

RAZAS DE ROYA

Epidemias de 2008 a 2011

La roya del cafeto es la principal enfermedad que ataca al cultivo, y en Colombia es responsable de pérdidas hasta del 30% en variedades susceptibles de la especie *Coffea arabica*, si no se efectúa control (11), con un marcado incremento en años de altas precipitaciones cuando puede causar defoliaciones severas en las plantas afectadas. La enfermedad está presente en casi todos los países donde se produce café en el mundo. En Colombia se reportó por primera vez en 1983, en el departamento de Caldas, y desde entonces se diseminó rápidamente por todos los demás departamentos cafeteros del país. De las aproximadamente 900.000 hectáreas cultivadas en Colombia, unas 350.000 están en alto riesgo de ser atacadas por la enfermedad, dado que están sembradas con las variedades Caturra y Típica, y están localizadas en altitudes por debajo de 1600 m, donde la epidemia de la enfermedad es más fuerte.





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autores

Marco A. Cristancho A.

Investigador Científico II

Yomara Rozo

Investigador Asociado

Carolina Escobar

Investigador Asociado

Carlos A. Rivillas O.

Investigador Científico III

Álvaro L. Gaitán B.

Investigador Científico III

Fitopatología, Cenicafe. Manizales,
Caldas, Colombia.

Edición:

Sandra Milena Marín López

Fotografías:

Gonzalo Hoyos Salazar

Diagramación:

María del Rosario Rodríguez L.

Imprenta:

ISSN - 0120 - 0178

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.

Manizales, Caldas, Colombia
Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723
A.A. 2427 Manizales
www.cenicafe.org

Durante el período 2008 a 2011 se ha presentado un incremento inusual en la incidencia de la enfermedad en lotes cultivados con variedades susceptibles de café, con porcentajes de hojas afectadas por encima del 30%, después de 90 días del período de floración y 5 meses antes de la cosecha, en un nivel de enfermedad donde el control químico no tiene ningún efecto sobre el desarrollo de la enfermedad (5). Observaciones realizadas por Cenicafe, en más de 50 fincas y en las Estaciones Experimentales en todo el país, fueron complementadas con experimentos con aislamientos de roya recolectados en los sitios visitados, y finalmente relacionados con las condiciones en las que se presentó la enfermedad, a la luz de los conocimientos en epidemiología, desarrollados durante los 27 años de presencia de la enfermedad en Colombia.

De los cuatro componentes necesarios para la aparición de una enfermedad, como son la naturaleza del patógeno, la presencia de un hospedero susceptible, las existencias de condiciones ambientales favorables y un manejo agronómico inadecuado, este avance se centrará en examinar al agente causante de la roya, el hongo *Hemileia vastatrix*.

Razas fisiológicas

El patógeno *H. vastatrix* tiene una dependencia total de la planta de café, debido a que este género es el único hospedero conocido, y sólo puede alimentarse de células vivas de la hoja para crecer y reproducirse. La capacidad de realizar este parasitismo depende

de una compleja interacción entre estos dos organismos, de manera que para que una infección sea exitosa y culmine en enfermedad, el hongo debe desactivar señales químicas propias y así pasar desapercibido a los mecanismos de resistencia que tenga la planta (Figura 1). Para el caso de la roya del cafeto, hasta el momento se reconocen al menos nueve señales del patógeno, denominadas **genes de avirulencia**, que son detectadas por otros nueve mecanismos en el hospedero, conocidos como **genes de resistencia**. Las diversas combinaciones de los genes de avirulencia que pueda tener un aislamiento de *H. vastatrix* determinan el rango de posibles genotipos de café donde pueden causar la enfermedad. A estos aislamientos del hongo con combinaciones específicas se les conoce como **Razas Fisiológicas**. Por su parte, a los genotipos de café con diferentes combinaciones conocidas de genes de resistencia se les denomina **Diferenciales**. La raza más sencilla y que tiene mayor dispersión en todo el mundo es la raza II, que carece del gen de avirulencia 5. Esta raza solo puede atacar a plantas de café que aunque tengan el gen de resistencia SH5, carezcan de todos los demás genes de resistencia. En este grupo se encuentran la mayoría de las variedades tradicionales cultivadas de la especie *Coffea arabica*, incluyendo Caturra, Típica, Mokka, Geisha, Pacamara y Maragogipe.

