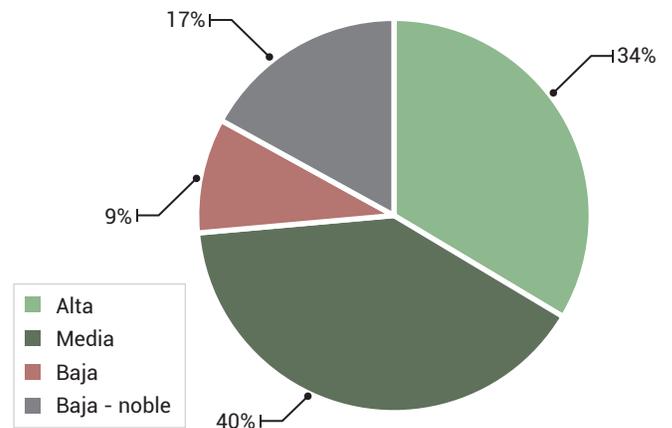


Figura 92. Clasificación de arvenses por su grado de interferencia en el cultivo del café, a partir del reconocimiento de 265 especies.

Tabla 59. Arvenses nobles reconocidas en cultivos de café en Colombia.

Nombre científico	Familia	Nombre científico	Familia
<i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq.	Euphorbiaceae	<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz.) P. Beauv.	Poaceae (Gramineae)
<i>Acmella ciliata</i> (Kunth) Cass.	Asteraceae (Compositae)	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae
<i>Arachis pintoi</i> Krapov. & W.C. Greg.	Fabaceae (Leguminosae)	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	Oxalidaceae
<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	Caryophyllaceae	<i>Oxalis triangularis</i> A.St. -Hil.	Oxalidaceae
<i>Callisia gracilis</i> (Kunth) D.R.Hunt	Commelinaceae	<i>Panicum trichoides</i> Sw.	Poaceae (Gramineae)
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	Apiaceae (Umbelliferae)	<i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kunth.	Piperaceae
<i>Commelina diffusa</i> Burm f.	Commelinaceae	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Phyllanthaceae
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Phyllanthaceae
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	Fabaceae (Leguminosae)	<i>Pilea hyalina</i> Fenzl	Urticaceae
<i>Dichondra repens</i> Forst.	Convolvulaceae	<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	Urticaceae
<i>Drymaria cordata</i> (L.) Willd. ex Schult	Caryophyllaceae	<i>Pilea nummulariifolia</i> (Swartz) Weddell	Urticaceae
<i>Eryngium foetidum</i> L.	Apiaceae (Umbelliferae)	<i>Polygonum capitatum</i> Buch.-Ham. Ex D. Don	Polygonaceae
<i>Eucharis bonplandii</i> (Kunth) Traub.	Amaryllidaceae	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Polygonaceae
<i>Euphorbia hirta</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae
<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	Euphorbiaceae	<i>Pseudechinolaena polystachya</i> (Kunth) Stapf	Poaceae (Gramineae)
<i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz et Pav.	Pontederiaceae	<i>Richardia scabra</i> L.	Rubiaceae
<i>Hydrocotyle andina</i> Cuatrec.	Araliaceae	<i>Ruellia blechum</i> L.	Acanthaceae
<i>Hydrocotyle leucocephala</i> Cham & Schltld	Araliaceae	<i>Sisyrinchium micranthum</i> Cav.	Iridaceae
<i>Hydrocotyle umbellata</i> L.	Araliaceae	<i>Tradescantia zebrina</i> hort. ex Bosse	Commelinaceae
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	Lamiaceae (Labiatae)	<i>Tripogandra serrulata</i> (Vahl) Handlos	Commelinaceae
<i>Indigofera hendecaphylla</i> Jacq.	Fabaceae (Leguminosae)	<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	Asteraceae (Compositae)
<i>Jaegeria hirta</i> (Lag.) Less.	Asteraceae (Compositae)	<i>Zornia diphylla</i> (L.) Pers.	Fabaceae (Leguminosae)
<i>Lindernia diffusa</i> (L.) Wettst.	Scrophulariaceae		

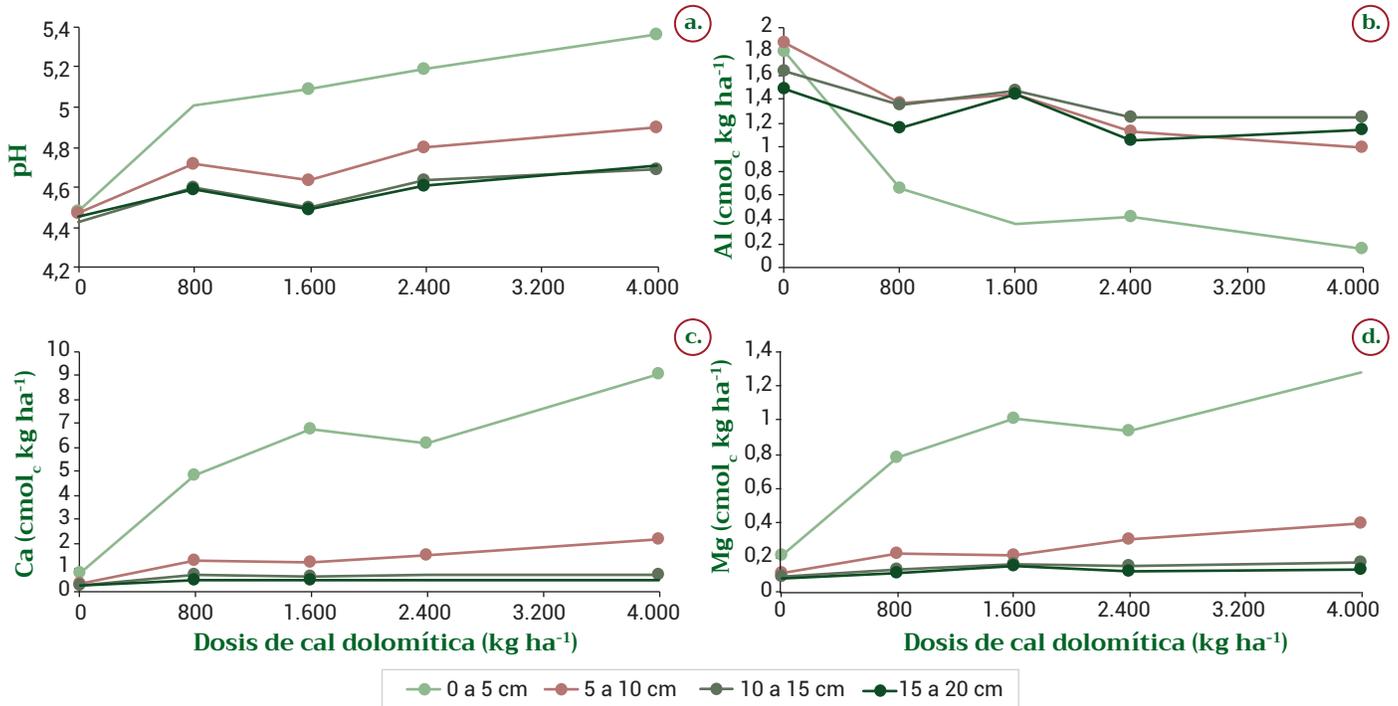


Figura 93. Cambios en el pH, aluminio, calcio y magnesio intercambiables, evaluados en cuatro profundidades del suelo, en respuesta a dosis de dolomita en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda).

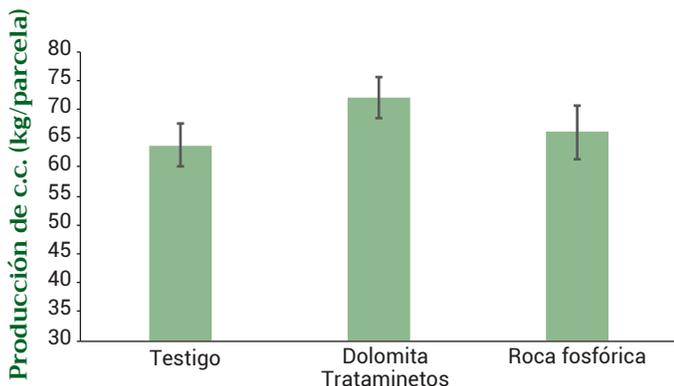


Figura 94. Producción de café cereza (cc) durante la cuarta cosecha, en respuesta a la incorporación de dolomita y roca fosfórica incorporadas al suelo del hoyo antes de la siembra en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda).

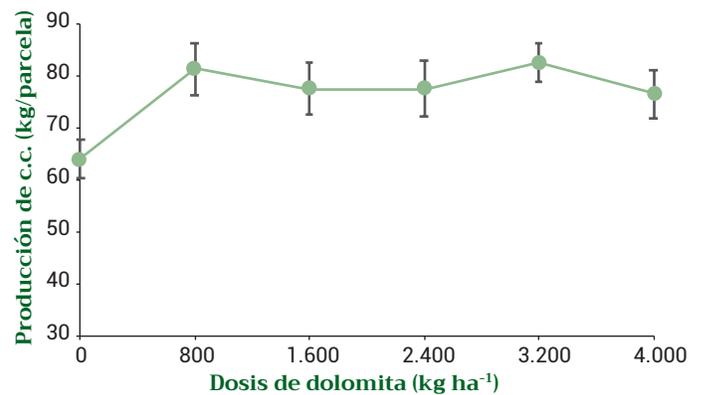


Figura 95. Producción de café cereza (cc) durante la cuarta cosecha, en respuesta a dosis de dolomita en la Estación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda).

La materia seca de los órganos evaluados fue de 39 t ha⁻¹ en Huila y de 58 t ha⁻¹ en Quindío. En las dos localidades, una alta proporción de los valores en mención correspondió a las hojas que se habían caído a través de tiempo (38% en Huila y 31% en Quindío) (Figura 96). Los valores de la materia seca del tallo representaron el 27% en Huila y 33% en Quindío. En esta última localidad, el peso de la raíz significó el 14% de la biomasa total.

Para el promedio de los órganos se presentó el siguiente orden en la concentración de los nutrientes: N≈K>Ca>Mg≈P>Mn>Fe>B>Cu≈Zn, como

se presenta en las Figuras 97 y 98 para Huila y Quindío, respectivamente. A excepción del Mn y B, la cantidad total acumulada de elementos esenciales en los órganos vegetativos en Huila (Figura 99) fue menor que en Quindío (Figura 100); aspecto que se relaciona principalmente con un mayor crecimiento de las plantas en la última localidad, así:

- Huila (kg ha⁻¹): N 512, P 42, K 566, Ca 355, Mg 51, Fe 2,7, Mn 3,3, Zn 0,4, Cu 0,5 y B 1,6.
- Quindío (kg ha⁻¹): N 855, P 76, K 814, Ca 544, Mg 84, Fe 6,2, Mn 7,4, Zn 0,6, Cu 0,8 y B 1,6.

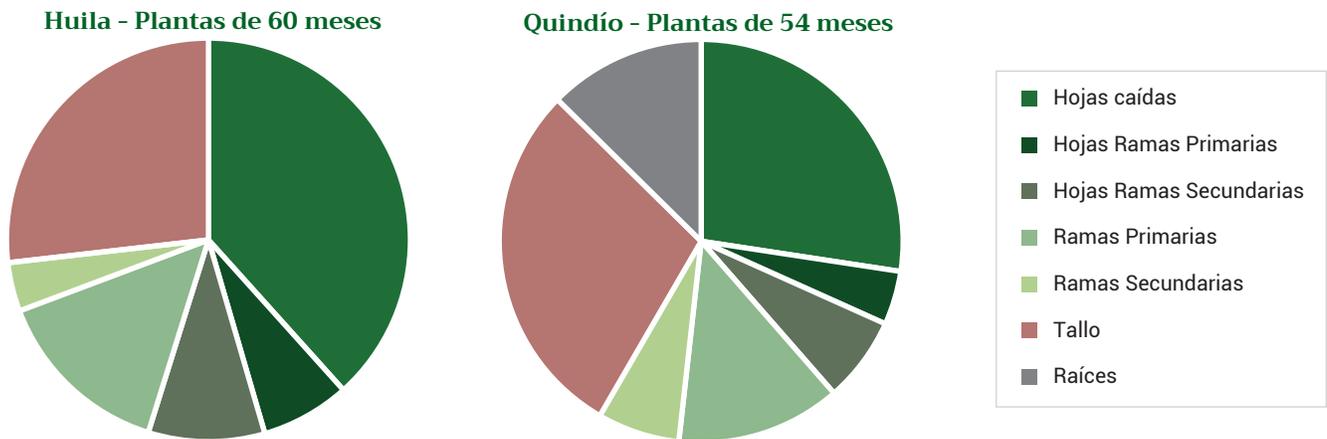


Figura 96. Representación porcentual de la biomasa seca de órganos de café variedad Castillo®, evaluada en los departamentos de Huila y Quindío.

