

Fitopatología



Este informe detalla los proyectos relacionados con el desarrollo de estrategias para el manejo de las enfermedades del café. Un hallazgo importante fue la primera identificación oficial de la bacteria *Xylella fastidiosa* en cafetos asintomáticos por el ICA. Estamos atentos en Cenicafé para continuar el desarrollo de esta bacteria, pero hasta la fecha no se han detectado plantas con síntomas de enfermedad.

En cuanto a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), la incidencia nacional es del 6,4% sin registro de epidemias, pero se presentan brotes localizados. Si bien las variedades mejoradas con alta resistencia (87% de los cultivos en Colombia) siguen siendo la principal estrategia de control, esto ha impulsado la evolución del patógeno, con aproximadamente 50 razas fisiológicas identificadas, 20 de ellas en Colombia. Existe una necesidad urgente de validar fungicidas nuevos y seguros, especialmente con las regulaciones de la Unión Europea (UE) que restringen muchos productos existentes. Varios fungicidas, como Elatus®, Eminent® Excell y Sphere® Max SC 535®, fueron validados y controlaron eficazmente la roya, protegiendo la producción. Se recomienda su aplicación rotando diferentes fungicidas. También se han iniciado ensayos para la aplicación de estos fungicidas con drones.

La investigación genómica ha producido un ensamblaje genómico de alta calidad y de referencia para *H. vastatrix*, que revela 18 cromosomas por núcleo. Este recurso es crucial para comprender su virulencia y estructura poblacional.

Para la enfermedad cuarentenaria de las cerezas del café (CBD) ocasionada por el hongo *Colletotrichum kahawa*, ausente en Colombia pero una amenaza de alto riesgo, se están evaluando 35 productos químicos y biológicos in vitro para desarrollar herramientas de manejo preventivas. Se están utilizando aislamientos de otras especies de *Colletotrichum* obtenidos en cultivos de café en Colombia.

Finalmente, se inició un proyecto colaborativo con World Coffee Research y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para identificar nuevos genes de resistencia a la roya y desarrollar marcadores moleculares para facilitar el mejoramiento de nuevas variedades de *C. arabica* con resistencia durable a la roya.

Apoyo al Servicio de Extensión y Caficultores de Colombia en el reconocimiento y manejo de problemas bióticos y abióticos. PAT101001

Este informe se centra en el apoyo al Servicio de Extensión de la FNC y a los caficultores colombianos en el manejo de los problemas bióticos y abióticos que afectan la sanidad y la producción de los cultivos de café. Destacamos la identificación por primera vez en Colombia de la bacteria *Xylella fastidiosa* en café por parte del ICA. El 3 de marzo esta entidad emitió la resolución No. 00001961 donde se registró la presencia de la bacteria en dos plantas en los municipios de Fundación (Magdalena) y Moniquirá (Boyacá) en plantas asintomáticas de café.

En el caso de la roya del cafeto, los sondeos nacionales que realiza trimestralmente el Servicio de Extensión evidencian que, si bien la enfermedad está presente en variedades mejoradas, no ha alcanzado niveles epidémicos a nivel nacional, con una incidencia promedio del 6,4%. La situación parece involucrar brotes localizados en lugar de una infección generalizada, y se están realizando investigaciones para comprender los factores vinculados al aumento de los niveles de roya. Enfatizamos la necesidad de un programa de control de la roya del cafeto cuando la incidencia supera el 15% independiente de la variedad de café; confirmamos que otras enfermedades no han aumentado significativamente.

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

Hemileia vastatrix, el agente causal de la roya del cafeto. A nivel global la enfermedad causa pérdidas de producción de hasta un 80%. Su alta capacidad de mutación y su ciclo de vida dominante en estado dicariótico, con dos núcleos que no intercambian material genético, complican

su estudio y control. Por ello, disponer de genomas de referencia resueltos en haplotipos y a nivel cromosómico es crucial para comprender la heterocigosidad, los mecanismos de patogenicidad y la estructura poblacional del hongo. En este estudio, se ha ensamblado el genoma de referencia en haplotipos para la raza I de *H. vastatrix*. Mediante una estrategia de secuenciación híbrida (PacBio HiFi y Dovetail Omni-C) y un ensamblaje con hifiasm y HiRise, se logró una contigüidad excepcional (N50 > 35 Mb) y una alta calidad (BUSCO > 91%; QV > 26). Este ensamblaje de calidad "gold-standard" revela por primera vez que cada núcleo del patógeno contiene 18 cromosomas, un número consistente con otros hongos de la roya.