Debido a procesos evolutivos, la raza II puede perder otros genes de avirulencia, generar una nueva raza y ampliar así su rango de acción sobre diversos genotipos de café. El principal mecanismo para la aparición de las razas es

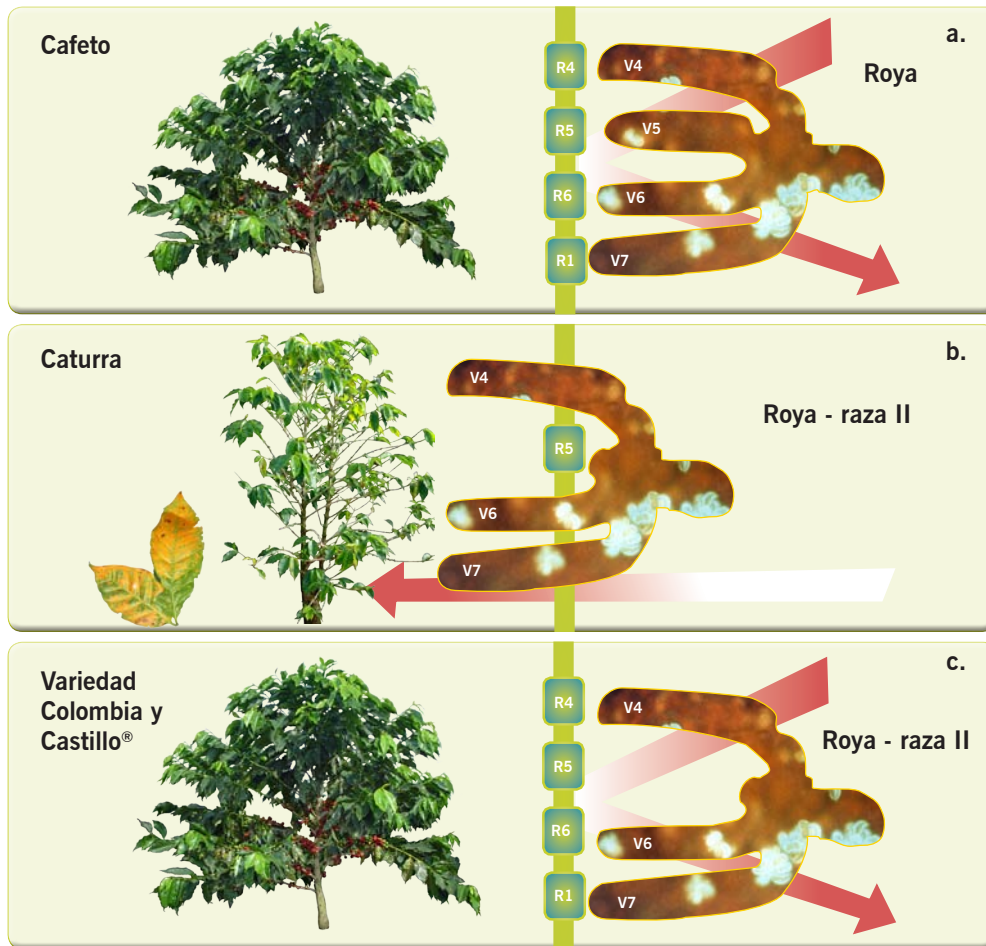


Figura 1. Analogía de la interacción *Hemileia vastatrix*-Café con el accionar de una llave en la cerradura. **a.** El hongo presenta varios genes de avirulencia (V) que delatan su presencia si son detectados por los correspondientes genes de resistencia (R) presentes en café; **b.** En el caso de la var. Caturra, sólo posee el gen de resistencia 5, que no puede detectar al correspondiente gen de avirulencia 5 de la raza II, pues ésta no lo tiene, dando como resultado la aparición de la enfermedad; **c.** En las var. Colombia y Castillo®, existen varios genes de resistencia que pueden detectar la presencia del patógeno y generan una reacción de resistencia.

la mutación, que puede ocurrir por fenómenos como la exposición a la luz ultravioleta. El segundo factor es la alta cantidad de urediniosporas que produce el hongo durante su ciclo infeccioso, generando la probabilidad de aparición de nuevas variantes, con cambios en los genes de avirulencia. Es de recordar que en un período de entre 4 y 5 meses, en el envés de la hoja, una sola pústula de roya puede producir 1.600 urediniosporas por milímetro cuadrado (mm^2), y como la enfermedad es policíclica, lo cual significa que en el transcurso de un período del cultivo se presentan varios ciclos de infección y reproducción que pueden sobreponerse, el resultado es un alto número de urediniosporas por lote. Finalmente, el tercer factor es la presencia de una presión de selección natural, que favorezca la proliferación de aquellos individuos que han cambiado, y que la definen condiciones externas, en particular la presencia de plantas de café con genes de resistencia diferentes a SH5. Si en los lotes se tienen únicamente plantas con un gen de resistencia, rápidamente puede seleccionarse una nueva raza de roya capaz de atacarlas. Por el contrario, si se

tienen combinaciones de varios genes de resistencia en las variedades cultivadas, será muy difícil la proliferación de razas nuevas, pues se requerirían muchos cambios en el hongo para evadir los mecanismos de resistencia del hospedero. Razas con numerosos cambios en sus genes de avirulencia se conocen como **razas complejas**.