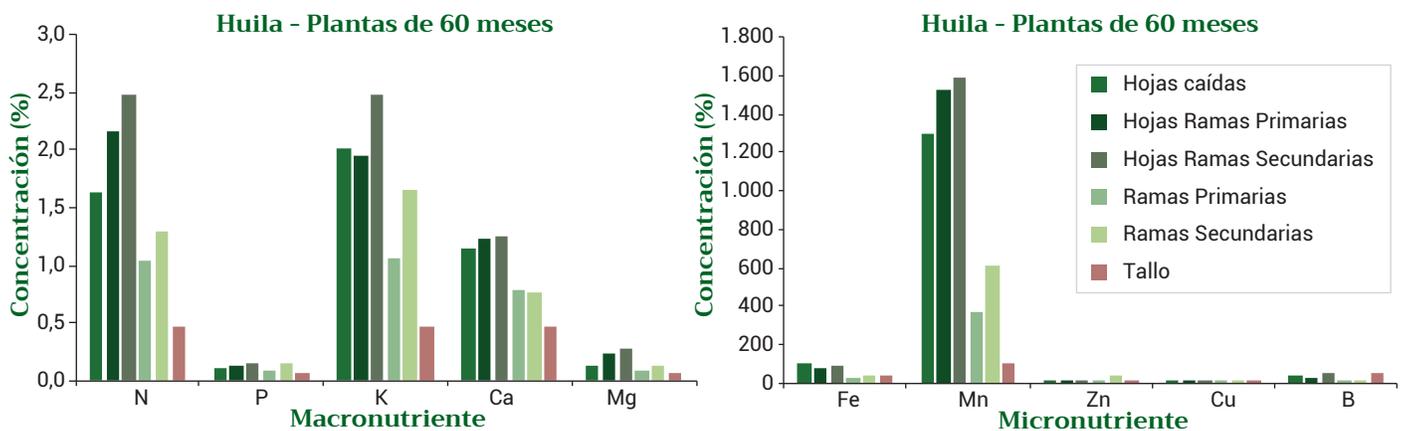


Figura 97. Concentración de nutrientes en café variedad Castillo®, evaluada en el departamento de Huila, en una plantación de 60 meses.

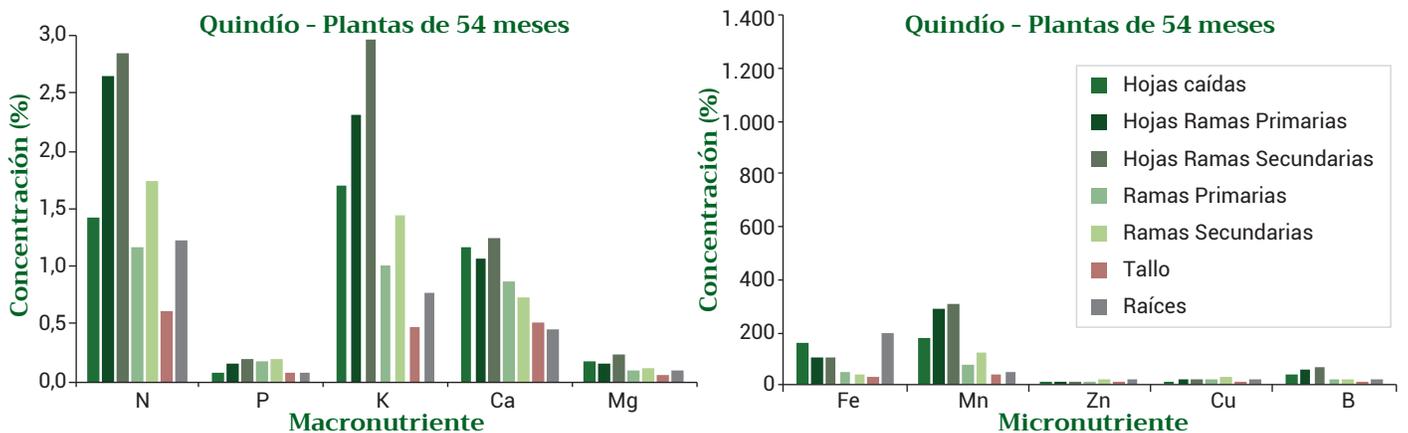


Figura 98. Concentración de nutrientes en café variedad Castillo®, evaluada en el departamento de Quindío, en una plantación de 54 meses.

SUE104025. Respuesta del café a riego y fertirriego. Esta investigación tiene como objetivo evaluar la respuesta del cultivo de café a riego y fertirriego. En la vigencia se continuó con la aplicación mensual de fertirriego y el seguimiento

diario de la humedad del suelo a tres profundidades (25, 40 y 60 cm) con 21 tensiómetros (9 a 25 cm, 5 a 40 cm y 7 a 60 cm) como criterio determinante para la aplicación de riego. El potencial mátrico del suelo, la mayor parte del tiempo, se mantuvo por

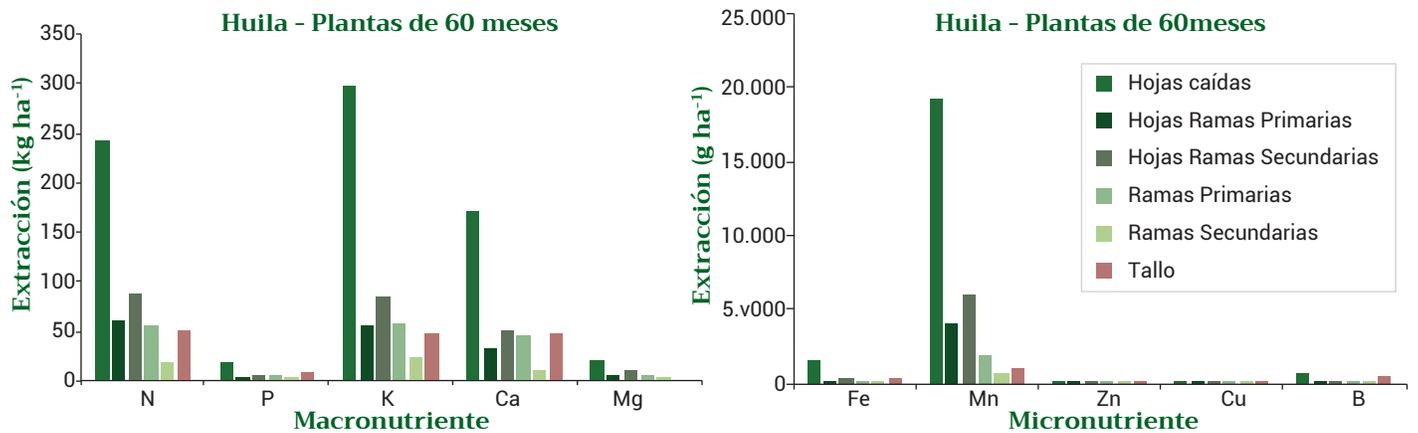


Figura 99. Acumulación de nutrientes en órganos vegetativos de café variedad Castillo®, evaluada a los 60 meses después de la siembra, en el departamento de Huila.

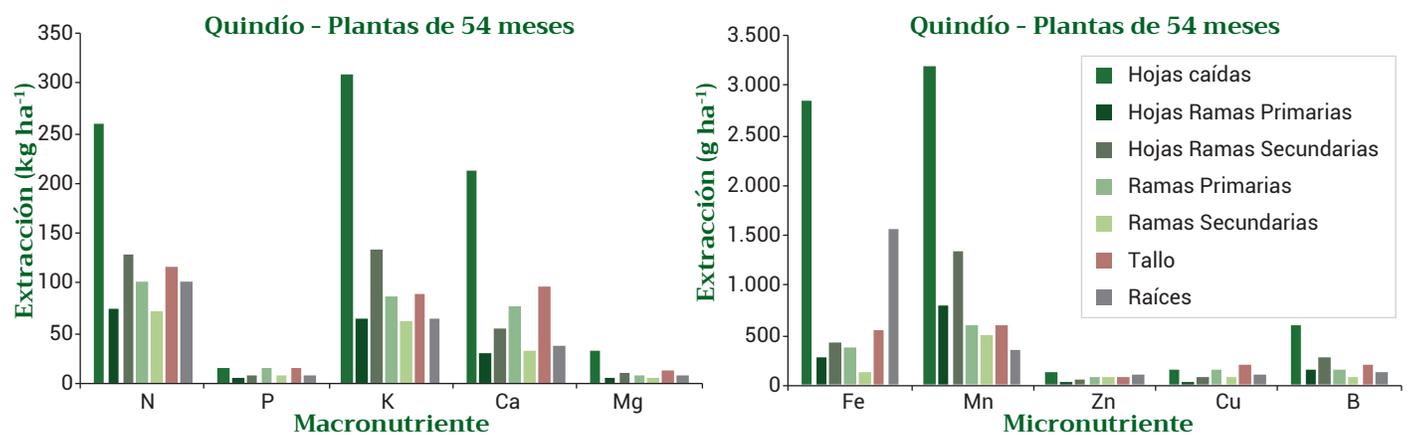


Figura 100. Acumulación de nutrientes en órganos vegetativos de café variedad Castillo®, evaluada a los 54 meses después de la siembra, en el departamento de Quindío.

debajo de 40 KPa, potencial definido para el inicio de la aplicación de riego, a excepción de la última década de enero, finales de la segunda década de febrero y finales e inicio de la primera y segunda década de agosto (Figura 101), en las que el potencial fue superior a 40 KPa y mantuvo esa condición por varios días. De esas fechas, en la segunda década de febrero se aplicaron en 1.800 L de agua en riego por goteo, a las tres parcelas que conforman dicho tratamiento y en las otras fechas no se realizó la aplicación, debido a que coincidieron con los períodos en los que históricamente se genera el déficit hídrico, que determina las floraciones para las cosechas del primer y segundo semestres del año. La producción de café cereza por parcela experimental de agosto de 2018 a septiembre de 2020 se presenta en la Tabla 60, y los resultados de los análisis de calidad de taza para el mismo período se presentan en la Figura 102. Los valores promedio del seguimiento a las propiedades químicas del suelo de las parcelas experimentales se presentan en la Figura 103.

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

El fósforo es un elemento imprescindible para el crecimiento del café, especialmente en la etapa de establecimiento en el campo. Durante este período, se inició una investigación con el objetivo de evaluar

alternativas de fertilización con fósforo durante la etapa de establecimiento de café en cuatro Estaciones Experimentales de Cenicafé (Naranjal, La Trinidad, Paraguaicito y El Tambo). En estas localidades se están evaluando 13 tratamientos conformados por tres dosis de fósforo (100%, 200% y 300% de la dosis máxima recomendada actualmente, equivalentes a 9, 18 y 27 g/planta de fósforo- P_2O_5 , respectivamente) y cuatro formas de aplicación (superficial, localizada, localizada-superficial e incorporada), además de un testigo sin aplicación de este elemento. La siembra se realizó en el último trimestre del año. En esta vigencia, se evaluaron a los once meses después de la siembra

Tabla 60. Producción de café cereza de las parcelas experimentales.

Tratamiento	Repetición	Número de plantas	Producción de café cereza, kg*
Sin riego, fertilización sólida	1	107	848,08
	2	111	825,70
	3	100	789,38
Con riego, fertilización sólida	1	108	725,65
	2	107	698,12
	3	111	736,84
Riego y fertirriego	1	111	856,63
	2	107	810,37
	3	111	898,58

* Producción de cuantificada de agosto de 2018 a septiembre de 2020.

en la Estación Experimental Naranjal, la biomasa seca de una muestra de raíces y el pH del suelo. Con relación a las raíces, se detectaron diferencias significativas a un nivel del 6%; en ese sentido, el tratamiento de 9 g/planta de fósforo- P_2O_5 , aplicado de forma localizada, presentó los mayores promedios (Figura 104). El pH del suelo no mostró variaciones significativas a partir del suministro de fósforo (Figura 105).

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

En cuatro suelos contrastantes en su fertilidad, correspondientes a las unidades cartográficas Chinchiná, Doscientos, Llano Palmas y un Oxisol de la zona cafetera del Meta, se evalúa el efecto de la fertilización fosfórica, complementada con hongos formadores de micorrizas (HMA) y hongos solubilizadores de fosfatos (HSP), en el crecimiento de almácigos de Cenicafé 1. Se aplicaron cuatro dosis de P (0; 0,5; 1 y 2 g/planta de P_2O_5) utilizando DAP. Cada dosis fue complementada con el suministro individual, un inóculo comercial de HMA, el HSP *Phlebia subserialis*-CH4 y la mezcla HSP+HMA. Los almácigos fueron sembrados en marzo de 2020. El presente informe, reúne los resultados de calibración de P, a partir de los tratamientos sin HSP ni HMA, en dos de los cuatro suelos objeto de estudio. En ambos suelos, el nivel de P en los primeros 5 cm de profundidad se incrementó conforme a las dosis de P suministrada, presentándose una magnitud diferente, tratándose de un suelo y otro (Figura 106). La respuesta en crecimiento, representada en masa seca total de las plantas (MST), aunque fue levemente superior en Llano Palmas, se ajustó para ambos suelos a una tendencia de tipo cuadrático, permitiendo estimar que a través de la aplicación de 1,3 g/planta de P_2O_5 , se logra el óptimo biológico (Figura 107). Esta información, sumada a la estimación del rendimiento relativo (RR), permite mayor aproximación del nivel crítico según el contenido de P en cada suelo (Figura 108). Pese a ello, cabe resaltar que este experimento se basó en los niveles de P de los primeros 5 cm de profundidad del suelo, sin descartar una menor concentración del elemento a mayor profundidad, donde las raíces de los almácigos también se desarrollan.

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

Con el objetivo de identificar el potencial mátrico del suelo, a partir del cual se afecta de forma negativa el crecimiento de la planta de café en etapa de establecimiento, bajo condiciones de casa de malla, en las instalaciones de Cenicafé Planalto, en el mes de enero se instaló un experimento con plantas variedad Cenicafé 1®, en el que se evalúa el efecto de cinco rangos de potenciales mátricos del suelo (entre -0,010 y -0,030 MPa; -0,05 y -0,15 MPa; -0,45 y -0,55 MPa y entre -1,5 y -1,7 MPa) (Figura 109).