La integridad estructural del genoma fue garantizada mediante una curación manual intensiva con mapas Hi-C para resolver artefactos de ensamblaje. El genoma resuelto en sus dos haplotipos permitió demostrar una alta sintenia entre ellos. Este recurso genómico fundamental, junto con las herramientas bioinformáticas desarrolladas, sienta las bases para investigaciones avanzadas sobre la evolución de la virulencia, las poblaciones del hongo y la interacción patógeno-hospedero.

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

La roya del cafeto causa pérdidas significativas de producción. Si bien las variedades resistentes (que abarcaron el 83% de los cultivos en 2020) son la principal estrategia de control, esto ha propiciado la evolución del patógeno, con alrededor de 50 razas fisiológicas identificadas, 20 de las cuales están presentes en Colombia.

La Disciplina de Fitopatología de Cenicafé está realizando monitoreo continuo y experimentos de inoculación cruzada en colaboración con el CIFC de Portugal, para estudiar la evolución y los patrones de virulencia del patógeno. Debido a la avanzada edad de las plantas actuales, se están preparando para sembrar nuevos genotipos de café en varias estaciones experimentales para finales de 2025. Estos ensayos implican la inoculación de 120 variedades diferentes de café con diversas muestras de roya.

Evaluaciones recientes confirman un claro aumento en el número y la virulencia de las razas de roya desde 2010, particularmente contra las progenies derivadas del Híbrido Timor 1343. Estos hallazgos críticos están informando directamente la selección de aislamientos de roya para pruebas de resistencia y ayudando a definir estrategias efectivas para desarrollar nuevas variedades de café

resistentes en el marco del proyecto WCR (PAT105006).

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

La enfermedad de las Cerezas del Café (CBD) causada por *Colletotrichum kahawae* es una amenaza para Colombia. Esta es una enfermedad cuarentenaria ausente y en caso de ingreso al país, el potencial de daño es muy alto, dado que las condiciones de nuestra caficultura son propicias para el desarrollo de la enfermedad. Con el fin de disponer de herramientas de manejo, ante la eventual presencia de la enfermedad en Colombia, se está evaluando, en condiciones in vitro, productos de síntesis química y biológicos. Se utilizan como modelo biológico aislamientos colombianos de *Colletotrichum* spp. causantes de antracnosis en cultivos de café. Se seleccionaron 35 productos con registro ICA vigente. Cada uno ha sido sometido a diferentes pruebas seleccionando a aquellos de mejor desempeño para inhibir la germinación de las conidias o el crecimiento del micelio. Inicialmente se preseleccionaron los fungicidas que no permitieron el crecimiento del hongo a altas dosis. Posteriormente se realizaron pruebas para definir las DL₅₀, DL₇₅, y DL₉₀ de cada uno de los fungicidas preseleccionados. Los que presentaron mayor capacidad inhibitoria a bajas dosis, para el crecimiento de micelio o para la germinación de las conidias se evaluaron sobre un grupo de 26 aislamientos de *Colletotrichum* spp. Se ha encontrado que algunos fungicidas controlan la germinación de las conidias y el crecimiento de la colonia, pero se observa variación en la respuesta dependiendo del aislamiento, poniendo en evidencia la complejidad del control de este hongo. En la última fase se evalúa la capacidad de los fungicidas seleccionados para controlar la enfermedad. En frutos de café desprendidos se realizan inoculaciones artificiales con diferentes aislamientos de *Colletotrichum* y se evalúa su capacidad de limitar el desarrollo de la enfermedad, en ambos esquemas de control, preventivos o curativos.