Los estudios de evolución e identificación de nuevas razas de patógenos de plantas tienen gran importancia, ya que no se debe descartar la aparición de razas hipervirulentas que pueden ser devastadoras para un cultivo. El caso del surgimiento de la raza *ug99* de la roya negra del trigo (*Puccinia graminis*), que ha tenido efectos dramáticos en la reducción de la producción del cultivo en África (16), ilustra la precaución necesaria en la vigilancia del desarrollo de razas de los microorganismos fitopatógenos.

La raza II ha sido históricamente la raza de la roya prevalente en la mayoría de países y ataca todas las

variedades cultivadas de la especie *C. arabica* que no han sido mejoradas genéticamente por resistencia al patógeno (13). La evolución de la aparición de razas del patógeno ha tenido un progreso muy similar en la mayoría de países productores de café en el mundo, debido a que en todos los casos se identificó la presencia inicial de la raza II, con el posterior desarrollo de otras

razas genéticamente diferentes, a partir de este inóculo inicial (17). Las razas del patógeno han sido estudiadas en el Centro de Investigaciones de la Raza del Cafeto (CIFC), en Portugal, en colaboración con varios países productores, estudios que han demostrado la presencia de más de 30 razas del patógeno, identificadas a partir de una serie de más de 40 diferenciales de café (12).

Diversidad de razas de roya en Colombia

La presencia de múltiples razas de la roya, en cada uno de los países productores de café en el mundo, es una realidad bien establecida (3, 12, 15). En Colombia se identificó inicialmente la raza II (10) a la llegada del patógeno al país, y posteriormente se detectaron cuatro razas de genotipos complejos (4), y se identificaron la raza XXII (8) y XXIX (6), con evidencia de la presencia de las razas XXV, XXIII, XVII y XXX en materiales derivados del Híbrido de Timor (1). También se ha evidenciado la presencia de razas específicas que han vencido la resistencia de materiales de la variedad Costa Rica 95, derivada de una sola línea del cruce entre Híbrido de Timor y Caturra. De manera continua, Cenicafé evalúa la presencia de roya, tanto en diferenciales obtenidos del CIFC como en poblaciones provenientes del Híbrido de Timor, sembrados en las Estaciones Experimentales. Estas observaciones confirman que, como era de esperarse, permanentemente están surgiendo razas de roya capaces de vencer las combinaciones de genes

de resistencia presentes en estas plantas, pero que en el tiempo estas nuevas razas no han prevalecido ni han dado origen a las denominadas súper-razas, que afecten a todos los genotipos por igual (Figura 2), esto a razón de la diversidad genética que exhibe el hospedero en genes de resistencia. Con anterioridad, Rodríguez y Moreno (14), reportaron que en Colombia, aislamientos de nuevas razas habían mostrado una menor adaptación e incluso desaparecían en el tiempo. La complejidad de estas nuevas razas encontradas en materiales provenientes del Híbrido de Timor en Colombia, no ha permitido su caracterización genética con los diferenciales que usa el CIFC de manera rutinaria como referencia (9).

Adicionalmente a los posibles cambios que pueda tener la raza II, una fuente de nuevas razas es la llegada de genotipos de roya originarios de otros lugares del mundo. Para dilucidar esta posibilidad, Cenicafé ha estudiado la diversidad molecular y patogénica de aislamientos de *H. vastatrix* recolectados antes de la epidemia de roya que comenzó en el año 2008 y después de la misma, en varias zonas cafeteras del país, durante los últimos tres años de alta incidencia de roya. Se comparó la información genética de las poblaciones de roya existentes en el país mediante el estudio de fragmentos de ADN, conocidos como marcadores moleculares. Los resultados han demostrado que las muestras de Colombia forman un solo grupo, muy diferente de las muestras recolectadas por el CIFC de otras partes del mundo (Figura 3). Dentro de las muestras colombianas tampoco es posible separar aquellas recolectadas antes de 2008 de las posteriores a este año. Con lo cual se concluye que la diversidad genética de las poblaciones de *H. vastatrix* en el país permanece muy baja, y se descarta que nuevos genotipos, diferentes a los presentes desde 1983, estén causando problemas en los cafetales.