Desde la siembra hasta la fecha en la que se inició la aplicación de los tratamientos (132 días después de siembra) el potencial mátrico del suelo permaneció entre $> -0,04 \leq -0,01$ MPa, para mantener las plantas el mayor número de días posibles en los cinco rangos establecidos en la metodología, a diario se compensa el agua evapotranspirada según lo indican los sensores de

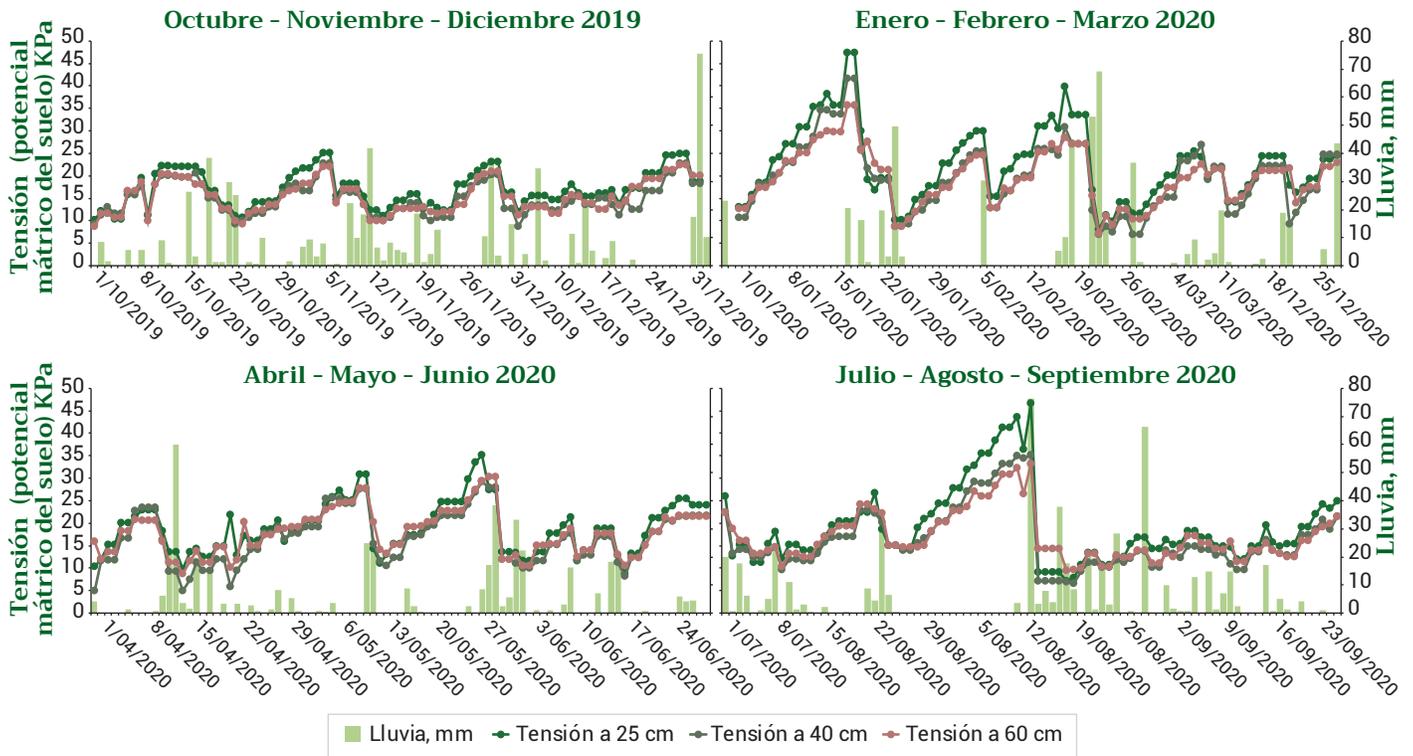
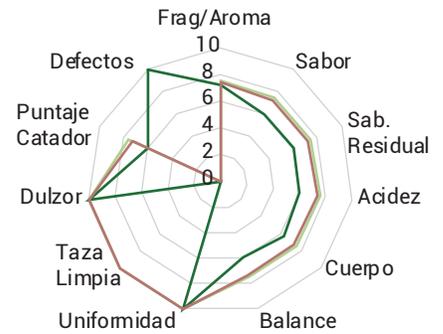
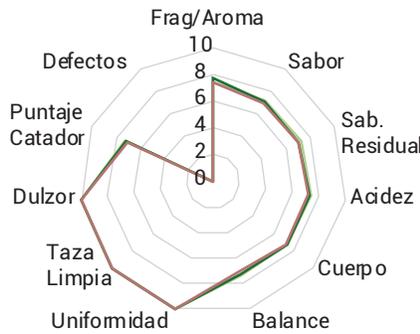
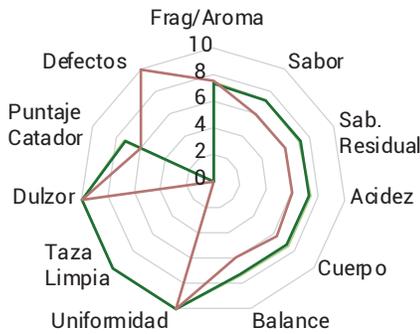


Figura 101. Registros diarios de humedad del suelo (tensión KPa) a tres profundidades (25, 40 y 60 cm) y lluvia, de octubre de 2019 a septiembre de 2020. Lote experimental Paraguacito.

Tratamiento 1 - IV trimestre 2019

Tratamiento 2 - IV trimestre 2019

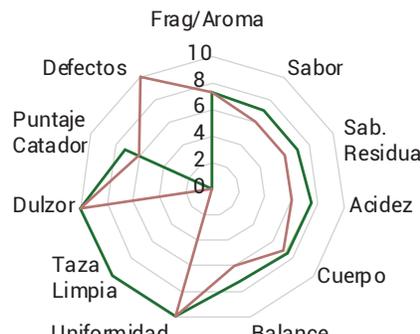
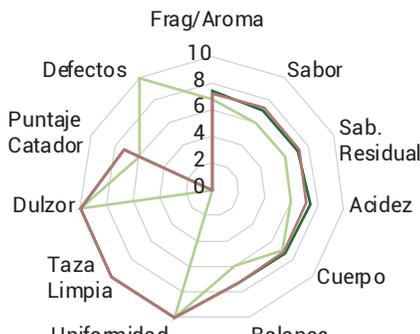
Tratamiento 3 - IV trimestre 2019



Tratamiento 1 - II trimestre 2020

Tratamiento 2 - II trimestre 2020

Tratamiento 3 - II trimestre 2020



— R1 — R2 — R3

Figura 102. Análisis de calidad de taza, para los tres tratamientos y sus repeticiones.

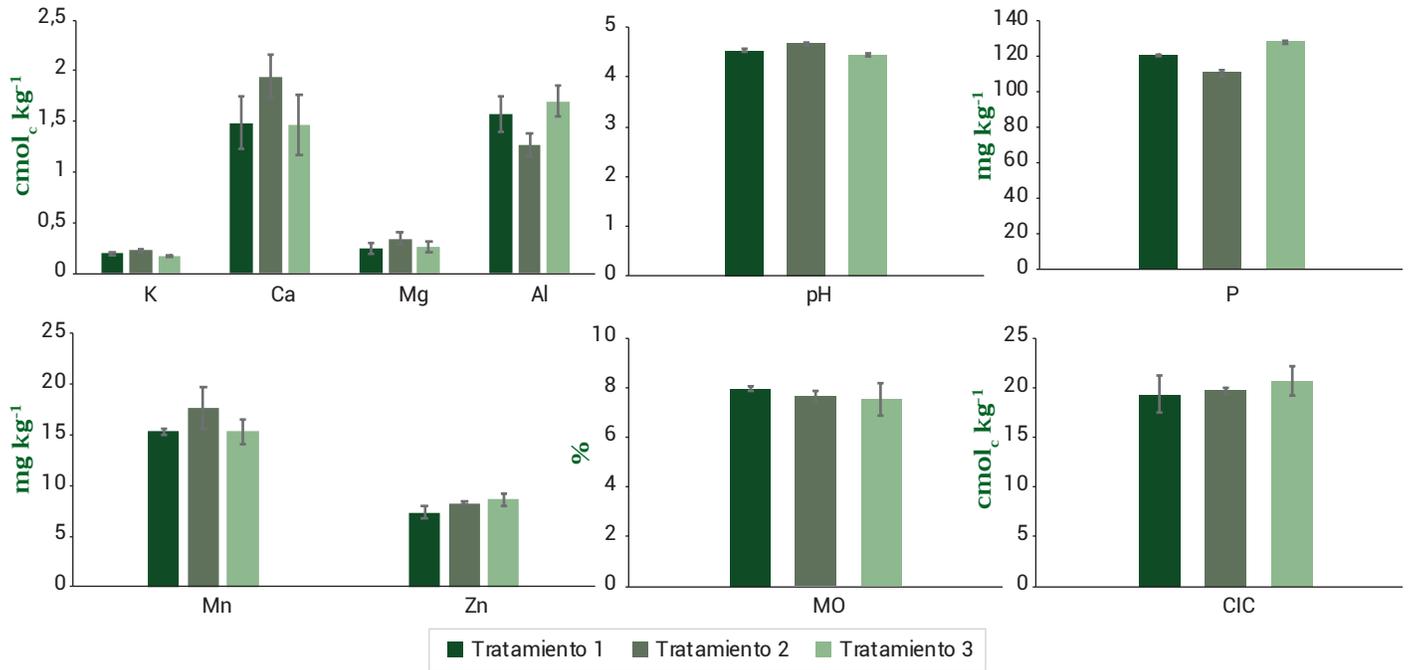


Figura 103. Seguimiento a las propiedades químicas de los suelos de las parcelas experimentales, la barra corresponde al error estándar (n=3).

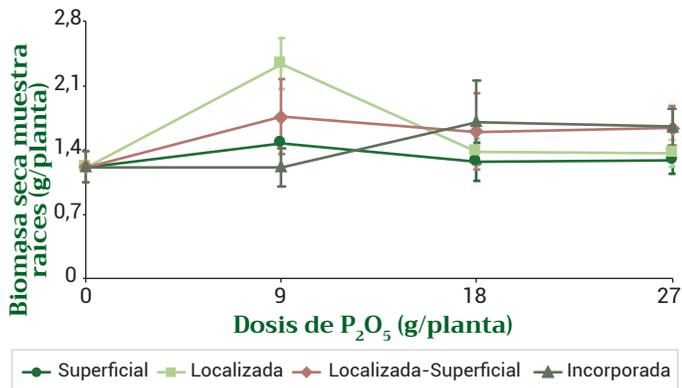


Figura 104. Biomasa seca de la muestra de raíces en la Estación Experimental Naranjal, evaluada a los 11 meses después de la siembra.

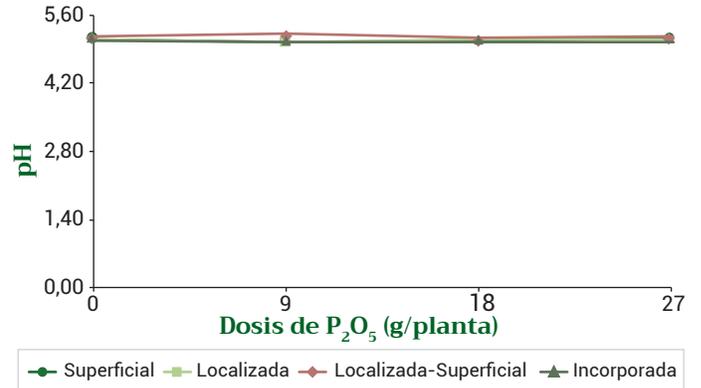


Figura 105. Valores de pH del suelo en la Estación Experimental Naranjal, evaluados a los 11 meses después de la siembra.

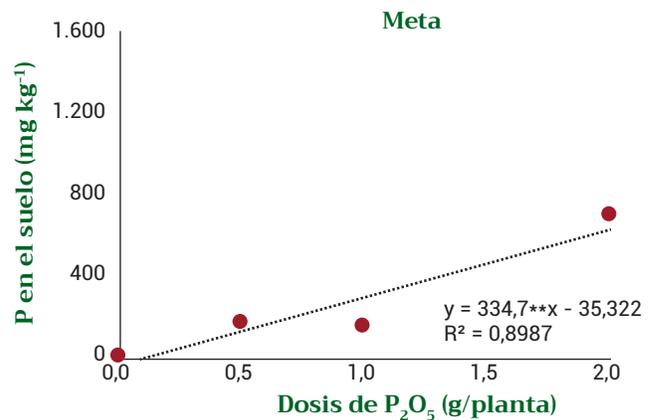
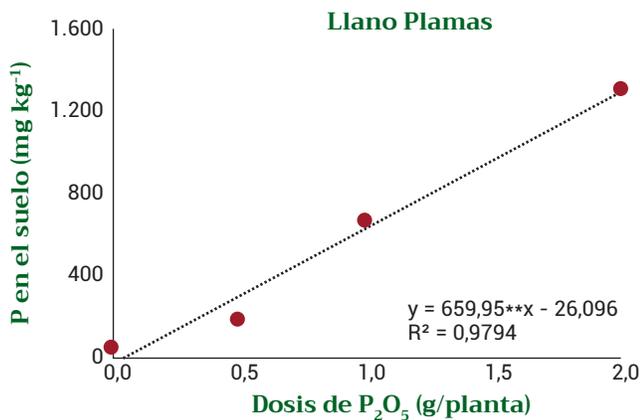


Figura 106. Contenido de P (P-Bray II) en los primeros 5 cm de profundidad del suelo en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de P.