Evaluación del fungicida cyproconazole + trifloxystrobin (Sphere® Max) como alternativa en rotación para el control de la roya del cafeto en variedad Caturra. PAT104023

En Colombia, para el año 2024, el 12% de la caficultura estaba sembrada con variedades susceptibles a la roya de cafeto. Esta enfermedad tiene una alta importancia económica, por lo que requiere un manejo integrado, adecuado y oportuno. Por esta razón, Cenicafé continúa investigando en alternativas de control, incluyendo los

fungicidas de síntesis química. En esta investigación se evaluó el control de la enfermedad con el fungicida Sphere® Max SC 535® (cyproconazole + trifloxystrobin), aplicado solo y en rotación con otros fungicidas, y con una o dos aplicaciones. En una primera fase, se estableció un experimento en un cultivo comercial de la variedad Caturra, en el municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda). Se evaluó el efecto del fungicida en el control de la enfermedad en diferentes esquemas de aplicación, iniciando a los 60 días después de la floración principal (ddfp), utilizando una dosis de 1,1 cc L⁻¹. Adicionalmente, se analizaron la producción de café cereza, la calidad física del café pergamino seco (CPS) y la presencia de residuos en CPS. De los tratamientos evaluados, se seleccionaron cuatro que mostraron el mayor control de la roya y una producción de grano óptima, comparable con el testigo comercial recomendado actualmente por Cenicafé. Se validó la eficacia de estos tratamientos en una parcela con alta presión de enfermedad, ubicada en la Estación Experimental Naranjal (Chinchiná, Caldas). En ambos experimentos, los tratamientos con Sphere® Max SC 535 mostraron un mejor desempeño en comparación con el testigo sin aplicación, logrando restringir el progreso de la enfermedad y mantener tanto el volumen como la calidad del grano producido (Figura 38). No se detectaron residuos por encima de los límites máximos de seguridad en café verde. El fungicida Sphere® Max SC 535 se integró al programa de control químico de la roya del café. Su mejor desempeño se registró al aplicarse en la segunda aplicación (a 120 ddfp), en combinación con una primera aplicación (a 60 ddfp) de un fungicida con ingredientes activos diferentes.

Evaluación del fungicida tetraconazole + azoxystrobin (Eminent® Excell) para el control de la roya del café en variedad Caturra. PAT104024

La roya del café (*Hemileia vastatrix*) es la enfermedad de mayor importancia económica para el cultivo del café en el mundo. En Colombia, las pérdidas en la producción en variedades susceptibles y sin control de la enfermedad pueden llegar a ser hasta del 30% y en otros países alcanzan el 80%. Dentro de la estrategia de manejo de la enfermedad los fungicidas son un componente fundamental. De los productos con registro ICA, muchos no han sido validados por Cenicafé, y otros tienen uso restringido, debido a la regulación nacional e internacional. Durante la vigencia 2024-2025 se continuó con la validación del efecto de los fungicidas Eminent® Excell (tetraconazole 80 g L⁻¹ + azoxystrobin 100 g L⁻¹) y tetraconazole

125, en el control de la roya del café. El experimento se estableció en un lote con alta presión de la enfermedad en la Estación Experimental Naranjal. La epidemia de roya fue severa durante la ejecución del ensayo de validación, lo cual permitió cuantificar el efecto de los fungicidas en el control de la enfermedad, en la producción, la calidad física y sensorial del café. Los tratamientos con fungicidas disminuyeron la intensidad de la enfermedad (incidencia y severidad de la roya) y la defoliación de las plantas en los períodos críticos de desarrollo y llenado de fruto, generando un efecto positivo en la producción de café cereza, en condiciones de alta epidemia.

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

Dada la escasez de cultivos de café homogéneos y adecuados de variedades susceptibles a la roya para investigación, Cenicafé estableció parcelas permanentes de la variedad Caturra. El objetivo es contar con lotes consistentes para estudiar alternativas de manejo de enfermedades importantes del café en Colombia.



Figura 38. Control de la roya del café con fungicidas. a. Hojas con presencia de roya esporulada. Las manchas tienen un color naranja intenso, evidencia de que la enfermedad está activa; b. Hojas con síntomas de roya controlados, las lesiones presentan un color amarillo pálido y no hay evidencia de esporulación; c. Hojas sanas, con algunas lesiones iniciales, aún sin esporulación.

Durante el período 2024-2025, continuó el mantenimiento de estas parcelas de Caturra cultivadas al sol, en cuatro estaciones experimentales: La Catalina (0,55 ha), Paraguaicito (0,4 ha), Naranjal (0,55 ha) y La Trinidad (0,35 ha). Las parcelas se sembraron con plantas de Caturra genéticamente uniformes y susceptibles, a una densidad de 1,1 m entre plantas y 1,3 m entre hileras. Estos lotes representan diferentes patrones de cosecha y epidemia en el país y reciben un manejo agronómico comercial estándar.