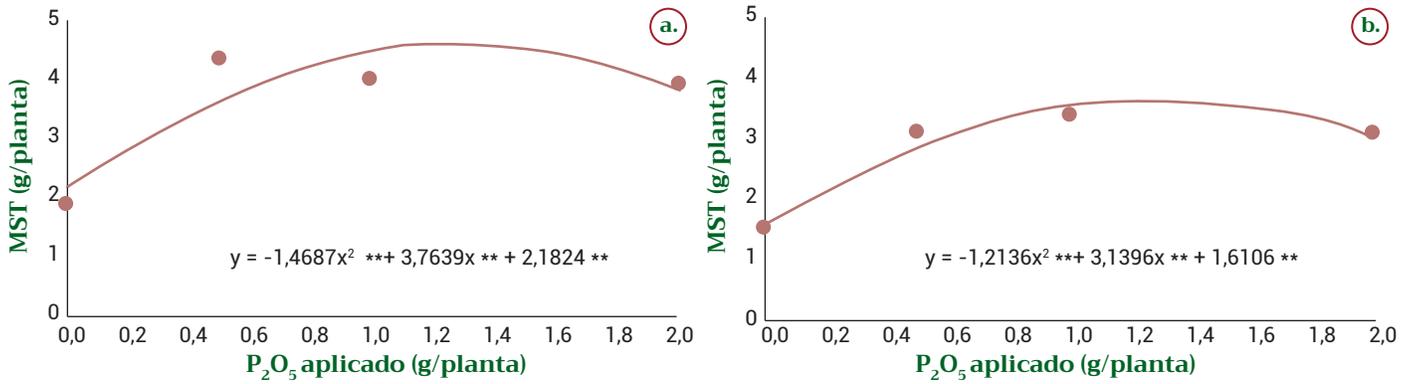


Figura 107. MST en plantas de almácigo Cenicafé 1, en respuesta al suministro de diferentes dosis de P, en el suelo de Llano Palmas **a.** y Meta **b.**

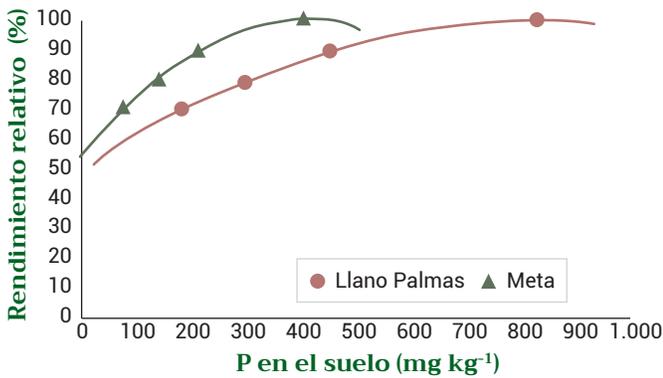


Figura 108. Rendimiento relativo en función de los niveles de P en el suelo (P-Bray II).

potencial mátrico y la temperatura del suelo se están midiendo con 25 sensores Teros MPS6, y 21 y dos tensiómetros Irrrometer, y la temperatura, humedad relativa y radiación fotosintéticamente activa en la casa de malla, se registran con el sensor HMP60, para las dos primeras, y SQ-110 para la tercera, tanto los registros de las propiedades del suelo como las ambientales (Figura 114), se registran cada cinco minutos y su transmisión automática con enlace web de la red de Cenicafé.

humedad instalados en los materos (Figura 110) y la cantidad de agua aplicada se muestra en la Tabla 61.

A la fecha se ha realizado el registro de altura de la planta, número de ramas, cruces, nudos y hojas, diámetro ecuatorial, diámetro polar, área foliar, distancia entre nudos, clorofila total, índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), potencial hídrico en hoja, porcentaje de humedad en la hoja y peso por área en hoja (Figuras 111 y 112). Además de evaluar el NDVI en planta, se está explorando la funcionalidad de dicho parámetro para identificar estados de estrés hídrico a nivel de ocupación de sitio para ser aplicado en el campo (Figura 113). El

Tabla 61. Cantidad de agua aplicada para mantener los tratamientos en los rangos establecidos.

Potencial hídrico en el suelo	Mes de aplicación de tratamientos				Total
	Junio*	julio	agosto	septiembre	
Litros de agua aplicados por tratamiento					
> -0,030 ≤ -0,010 MPa	22,80	38,04	60,40	74,60	195,84
> -0,150 ≤ -0,050 MPa	0,30	10,37	27,03	34,18	71,88
> -0,350 ≤ -0,250 MPa	0,00	12,55	23,46	18,09	54,10
> -0,450 ≤ -0,550 MPa	0,00	1,23	7,30	10,35	18,88
> -1,500 ≤ -1,700 MPa	0,00	0,22	0,34	2,28	2,84
Equivalencia en mm de lluvia efectiva					
> -0,030 ≤ -0,010 MPa	28,65	39,86	63,30	78,18	209,99
> -0,150 ≤ -0,050 MPa	1,88	13,04	28,33	35,82	79,07
> -0,350 ≤ -0,250 MPa	0,00	13,15	24,58	18,96	56,69
> -0,450 ≤ -0,550 MPa	0,00	1,93	9,18	13,25	24,36
> -1,500 ≤ -1,700 MPa	0,00	1,38	0,71	3,58	5,67

* Aplicación a partir del 10 de junio.



Figura 109. Plantas en evaluación. **a.** Tratamiento 1 ($> -30,0 \leq -10,0$ KPa); **b.** Tratamiento 2 ($> -150 \leq -50$ KPa); **c.** Tratamiento 3 ($> -350 \leq -250$ KPa); **d.** Tratamiento 4 ($> -450 \leq -550$ KPa); **e.** Tratamiento 5 ($> -1.500 \leq -1.700$ KPa).

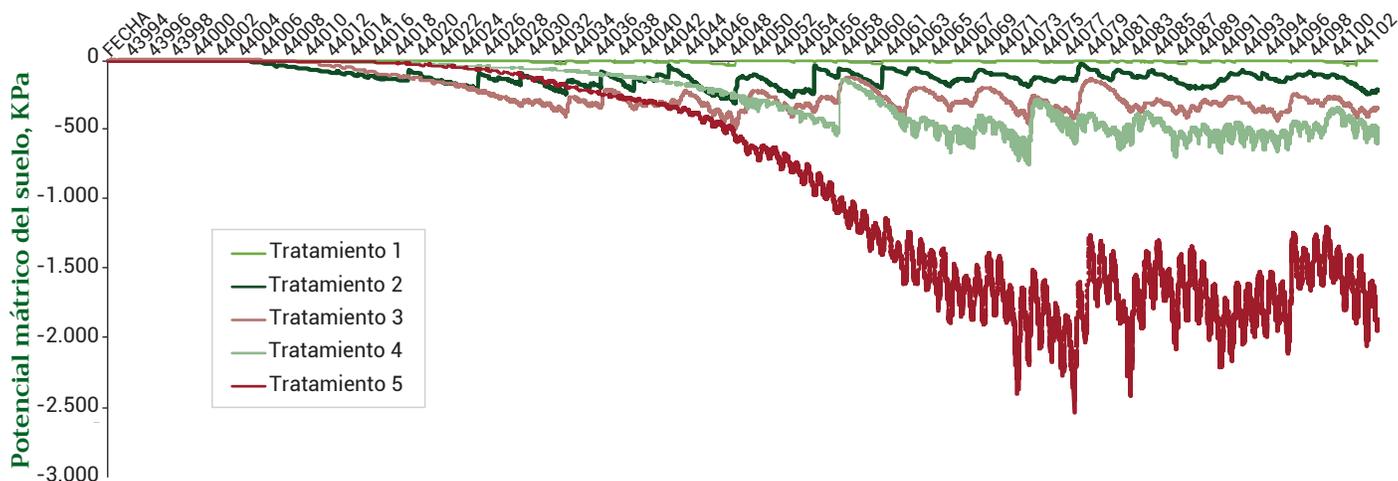


Figura 110. Potenciales mátricos del suelo cinco minutos para: Tratamiento 1 ($> -30,0 \leq -10,0$ KPa); Tratamiento 2 ($> -150 \leq -50$ KPa); Tratamiento 3 ($> -350 \leq -250$ KPa); Tratamiento 4 ($> -450 \leq -550$ KPa); Tratamiento 5 ($> -1.500 \leq -1.700$ KPa) (total de datos por curva 32.390).

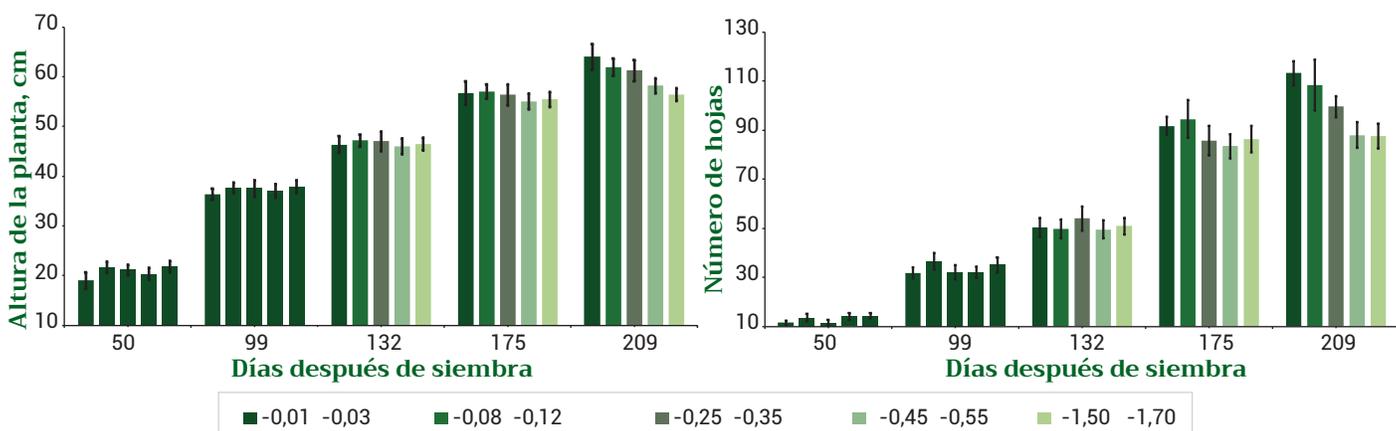


Figura 111. Respuesta de la planta de café a diferentes potenciales de humedad en el suelo, evaluado en altura de la planta y número de hojas.

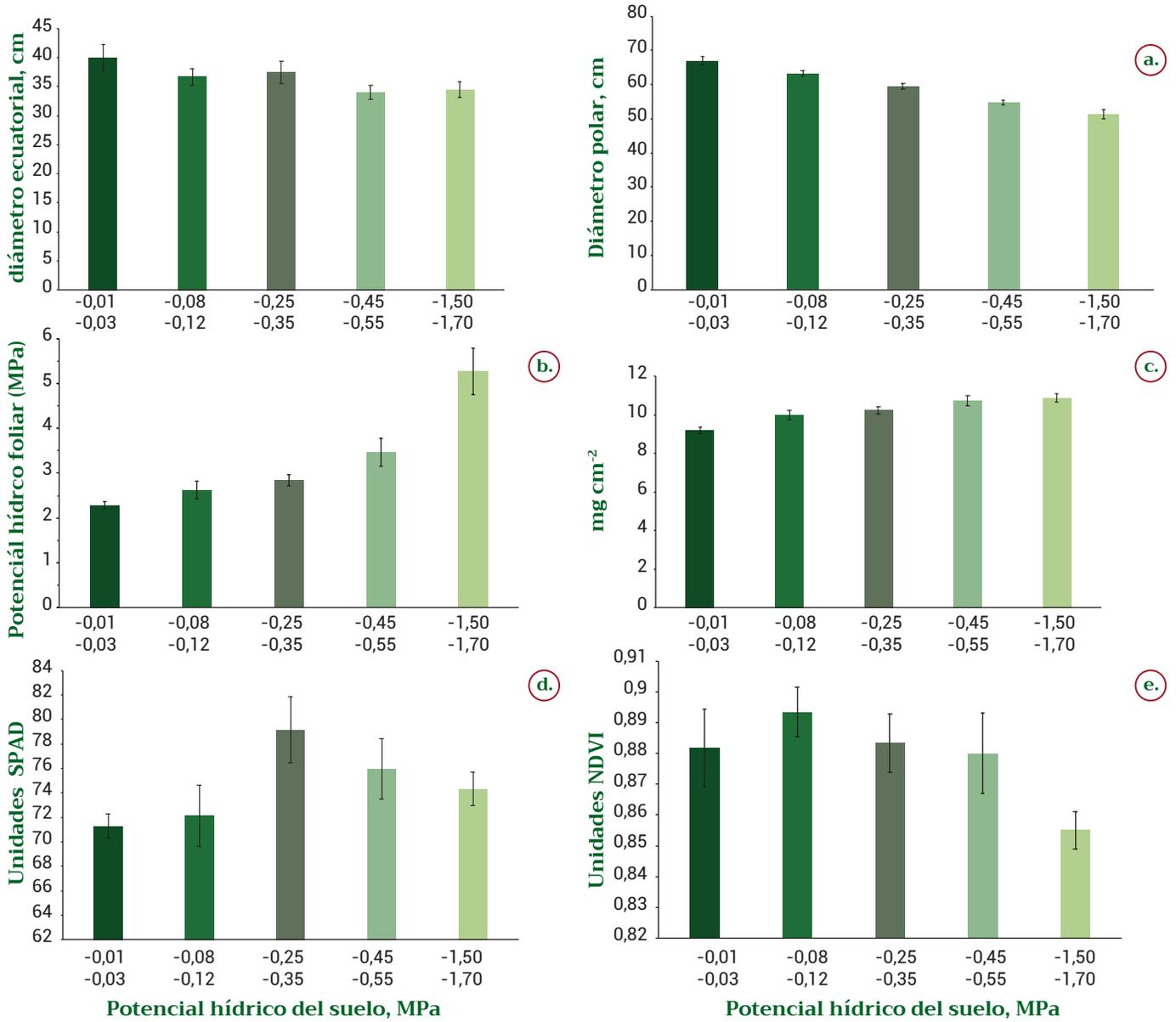


Figura 112. Respuesta de la planta de café a diferentes potenciales de humedad en el suelo, evaluado en: a) diámetros ecuatorial y polar; b) potencial hídrico en hoja; c) relación peso área en hojas; d) clorofila total; e) índice de vegetación de diferencia normalizada, en plantas de café 209 días después de trasplante y 77 días de aplicación de tratamientos.

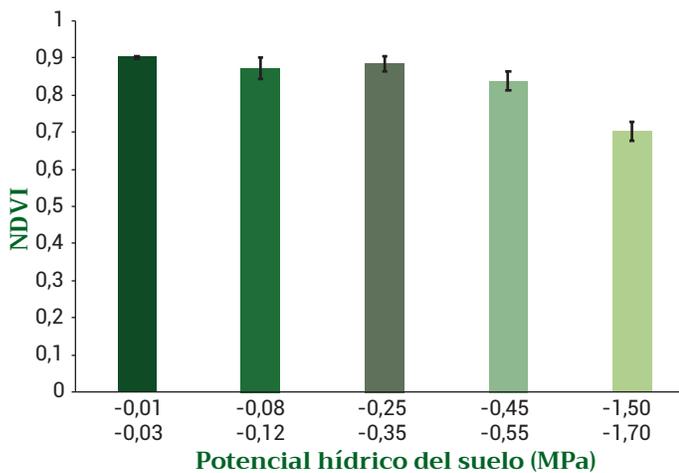


Figura 113. Valores de NDVI por sitio en plantas de café en etapa de establecimiento con diferente potencial hídrico en el suelo.

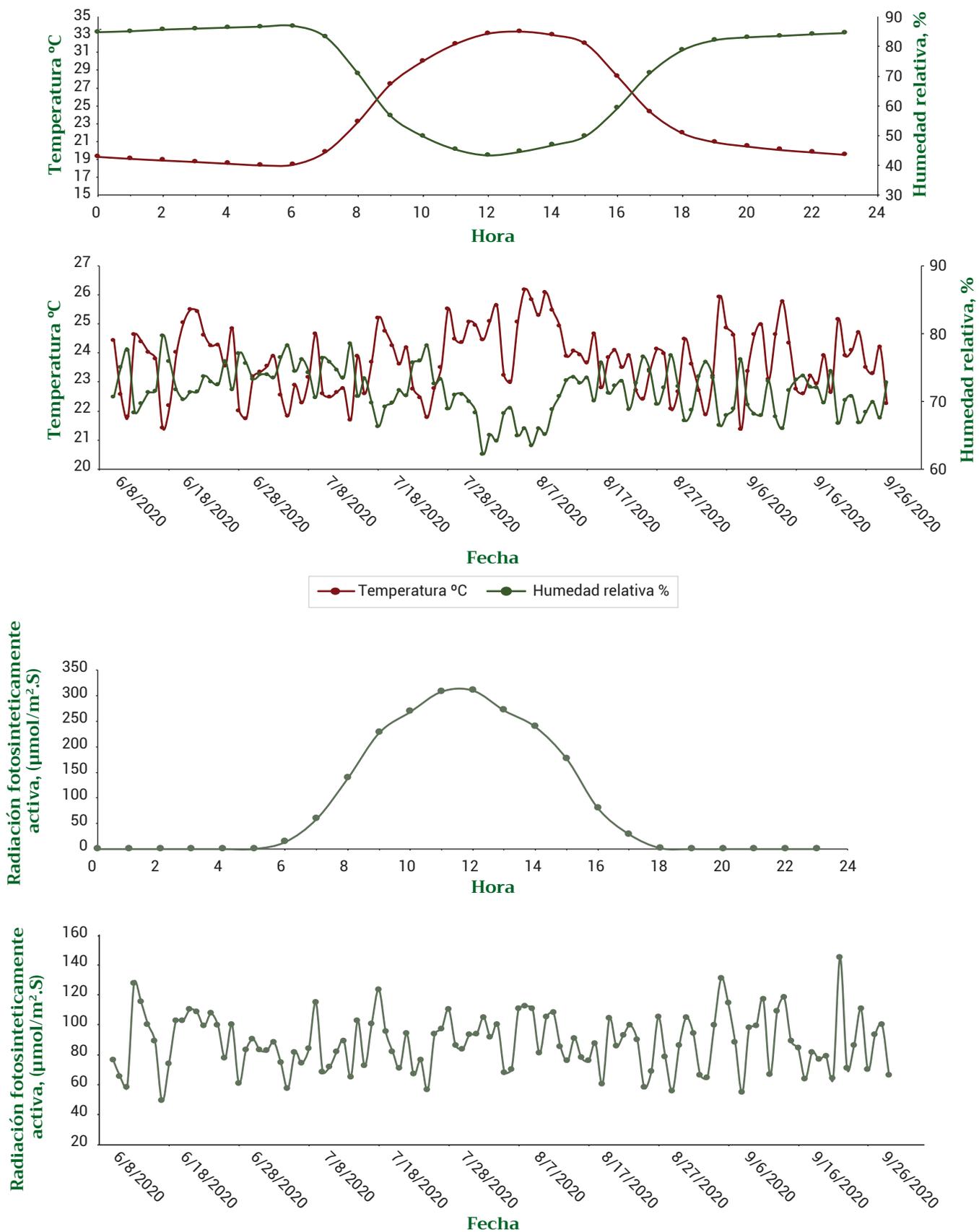


Figura 114. Valores promedio hora y día para las variables climáticas registradas en la casa de malla en la cual se encuentra establecido el experimento.

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

Con el objetivo de evaluar el efecto de los sistemas de riego por goteo y aspersión en la producción y calidad de café bajo sombra, desde agosto del año 2019 se inició un estudio en la hacienda El Roble, ubicada en municipio de Los Santos, departamento de Santander. En la vigencia se continuó con la medición diaria del potencial mátrico del suelo con tensiómetros Irrometer (Figura 115) y de precipitación tomada de la plataforma Agroclimática de Cenicafé. Se realizó la aleatorización de los lotes para la aplicación de los tratamientos y se hizo la evaluación del estado de los mismos, cada tratamiento quedó conformado por 850 plantas de variedad Castillo® General, plantado en abril de 2018, en un diseño de 1,4 x 1,2 m, para un total de 17 surcos por parcela de evaluación (Figura 116). En la última semana de enero se instaló un sistema de riego por goteo, conformado por un módulo (1 parcela) de 850 plantas, cada planta con dos goteros autocompensados con descarga de 4 L h⁻¹, ramales porta goteros en manguera de 16 mm, líneas primarias y secundarias con tubería de PVC de ½". Inicialmente se tomó la decisión de dejar la manguera destapada para realizar control a los goteros, pero en el mes de agosto se enterró la manguera a una profundidad de 12 cm y a cada gotero se le instaló una pequeña manguera para corroborar la salida de agua y realizar los aforos (Figura 117). También se tienen listos los sistemas de aspersión de ¾" de arco completo, marca Senninger referencia 3023-2, con un radio de aspersión de aproximadamente 12 m (aproximadamente 150 plantas), para un total de cuatro aspersores para la parcela y están en proceso de instalación los contadores de agua para cada módulo. A la fecha no se ha realizado la aplicación de los tratamientos porque la humedad del suelo a partir de la fecha de instalación de los sistemas no ha sobrepasado 40 KPa que es el potencial definido para la aplicación del riego (Figura 118).



Figura 115. Ubicación de los dos tensiómetros en las parcelas experimentales. **a.** Tensiómetro ubicado en la parcela 3. **b.** Tensiómetro ubicado en la parcela 1.



Figura 116. Lote experimental, hacienda El Roble, Mesa de Los Santos, Santander.



Figura 117. **a.** Entrada del sistema de riego al lote. **b.** Sistema de riego por goteo a una profundidad de 12 cm. **c.** Tubo de salida adaptado a los goteros.

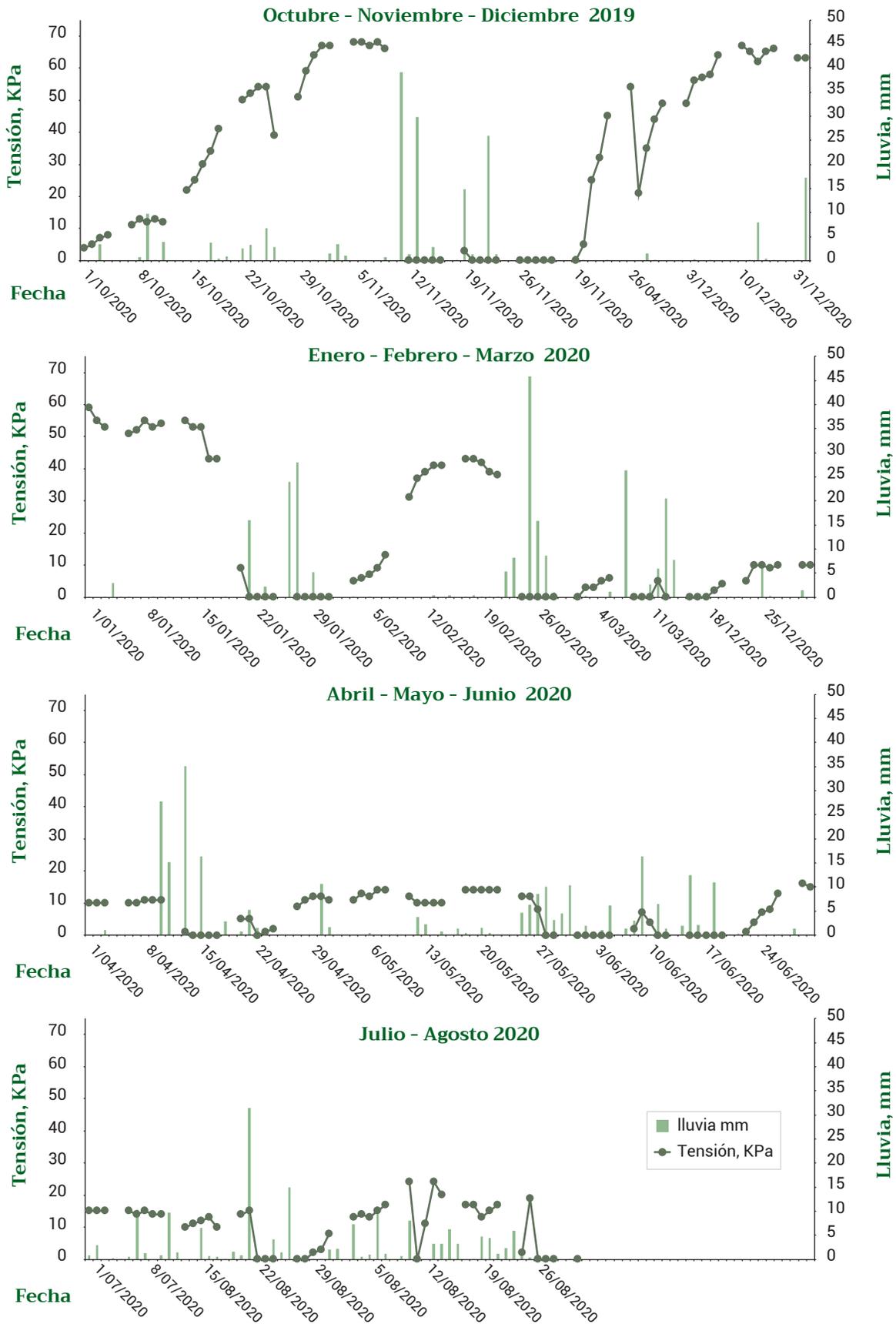


Figura 118. Registros diarios de humedad del suelo (tensión KPa) y lluvia, de octubre de 2019 a agosto de 2020. Lote experimental hacienda El Roble.

Disciplinas de apoyo a la investigación





Divulgación y Transferencia

Durante la vigencia del 1º de octubre de 2019 al 30 de septiembre de 2020 en Cenicafé se realizó la publicación de 11 **Avances Técnicos** en los siguientes temas:

- AT 495. Registro de la floración del café criterio alternativo para el control de la Roya del cafeto en Colombia
- AT 497. Interpretación de los resultados de análisis de suelo Soporte para una adecuada nutrición de cafetales
- AT. 499. La densidad de siembra del café en sistemas agroforestales
- AT 500. Recomendaciones para la renovación de café por medio de zocas y podas
- AT 501. Descripción de la estructura del dosel arbóreo al interior de un sistema agroforestal con café
- AT 502. Plataforma Agroclimática Cafetera agroclima.cenicafe.org
- AT 503. Fertilizantes minerales para café en Colombia Consideraciones técnicas
- AT 504. Extractos vegetales para el tratamiento de las aguas residuales del café
- AT 505. Extractos vegetales para el tratamiento de las aguas residuales del café
- AT 506. Fraccionamiento de la fertilización en el cultivo del café
- AT 507. Vulnerabilidad de la caficultura de Antioquia a la broca del café en diferentes eventos climáticos



También se publicó la **Revista Cenicafé** Volumen 70 No.2 de 2019 con ocho artículos científicos y Volumen 71 No. 1 de 2020 con seis artículos científicos, en los cuales se incluyeron los siguientes artículos:

Revista Cenicafé Volumen 70 No. 2 de 2019

- Determinación de trazas de pesticidas en la producción de café en Colombia.
- Efecto de dos inductores florales sobre la floración y producción de café.
- Efecto de mezclas y unidad del área del genotipo sobre el incremento progresivo de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br.
- Molecular evidence for *Wolbachia* infection in *Prorops nasuta* (Hymenoptera: Bethyridae), a parasitoid wasp of the coffee berry borer.
- Pérdidas potenciales de suelo por erosión hídrica en la región cafetera del departamento de Risaralda.
- Relaciones entre las concentraciones de compuestos químicos del café y las temperaturas de torrefacción.
- Uso potencial de *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: stratiomidae) para transformación de pulpa de café: aspectos biológicos.
- Validación del manejo integrado de *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) en el Huila, Colombia.