La parcela de La Trinidad se utiliza actualmente para un proyecto de Syngenta que prueba un producto para el control de la roya. Además, se han iniciado contactos con proveedores y se presentó una propuesta para probar drones para la aplicación de fungicidas. Estos futuros ensayos se realizarán en estas parcelas de Caturra establecidas.

Validación del fungicida benzovindiflupyr + azoxystrobin (Elatus®), para el control de roya del cafeto en variedad Caturra. PAT104027

La roya del cafeto es una plaga devastadora para el cultivo del café en Colombia, la cual causa pérdidas de entre el 23% y el 50%. El mejor método de control es plantar variedades mejoradas con alta resistencia, pero se requiere control químico para las variedades susceptibles. Más de 50 fungicidas registrados en el país para el control de esta enfermedad carecen de respaldo experimental, y las regulaciones ambientales de la Unión Europea (UE) restringen el uso de muchos productos químicos recomendados, incluyendo seis de siete fungicidas sistémicos. Existe una necesidad urgente tanto de

desarrollar nuevas moléculas seguras como que Cenicafé valide alternativas adaptadas a las condiciones colombianas.

En este período del informe, se validó el fungicida Elatus® frente a un tratamiento estándar (Amistar Zetra®) y un control sin tratamiento. Ambos productos controlaron eficazmente la roya. Además, Elatus® aumentó significativamente el rendimiento de las plantas de café, un efecto que podría atribuirse a las propiedades bioestimulantes de su componente azoxystrobina.

Desarrollo de una plataforma de simulación y modelamiento para el estudio de la biología de los patógenos y las principales enfermedades del cultivo del café. PAT105005

La producción de café desempeña un papel crucial para la economía de Colombia. No obstante, el cultivo enfrenta diversos desafíos que impactan la rentabilidad del cultivo. En esta investigación se abordan los retos relacionados con el cambio climático y la sanidad del cultivo, específicamente con las enfermedades “roya de la hoja” y “mancha de hierro” causadas por los hongos *H. vastatrix* y *Cercospora coffeicola*, respectivamente. El cambio climático está afectando las condiciones meteorológicas a nivel mundial, incluyendo la temperatura, humedad, radiación solar y concentración de gases de efecto invernadero (GEI). Esta investigación se enmarca dentro del macro-proyecto CAS. Tiene por objetivo evaluar en condiciones controladas el efecto de los cambios esperables en variables climáticas y GEI sobre la biología y agresividad de los patógenos causantes de la roya de la hoja y la mancha de hierro. En este informe se presentan los resultados de la obtención y caracterización de aislamientos de *C. coffeicola* y *H. vastatrix*. Se avanzó en la estandarización de las pruebas de patogenicidad para mancha de hierro en hojas de café desprendidas. Se evaluaron cinco aislamientos, cuatro concentraciones de inóculo y la edad de los aislamientos, entre otras. Se caracterizó la respuesta a temperatura de algunos aislamientos de *C. coffeicola* (Figura 39). Se logró reproducir la enfermedad (Figura 40). No obstante, la frecuencia de síntomas fue baja; por lo que es necesario continuar ajustando la metodología para mejorar la eficacia del método.

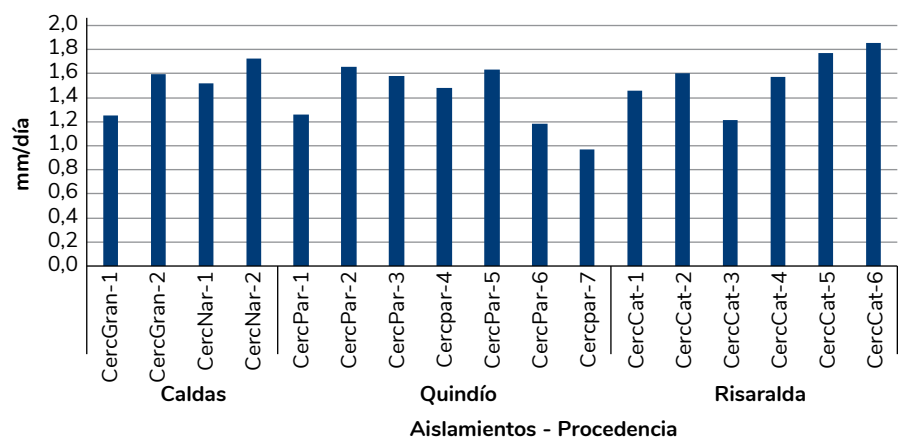


Figura 39. Tasa de crecimiento de las colonias de *C. coffeicola* por procedencia.