Revista Cenicafé Volumen 71 No. 1 de 2020

- Corrección de la acidez del suelo: Alteraciones químicas del suelo.
- Corrección de la acidez del suelo: Efectos en el crecimiento inicial del café.
- Estudio de los factores limitantes para la obtención de plantas haploides de *Coffea arabica*.
- La fertilización mineral como complemento a la fertilización con abono orgánico en el cultivo del café.
- Producción de café en respuesta al fraccionamiento de la fertilización.
- Resistencia genética a la Enfermedad de la Cereza del Café en variedades cultivadas en Colombia.

Este año se entregó el **Boletín Técnico** No. 43 "Cosecha con la Derribadora Selectiva de Café Brudden DSC18".

Adicionalmente, se publicó el **Informe Anual** de Cenicafé del 2019.

Se publicó el **Anuario Meteorológico Cafetero de 2019** y en la página www.cenicafe.org y Agroclima. Cenicafe.org se dispusieron los **Boletines Agrometeorológicos Cafeteros** No. 49 al 61, con la información climática y las recomendaciones técnicas para el cultivo del café, de acuerdo con cada zona cafetera del país.

Durante la vigencia se actualizó la **Aplicación** "Cenicafé: Manejo agronómico y fitosanitario"

y se desarrolló el App "Indicadores de rendimiento de mano de obra" (adecuación para sistema operativo IOS).

Para la Gerencia Técnica de la FNC se publicaron 43 **Volantes** sobre "Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad" y de cuidado del Covid en la finca cafetera, los cuales se encuentran disponibles en la página web de Cenicafé. Adicionalmente, se desarrollaron las **Cartillas** Café-fríjol y Café-maíz.

Se desarrollaron los siguientes **materiales de apoyo para Cenicafé**

- Campaña "Tú eres muy importante para Cenicafé"
- Apoyo campañas Talento Humano, SGI, Brigada, Copasst, Reserva y Biblioteca
- Vallas Estaciones Experimentales 2020

Capacitaciones

Dentro de las **capacitaciones** 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 dos **cursos intensivos de capacitación de los Extensionistas** de todo el país, en diciembre de 2019, en los cuales participaron 96 extensionistas, que recibieron 56 exposiciones orientadas por 30 investigadores, que abordaron 28 temas técnicos.

Entre octubre de 2019 y septiembre de 2020 se atendieron 52 actividades y visitas en Cenicafé a las cuales asistieron 1.232 personas aproximadamente, resaltando la visita de los 16 grupos de caficultores de diferentes partes del país, con la asistencia de aproximadamente 300 personas.

Dentro de las presentaciones de los investigadores se realizaron 15 **Conferencias** con más de 7.500 asistentes a través de YouTube, las cuales están disponibles en la página de Cenicafé en el enlace Multimedia, incluyendo los pdf de las preguntas y respuestas durante la conferencia. También se realizaron 20 **Seminarios Científicos** virtuales y cinco presenciales, para los cuales se realizaron las invitaciones que se enviaron a través de la página Cenicafé y demás redes sociales. También se realizó un día de campo virtual de café y frijol con la asistencia de 250 personas aproximadamente, y posterior a esta se realizó la capacitación de todo el Servicio de Extensión de la FNC.

Eventos. En octubre del 2019 se realizó la Feria de Cafés de Colombia, en la cual la Gerencia Técnica de la FNC participó con el stand "Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad", con una agenda temática sobre Producción de semilla de variedades resistentes a la roya del cafeto, Ciclos de renovación: Estrategia para la estabilización de la producción en la empresa cafetera, Registro de los costos de producción en las fincas cafeteras, Cosecha asistida del café con lonas y la derribadora, Beneficio del café - Ecomill LH300 y Calidad del café de Colombia con práctica

de catación. Adicionalmente, se realizaron dos actividades diarias con el Profesor Yarumo.

En diciembre del 2019, la Gerencia Técnica participó en el día de campo realizado en el marco del Precongreso Cafetero en las instalaciones de Almacafé Soacha, con cinco estaciones con las siguientes temáticas: Recolección: Clasificación hidráulica de frutos de café, Clasificación: Separación de frutos verdes de la masa cosechada, Fermentación: Proceso de Fermentación Monitoreada, Lavado: Control de Calidad en la Recolección del Café y Secado: Control de la humedad del café en el secado.

Distribución física de publicaciones impresas.

Durante la vigencia se entregaron los Avances Técnicos 495 y 497 al 501, la Revista Cenicafé 70-1 y 70-2 y el Anuario cafetero 2018. De estas publicaciones fueron entregados aproximadamente 40.000 ejemplares a los Comités de Cafeteros, Oficinas Coordinadores, escuelas rurales, FMM y Estaciones Experimentales.

Se realizó el envío de 5.000 volantes de períodos de carencia y 50.000 volantes del coronavirus, 140.000 volantes de Más Agronomía (14 referencias), 44.267 afiches de cuidados personales, 49.779 volantes del coronavirus y 44.389 volantes de aseo cuarteles. Los anteriores envíos fueron realizados a los Comités departamentales de Cafeteros y Oficinas Coordinadoras.

En total se enviaron más de 323.000 publicaciones a los caficultores y al Servicio de Extensión.

Como **estrategia web** para la **divulgación de las publicaciones y tecnologías de Cenicafé** y eventos de transferencia desarrollados en el Centro, en el Twitter de Cenicafé (@Cenicafe) se han publicado 264 Tweets, se pasó de 2.900 seguidores a cerca de 4.124, un aumento del 42% en los últimos seis meses. En la cuenta de Instagram (Cenicafe), se publicaron 25 mensajes con 2.445 seguidores.

Se enviaron más de 285.000 correos a los 27.000 suscriptores de la página www.cenicafe.org invitando a la consulta de las publicaciones, conferencias y seminarios disponibles en el portal, a través de los volantes digitales Tome Nota. En el canal de YouTube, Cenicafe FNC tiene 862 suscriptores, y están disponibles 42 videos técnicos.

La página de Cenicafé cuenta con un promedio de 9.000 usuarios activos mensuales, con la mayor actividad de consulta de lunes a viernes de 7:00 am a 6:00 pm, el 72,9% de los usuarios consultan desde su computador. Durante el último mes se registró la visita a más de 17.000 sesiones de la página, con una duración promedio de 4 minutos y medio, y la consulta aproximada de 4,4 páginas por sesión, lo que convierte a la página en un lugar de consulta técnica para los usuarios. El 83% de las personas que consultan la página son de Colombia.

Red de estaciones meteorológicas automáticas

Se ha continuado con la administración del servidor Loggernet, el monitoreo de la red meteorológica y el mantenimiento de estaciones (Figura 119).

Junto con el área de Mantenimiento y Servicios del Centro, se ha trabajado en la metrología de los sensores de la red de estaciones automáticas en velocidad del viento, contenido volumétrico de agua en el suelo, temperatura y humedad relativa del aire (Figura 120).

Tecnología de Información y Comunicaciones



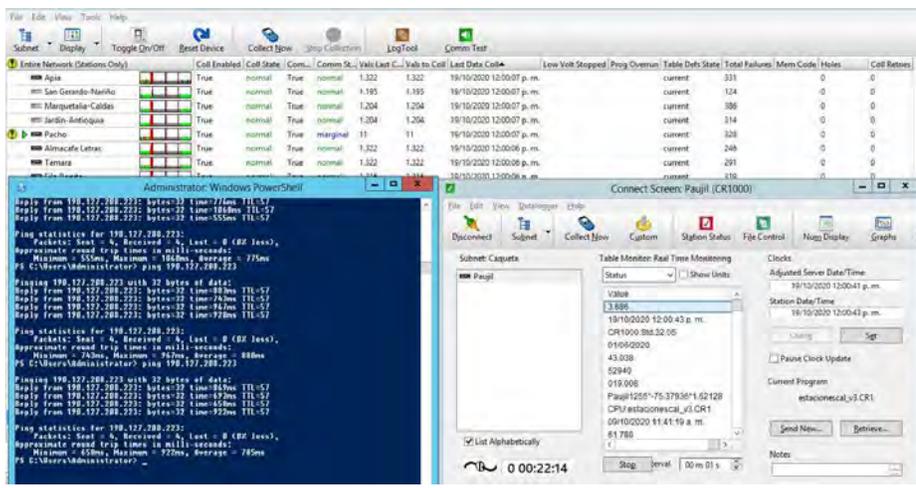


Figura 119. Ejemplo del monitoreo de las estaciones meteorológicas.

Otros trabajos han sido la automatización de predios hidrológicos, preprocesamiento de la información de la estación Eddy Covariance, y el desarrollo e instalación de la estación de potencial mátrico (Figura 121).

Desarrollo de aplicaciones para móviles.

Durante el período se trabajó en el desarrollo de aplicaciones para equipos móviles, entre las que están:

Monitoreo de la calidad en la poscosecha de café. En esta aplicación se ha plasmado el conocimiento experto de los investigadores de la Disciplina de Poscosecha; se espera finalizarla para el inicio del próximo período (Figura 122).

Indicadores de rendimiento de mano de obra. Esta aplicación se socializó en el Congreso Cafetero del año 2019, y le permite a los caficultores registrar y comparar más de 69 indicadores de rendimiento en las actividades en el cultivo del café, como una estrategia de la Gerencia Técnica de la Federación Nacional de Cafeteros para que los caficultores se acerquen a las nuevas tecnologías, comparen el desempeño de sus labores en la finca, orienten mejor la contratación de labores y procuren mejoras en la productividad de la mano de obra; se han realizado cerca de 2.000 descargas y está disponible en las tiendas de aplicaciones de Google Play y Apple (Figura 123).

Cenicafé: Manejo agronómico y fitosanitario. Es la versión actualizada de App "Plagas, Enfermedades y Nutrición", incluyendo en esta versión las arvenses, con mayores facilidades para el usuario de manejo de sus instalaciones. Se encuentra disponible en las tiendas de Apple® y Google Play® desde el 16 de julio de 2020 (Figura 124).



Figura 120. Estación climática automática.

FNC Te cuida. Se desarrolló como respuesta a la necesidad de registrar el estado de salud diario de los empleados y contratistas que ingresan a las instalaciones de Cenicafé. No fue posible su publicación en las tiendas de Apple® ni Google Play® debido a que las aplicaciones que tienen que ver con la COVID-19 deben tener el respaldo de una organización gubernamental de salud. Actualmente se usa la versión web para el registro diario de salud de los empleados de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Almacafé y contratistas (Figura 125).

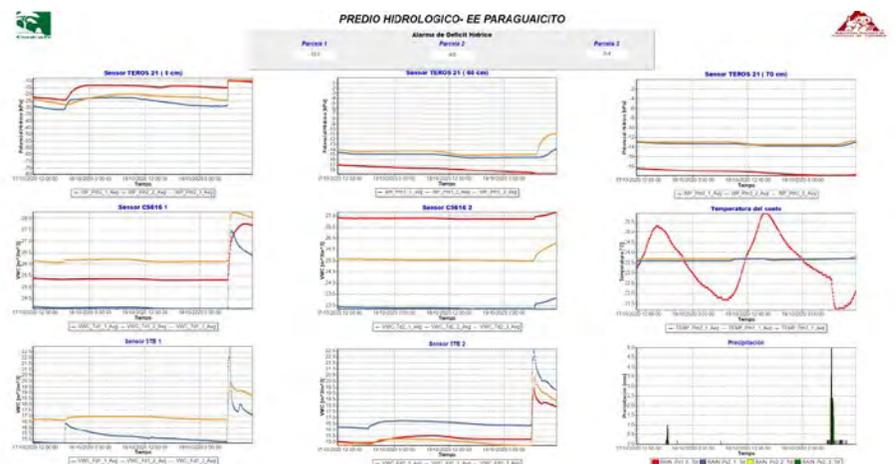


Figura 121. Ejemplo de la automatización de predios hidrológicos.



Figura 122. Aplicación móvil sobre Monitoreo de la calidad en la poscosecha de café.



Figura 123. Aplicación móvil sobre Indicadores de rendimiento de mano de obra.



Figura 124. Aplicación móvil sobre Manejo agronómico y fitosanitario.



Figura 125. Aplicación móvil FNC Te cuida.

Migración del SIGA.

El Sistema de Información y Gestión Administrativa de Investigaciones (SIGA) es el sistema que permite llevar a cabo el seguimiento a las investigaciones del Centro. También aloja otro tipo de información para la Institucionalidad.

El SIGA se está migrando con el fin de integrar todos los sistemas del Cenicafé bajo una misma plataforma y robusta. La plataforma seleccionada es Liferay, uno de los líderes en las encuestas de Gartner Group en el nicho *Digital Experience*.

Finalmente, todos los sistemas de Cenicafé que apliquen estarán bajo Liferay. Otros más específicos utilizarán sistemas específicos como aquellos del Centro de Documentación.

Se ha adelantado la migración de los siguientes módulos:

- Administración de sustancias químicas (Figura 126).

- Compra de sustancias químicas.
- Sustancias químicas controladas.
- Sustancias químicas de cada investigador.
- Iniciativas de Investigación.
- Gestión de iniciativas de investigación.
- Iniciativas históricas.

Geoportales

Se hizo entrega del Geoportal dentro del proyecto de Ciencia, Tecnología e Innovación en el cultivo del café, con recursos del Sistema General de Regalías Huila, y se está trabajando en los geoportales de Vulnerabilidad de Broca y el del Atlas Cafetero (Figura 127). Se está montando la infraestructura para que pueda incorporarse el mismo tipo de información perteneciente a otros departamentos cafeteros.

Centro de documentación

Se dio inicio una estrategia enfocada en un cambio tecnológico para dar mayor visibilidad a las publicaciones de Cenicafé en conjunto con el acervo bibliográfico y documental del Centro de Investigación, fundamentada bajo cinco pilares dando solución al objetivo de fortalecer el Centro de Documentación de Cenicafé mediante herramientas tecnológicas y técnicas que permitan mejorar los servicios de búsqueda y recuperación de información en conjunto con la debida conservación y divulgación del patrimonio bibliográfico físico y digital.

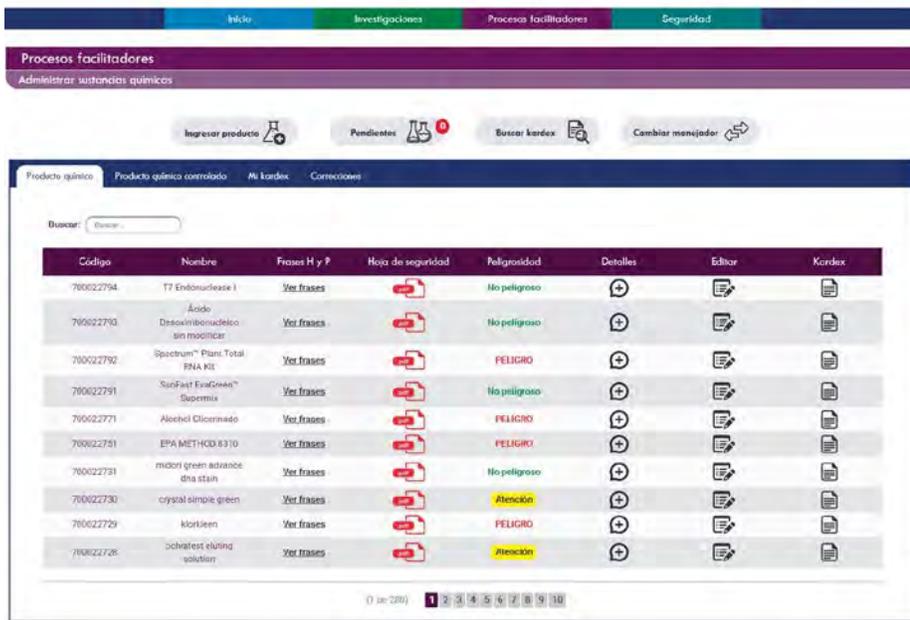


Figura 126. Ejemplo de administración de sustancias químicas en SIGA.



Figura 127. Avance de Geoportál de Atlas Cafetero.

Recuperación de colecciones con la catalogación de 2.605 títulos nuevos sin registrar y material que estaba en préstamo sin registrar y el mejoramiento de las condiciones de conservación del material bibliográfico y documental, a través de la preparación de 80.000 etiquetas para marcar todo el material de la biblioteca y carpetas cuatro aletas y cajas de archivo, lo cual permitirá obtener control y visibilizar todo el material existente (Figura 128).

Implementación del catálogo en línea OPAC a través de la plataforma KOHA (*Software Open Source*) (<http://catalogo.cenicafe.org/>) para ofrecer un catálogo de acceso abierto que permita realizar el préstamo de material a investigadores y divulgación del material que tiene la biblioteca.

Actualización de DSpace de la versión 4.2 a la 6.3 (Software Open Source) que aloja el Repositorio Digital de Cenicafé y la revisión del modelo de metadatos del software para obtener una propuesta acorde a las directrices para repositorios institucionales de investigación de la Red Colombiana de Información Científica lanzada en enero de 2020 (Figura 129).

Espacio para el acceso de las publicaciones seriadas de Cenicafé a través de la implementación del Open Journal System-OJS (Software Open Source) (Figura 130), el cual reemplazará la página de publicaciones del portal de Cenicafé (https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones). El proyecto de OJS ya finalizó la etapa de diseño y parametrización. Paulatinamente se estarán cargando los metadatos de las publicaciones como: Ajuste en nombres de autor, títulos de la publicación, resumen, palabras claves, referencias, asignación del DOI para las publicaciones y el ingreso del ORCID para los investigadores.

En cuanto a los servicios, se llevaron a cabo los siguientes:

- Implementación de las Normas APA Séptima Edición (2020) dentro de todas las publicaciones del Centro.
- Capacitación en Zotero un software de asistencia en citaciones, para los investigadores de Cenicafé.
- Implementación del ORCID que es un identificador persistente único a nivel mundial para uso por los investigadores del Centro.
- Implementación del DOI que es un identificador persistente único de un objeto digital (Artículo científico,

- Avance Técnico, Boletín Técnico, Informe Anual, Capítulo de libro) a nivel mundial.
- Licenciamiento y capacitación en la plataforma URKUND, para la revisión de los productos de investigación en similitud de texto y verificación de contenido (Anti-plagio).
- Capacitación en VOSviewer para los investigadores del Centro, el cual es un software para construir la visualización de redes bibliométricas, la cual genera visualización por artículos, investigadores, publicaciones individuales, cocitación, relaciones de coautoría y palabras clave.



Figura 128. Proceso de catalogación y recuperación de material bibliográfico.

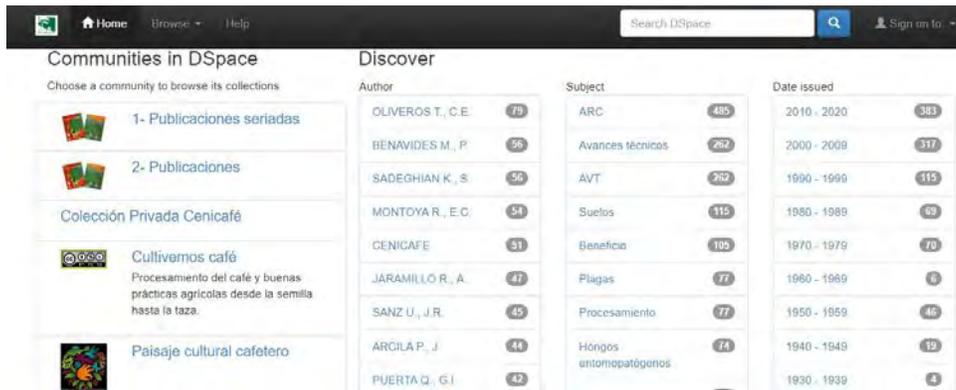


Figura 129. Actualización del Repositorio Digital de Cenicafé.



Figura 130. Nuevo espacio para el acceso y publicación de las publicaciones seriadas de Cenicafé.

Recursos humanos y financieros





Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

Cenicafé

Centro Nacional de Investigaciones de Café



Unidad Administrativa y Financiera

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

En 2020, este presupuesto asciende a \$31.501 millones, que corresponden a \$23.171 millones de recursos transferidos por la FNC, \$3.830 millones por aprovechamientos y \$4.500 millones por concepto de convenios de cofinanciación con entidades públicas y privadas, nacionales e internacionales.

Presupuesto de Recursos Propios

En 2020 se contó con un presupuesto de \$27.001 millones, de los cuales, \$23.171 millones son recursos transferidos por la FNC y \$3.830 millones son ingresos por aprovechamientos, incluidos \$3.149 millones por venta de semilla a los Comités de Cafeteros, los cuales financian los gastos del mismo programa. Los recursos para la nómina fija, son los que mayor participación tienen en el presupuesto de Cenicafé (Figura 132).

Convenios de Cofinanciación

En el año 2020, han estado vigentes 11 convenios, suscritos con entidades externas, por \$4.500 millones, de los cuales \$348 millones se encuentran en proceso de formulación y gestión, y que se controlan a través de contabilidad independiente.



Administración y depuración de activos fijos

A septiembre 30 de 2020 Cenicafé cuenta con 5.657 bienes, adquiridos con recursos propios, de convenios y del Fondo Nacional del Café. En el período se procesaron 62 bajas de bienes.

Gestionar Talento Humano

La Gestión del Talento Humano en Cenicafé comprende la Selección, Contratación, Inducción, Desarrollo, Gestión de Seguridad y Salud, Administración de Servicios y Desvinculación de Trabajadores. Al cierre del período, se contaba con 191 colaboradores en las Disciplinas de Investigación y Apoyo del Centro (65% de hombres y 35% de mujeres).

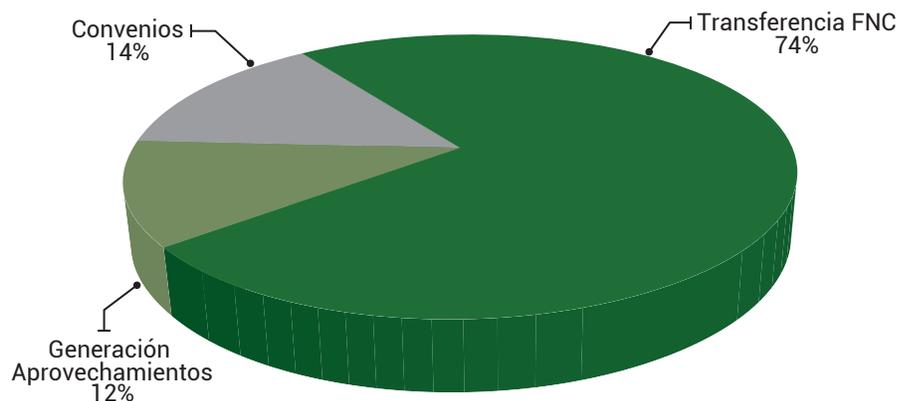


Figura 131. Composición del presupuesto total de Cenicafé 2020.

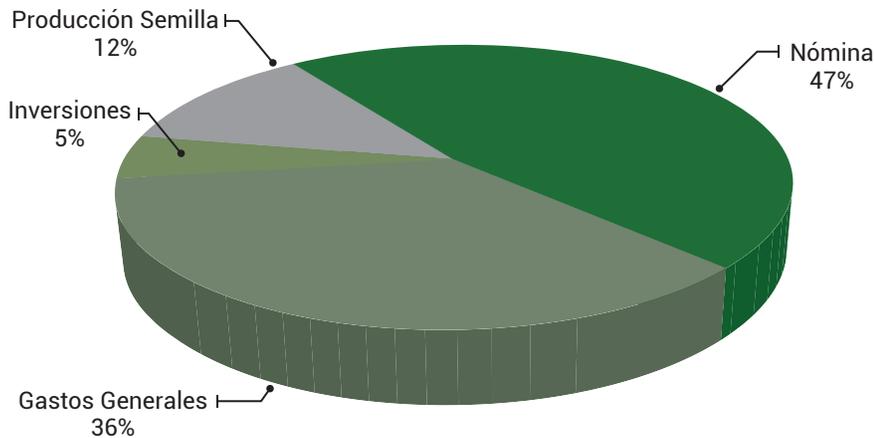


Figura 132. Presupuesto de recursos propios por concepto.

Tabla 62. Convenios Nacionales e Internacionales

Entidades Nacionales	Convenios	Millones \$	% Total
Sgr Huila	1	1.954	43,4%
Bayer S.A.	1	13	0,3%
Nexentia S.A.S	1	95	2,1%
Fidu. Previsora	1	96	2,1%
Convenios nacionales	4	2.158	48,0%
Entidades Internacionales	Convenios	Millones \$	% Total
USDA	2	727	16,2%
Bayer Ag	1	543	12,1%
York Potash Ltd	1	204	4,5%
Mitsui & Co. Ltd.	1	344	7,6%
Nc State University	1	86	1,9%
Icgeb	1	90	2,0%
En Formulación		348	7,7%
Convenios internacionales	7	2.342	52,0%
Total	11	4.500	100%

Tabla 63. Activos de Cenicafé del año 2020.

Concepto	Centros de Beneficio					Total
	Ofic. Central FON1	Ofic. Central FON2	Cenicafé FON1	Cenicafé Convenios	MADR	
Total Activos Fijos	85	202	4.084	317	969	5.657

Formación del personal de nómina de Cenicafé

El 63% de los colaboradores del Centro cuenta con formación superior y de éstos, el 66% tiene formación posgradual.

Comisiones de trabajo

En el período se realizaron 813 comisiones de trabajo (1.973) días. En el segundo y tercer trimestre del año 2020, se tuvo una disminución del 83,3% en las comisiones de trabajo y del 95,6% en el valor de las mismas, comparado con el mismo período del año 2019, debido a las restricciones que se generaron en las Dependencias a causa de la pandemia Covid-19.

Seguridad y Salud en el Trabajo

Con el apoyo de la ARL y como respuesta a la emergencia generada por la COVID-19, Cenicafé realizó el Plan de Contingencia, con el objetivo de evitar la propagación del virus entre los empleados de Cenicafé y demás partes interesadas; se implementaron protocolos de bioseguridad, procedimientos, campañas y, con el área de TIC, en la plataforma SIGA se estableció una encuesta para el seguimiento diario del estado de salud de todos los trabajadores, entre otras actividades.

Gestionar Bienes y Servicios

Compras y Contratación

En este período se tramitaron 2.660 órdenes de compra, con un total de 8.629 posiciones, por valor de \$14.491 millones, correspondientes a negociaciones con 505 proveedores, con lo cual se suministraron en forma oportuna los bienes y servicios requeridos.

Tabla 64. Formación del personal nómina.

Nivel Académico	No. Personas	No. Personas	% variación
	Sept. 2019	Sept. 2020	
Doctorado	19	19	0
Maestría	39	40	2,6
Especialización	22	20	-9,1
Pregrado	44	41	-6,8
Técnicos/tecnólogos	29	28	-3,4
Bachiller/primaria	52	43	-17,3
Total	205	191	-6,8

Gestión de Proveedores y Contratación

Se realizó la evaluación a 196 proveedores que en 2019 suministraron bienes o servicios de alto impacto para los procesos, y se realizó la posterior retroalimentación sobre los resultados. El promedio de calificación fue de 4,6% y el 98,9% de ellos está dentro del rango de proveedores o contratistas altamente confiables.