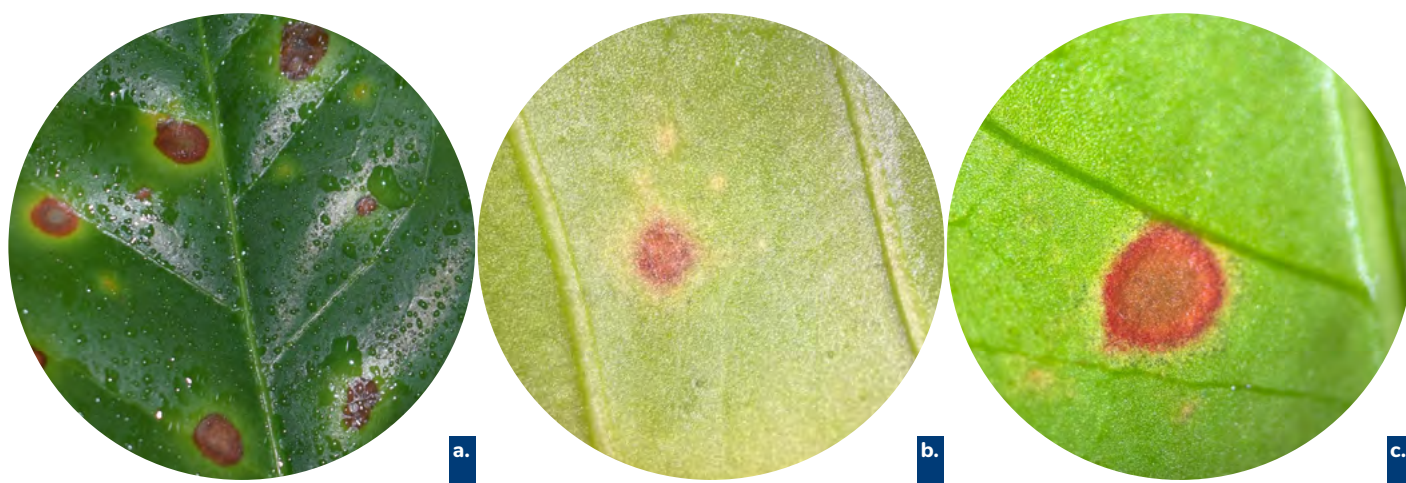


Figura 40. Síntomas inducidos en hojas de café de la variedad caturra inoculadas con *Cercospora coffeicola*. **a.** Lesiones cloróticas (cl) y lesiones necróticas (n); **b.** Lesiones características de mancha de hierro (típicas), **c.** Manchas de color marrón (m) y micelio de *C. coffeicola* creciendo epifíticamente sobre la hoja (h).

Identificación de fuentes de resistencia a *Hemileia vastatrix* usando marcadores moleculares en genotipos de café. PAT105006

La alta variabilidad genética de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) amenaza las variedades resistentes, evidenciada por pérdidas parciales de resistencia en Colombia y la necesidad urgente de identificar nuevos genes. La falta de marcadores moleculares específicos ha obstaculizado el desarrollo rápido de variedades resistentes.

Para abordar esta problemática, World Coffee Research (WCR) lanzó en 2022 un programa global de mejoramiento de café arábica, en colaboración con nueve organizaciones, incluido el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)-ARS. Este programa se centra en la recombinación de germoplasma, ciclos

generacionales rápidos y selección genómica para mejorar la productividad.

Desarrollar marcadores moleculares modernos para la resistencia a la roya permitiría la selección asistida por marcadores, identificando individuos resistentes sin la presencia del patógeno e integrándose en los paneles de marcadores de densidad media del WCR.

El proyecto conjunto entre Cenicafé, WCR y el USDA-ARS inició en el 2025 y busca identificar nuevas fuentes de resistencia a la roya, desarrollar marcadores genéticos asociados y crear estrategias para un desarrollo eficiente de variedades de café arábica con resistencia duradera. Actualmente, se han sembrado plantas F2 de las poblaciones seleccionadas para fenotipificación y enviado material para genotipificación a CD Genomics en Australia, el cual utilizará un panel DArT de densidad media con 4.000 marcadores SNP, el cual está siendo validado por WCR y otras siete instituciones.