Con el apoyo del área de Gestión del Riesgo se gestionó la actualización de documentos legales y la consulta en las Listas Públicas de Control, de 487 proveedores.

Se gestionaron 227 procesos precontractuales, para la generación de órdenes de compra o servicios y 64 procesos contractuales, mantenimiento y servicios.

Servicios de mantenimiento

El área de mantenimiento apoya el proceso Desarrollar Investigación Científica y Tecnológica gestionando los requerimientos de las diferentes Disciplinas y asegurando el correcto funcionamiento de los

Tabla 65. Mantenimiento infraestructura por Disciplina.

Área	Mantenimiento interno	Mantenimiento externo	Valor (\$)
ACL	5	1	\$ 1.436.925
BSC	7	1	\$ 866.915
Áreas Comunes	57	62	\$ 269.773.862
CAL	17	3	\$ 39.946.469
CNT	5	0	\$ -
DIR	14	3	\$ 9.001.367
DIV	15	6	\$ 14.641.704
ENT	49	4	\$ 6.127.772
EXP	33	27	\$ 137.589.384
FIS	13	0	\$ -
FIT	2	1	\$ 121.794
MEG	34	4	\$ 1.631.979
PAT	16	3	\$ 7.218.097
PFP	1	0	\$ -
POS	24	19	\$ 75.985.295
SUE	27	0	\$ -
TAL	2	1	\$ 295.120
TIC	9	0	\$ -
UAF	1	3	\$ 5.333.612
Total general	331	138	\$ 569.970.295

equipos, parque automotor, red climática e infraestructura.

Los servicios prestados a la infraestructura fueron gestionados teniendo como base la conservación de las edificaciones de Cenicafé y las necesidades de las diferentes disciplinas de investigación. A continuación, se muestran las adecuaciones de infraestructura ejecutadas y las obras de mayor relevancia (Tabla 65).

Adecuaciones de Infraestructura

- Instalación de líneas de vida en edificios 2 y 3
- Construcción del muro perimetral en la Estación Naranjal
- Estabilización del talud en la vía Planalto – La Granja
- Cambio de la cubierta y pisos en el beneficiadero de café
- Adecuaciones de los laboratorios de Biocafé Naranjal
- Cambio del piso en el auditorio de Cenicafé
- Instalación de un sistema solar fotovoltaico en La Granja

Mantenimiento equipos

A continuación, se describen los equipos a los cuales se les realizó mantenimiento (Tabla 66).

Red climática cafetera

Se realizaron visitas para el mantenimiento y registro de datos de las estaciones, principalmente en municipios cercanos, cumpliendo los protocolos de bioseguridad y se desmontaron diez estaciones climáticas (Tabla 67).

Tabla 66. Mantenimiento equipos priorizados para investigación.

Área	Mantenimiento interno	Mantenimiento externo	Valor (\$)
ACL	1	5	\$ 27.331.350
BSC	6	13	\$ 1.874.951
BSM	23	218	\$ 256.040.442
CAL	35	39	\$ 27.704.361
DIR	1	5	\$ 427.100
DIV	6	14	\$ 6.547.701
ENT	34	46	\$ 16.926.379
EXP	56	35	\$ 26.829.654
FIS	28	37	\$ 67.120.124
FIT	0	1	\$ 1.007.930
MEG	111	64	\$ 43.482.036
PAT	69	58	\$ 33.860.584
PFP	0	2	\$ 200.022
POS	29	42	\$ 22.883.392
SUE	55	20	\$ 16.634.481
TAL	1	3	\$ 300.000
TES	0	1	\$ 100.000
TIC	3	15	\$ 3.967.750
UAF	0	8	\$ 807.088
Total general	458	626	\$ 554.045.345

Tabla 67. Estaciones red climática visitadas.

Tipo Estación	Visitas
Convencional Principal	28
Cuenca	7
GIA	24
Heliopluiográfica	4
Ordinaria	39
Pluiográfica	4
Pluiográfica 1	2
Pluiométrica	25
Principal	44
Total general	177

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Gerencia Técnica

Programa de Investigación Científica

Centro Nacional de Investigaciones de Café "Pedro Uribe Mejía"

DIRECCIÓN

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo, Ph.D.

Diana Marcela Buitrago R., Lic. Biología y Química, Administradora de Empresas, Esp.

DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN

Calidad

Valentina Osorio P., Ing. Alimentos, Esp.

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

Claudia Patricia Gallego A., Bacterióloga

Luz Fanny Echeverry G., Química

Claudia Rocío Gómez P., Tecnóloga Química

Alexis Urriago Y., Técnico en Producción Agrícola

Paola Andrea Calderón T., Tecnólogo en Producción

Agropecuaria Ecológica

Biometría

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

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

Hernando García O., Ing. Agroforestal

Luis Carlos Imbachi Q., Estadístico

Economía Agrícola

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

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

Fisiología Vegetal

José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.

Aristóteles Ortiz, Químico, M.Sc.

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

Natalia Catalina Flechas B., Bióloga

Marta Bibiana Escobar P., Tecnóloga Química

Claudia Patricia Valencia V. Técnico en producción de café

Claudia Marcela Mora A.

Mario Franco A.

Juan David Osorio G., Pasante Universitario

Suelos

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

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

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

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

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

Vanessa Catalina Díaz P., Química, Esp

Eliana Gómez A., Tecnóloga Química

Arturo Gómez V.

Jaroliver Cardona G.

Fitotecnia

José Raúl Rendón S., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Francisco Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Santiago Jaramillo C., Ing. Agrónomo, M.Sc.

Andrés Felipe León B., Ing. Agrónomo

Cristian Salomón Rodríguez V., Ing. Agrónomo

Alexander Jaramillo J.

Mejoramiento Genético

Claudia Patricia Flórez R., Ing. Agrónomo, Ph.D.
 Diana María Molina V., Bacterióloga, Ph.D.
 Carlos Ernesto Maldonado L., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Juan Carlos Arias S., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Hernando A. Cortina G., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Julio Quiroga C., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Luisa Fernanda López M., Ing. Agrónomo
 Carlos Augusto Ramírez C., Admin. de Empresas Agropecuarias
 Carlos Augusto Vera A., Administrador Financiero
 Jairo Jaramillo O., Ing. Mecatrónico
 Marlio Fernando Abella D., Agrónomo
 Mauricio Jiménez S., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Gilbert Rodríguez Q., Técnico Profesional en Desarrollo de Producción Pecuaria
 Jhon Esteban Quintero A., Técnico en Producción de Café
 Hernán Díaz C.
 Cruz Elena Díaz M.
 Omar Villarreal

Entomología

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo, Ph.D.
 Carmenza E. Góngora B., Microbióloga, Ph.D.
 Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo, Ph.D.
 Marisol Giraldo J., Ing. Agrónomo, Ph.D.
 Lucio Navarro E., Biólogo, Ph.D.
 Luis Miguel Constantino C., Biólogo Entomólogo, M.Sc.
 Aníbal Arcila M., Ing. Agrónomo
 Mauricio Jiménez Q., Agrónomo
 Jesús Hernando Gómez L., Biólogo
 Juan Diego Maldonado C., Biólogo
 Ferney López F., Ing. Agrónomo
 Laura Alexandra Laiton J., Ing. Agrónomo
 Diana Soraya Rodríguez A., Técnico en Producción de Café
 Luis Eduardo Escobar S., Tecnólogo en Gestión Agropecuaria
 Carlos Alberto Quintero A.
 Claudia Bibiana Tabares B.
 Faber de Los Ríos P.
 Diana Marcela Giraldo V.
 José Robín García C.
 Gloria Patricia Naranjo E.
 Luz Andrea Carmona V., Pasante
 Paula Andrea Figueroa V., Pasante

Agroclimatología

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

Fitopatología

Carlos Ariel Ángel C., Ing. Agrónomo, Ph.D.
 Rosa Lilia Ferrucho, Ing. Agrónoma, Ph.D.
 Lina María del Mar Escobar T., Bióloga, Ph.D.
 Nancy del Carmen Arciniegas B., Ing. Agrónoma, M.Sc.
 Gustavo Adolfo Marín R. Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo, M.Sc.
 Isabel Cristina Ramírez P., Ing. Agrónomo
 Carlos Alberto Zuluaga E., Técnico en Mantenimiento de Computadores y Redes de datos.
 Carlos Arturo González V.
 Jorge Dicksson Ocampo M.
 María Paula Trujillo B., Pasante
 Angy Paola Cardona Ríos., Aprendiz

Poscosecha

Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico, M.Sc., Ph.D.
 Nelson Rodríguez V., Ing. Químico, Ph.D.
 Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos, M.Sc., Ph.D.
 César Augusto Ramírez G., Arquitecto, M.Sc.
 Juan Carlos López N., Microbiólogo, M.Sc.
 Álvaro Guerrero A., Ing. Electrónico/Electricista, M.Sc.
 Laura Vanessa Quintero Y., Ing. Química, M.Sc.
 Carlos Alfonso Tibaduiza V., Ing. Agrícola, M.Sc.
 Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
 Ricardo José Grisales M., Tecnólogo en Electrónica
 Jorge Alexander Londoño C., Técnico en Soldadura
 Mario Espinosa G.
 Javier Velásquez H.
 Samuel Castañeda
 Juan Carlos Ortiz F.
 María Valentina Restrepo R., Pasante
 Juliana Correa Q, Aprendiz

EXPERIMENTACIÓN

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

Estación Experimental Naranjal

Jhon Félix Trejos P., Ing. Agrónomo
 Melsar Danilo Santamaría B., Ing. de Alimentos
 Tito Alberto Ramírez S.
 Carlos Yohanny Cardona Z., Aprendiz

Estación Experimental El Tambo

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

Estación Experimental El Rosario

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

Estación Experimental La Catalina

Héctor Flabio Álvarez A., Ing. Agrónomo

Estación Experimental La Trinidad

Myriam Cañón H., Ing. Agrónomo M.Sc.

Estación Experimental Paraguaicito

Daniel Antonio Franco C., Agrónomo

Estación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Estación Experimental San Antonio

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

APOYO A LA INVESTIGACIÓN**Divulgación y Transferencia**

Sandra Milena Marín L., Ing. Agrónoma, Esp., M.Sc.

Jair Montoya T., Administrador de Empresas, M.Sc.

Carmenza Bacca R., Diseñadora Visual

Óscar Jaime Loaiza E., Diseñador Visual

Luz Adriana Álvarez M., Diseñadora Visual

Paula Andrea Salgado V., Administrador Financiero

Tecnología de la Información y Comunicaciones

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico

Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas, Esp.

Miguel Alfonso Castiblanco C., Bibliotecólogo, Ing. de Sistemas, Esp.

Elkin Marcelo Valencia L., Ing. de Sistemas, Esp.

Daniel Orozco J., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, Esp.

Leonardo Adolfo Velásquez N., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, Esp.

Kevin Adolfo Hincapié V., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, Esp.

Andrés Felipe Ramírez M., Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones, Esp.

Audberto Quiroga M., Biólogo, Esp.

Juan Camilo Espinosa O., Ing. Topográfico, Esp.

Juan Pablo Carvajal B., Ing. Electrónico

Andrés Felipe Arias López., Aprendiz

UNIDAD ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA

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

Rufina Perdomo G.

Nancy Elena Pérez M., Contador

Gestión Contable y Tributaria

Martha Elena Vélez H., Contadora, Esp.

Daniela López O., Contadora, Esp.

Jorge Eduardo Dávila M., Contador Público, Esp.

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

Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público

Andrés Felipe Mejía Henao., Técnico laboral por competencias en gestión administrativa

Viviana Grajales V., Pasante

Gestión de Bienes y Servicios - Compras y Contratación

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

Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial

Carolina Correa M., Profesional en Negocios Internacionales

Diego Alejandro Muñoz G., Economista

Lina María Giraldo, Administrador Financiero

Luz Stella Duque C., Tecnóloga en Administración de Negocios

Jesús Alberto Vergara T., Técnico en Sistemas

Gabriel Antonio Melo P.

Johana Betancur M., Aprendiz

Gestión de Bienes y Servicios - Mantenimiento

Paulo Alejandro Arias C., Ing. Electricista, Esp.

Cristian Andrés Chica G., Ing. Mecatrónico

María Alejandra López R., Ing. Mecatrónica

Robinson Guzmán G., Técnico Electricista

Jorge Hernán Marulanda E., Tecnólogo en Electrónica

Albert Johanne Agudelo L., Tecnólogo en Electrónica

Gabriel Hernando Ortiz C., Tecnólogo en Gestión Bancaria y Financiera

José Gildardo Aguirre O., Tecnólogo en Mantenimiento eléctrico industrial

Mauricio Londoño V., Tecnólogo en Mantenimiento Eléctrico Industrial

Uriel López P.

Fredy Hernán Osorio C.

Jhon Fredy Rojo G.

Jorge Eduardo Sepúlveda V.

Jorge Antonio Arias A.

Carlos Andrés Hernández G.

Fabián Sánchez L.

Mario López L.

Gestión de Tesorería

Jesús Danilo González O., Contador, Esp.

Gestión del Talento Humano

Érica Mayerly Galvis R., Trabajadora Social, M.Sc.

Elsa Natalia Quintero C., Profesional en Salud Ocupacional, M.Sc.

Germán Uriel Granada, Administrador de Empresas, Esp.

Luz Yaneth Guarín C., Tecnóloga en Administración de Negocios

Planeación Financiera y Presupuesto

Jesús Alberto Cardona L., Ing. Industrial, M.Sc., PMP®
Valentina Sepúlveda C., Ingeniera Industrial, Esp., PMP®
Juan Manuel Meza S., Administrador de empresas, M.Sc.
Ángelo Quintero R., Contador Público
Lina Marcela Patiño G., Administradora de Empresas
Cindy Yohanna Salazar V., Técnica en Administración



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

www.cenicafe.org