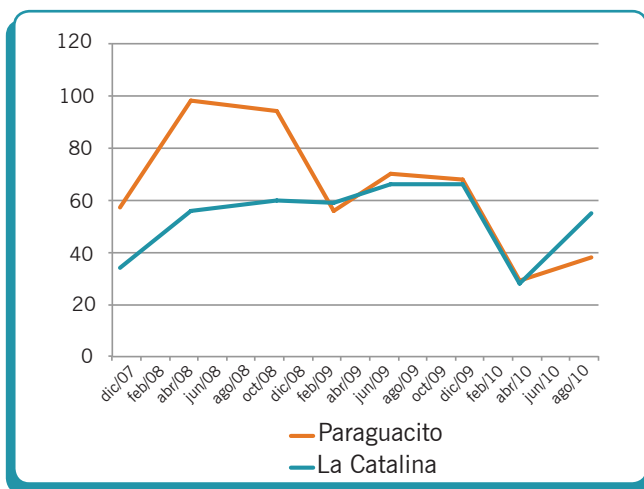


Figura 2. Variación en el número de genotipos con presencia de roya derivados de cruces entre el Híbrido de Timor y la var. Caturra en las Estaciones Experimentales Paraguacito (Quindío) y La Catalina (Risaralda).

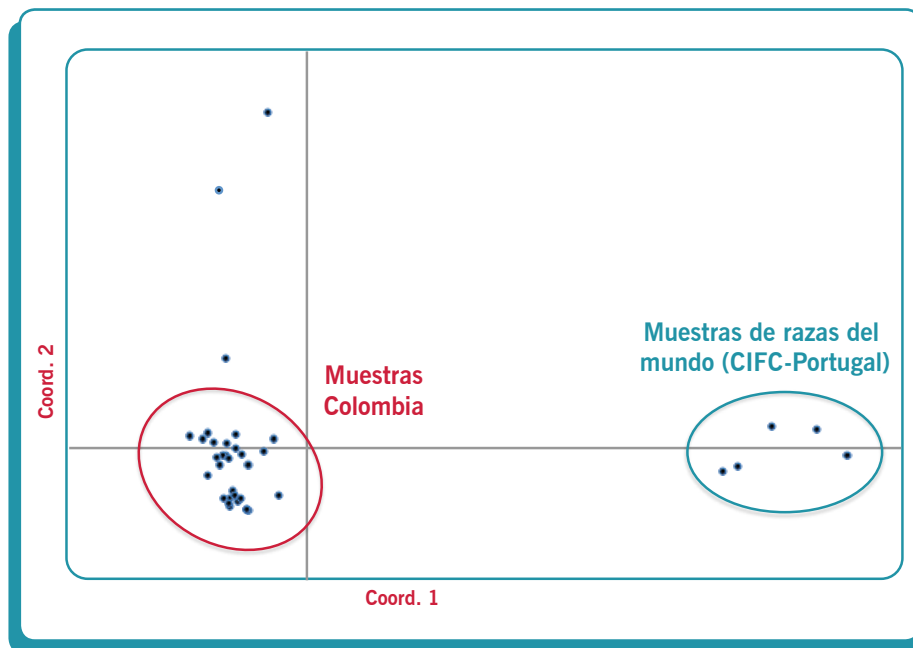


Figura 3. Agrupaciones basadas en similitudes en la información genética examinada con marcadores moleculares de aislamientos de roya recolectados en diferentes puntos de Colombia, antes y después de 2008, comparados con aislamientos de varias partes del mundo caracterizados en el CIFC de Portugal.

variables de agresividad evaluadas, o cuando lo hacen no es a favor de las poblaciones aisladas de sitios con altitudes superiores a 1.600 m.s.n.m. (Figura 4), lo que confirma que el inóculo de roya presente en el país sigue manteniendo niveles de agresividad similares a los existentes antes de 2008.

Finalmente, debe considerarse la posibilidad de aparición y fijación de mutaciones que aumenten la tolerancia o confieran resistencia a los fungicidas aplicados para el control de la roya. En Colombia, los dos ingredientes activos recomendados para el manejo de la enfermedad son el cobre y los triazoles.

Por su acción preventiva y general en la inhibición de la germinación de las urediniosporas, no se conoce resistencia al cobre por parte de los hongos. De otro lado, los triazoles actúan específicamente en el proceso de síntesis del ergosterol, un compuesto necesario en las membranas celulares para el crecimiento del hongo; acumulaciones en mutaciones de genes relacionados con la síntesis de ergosterol pueden conferir de manera gradual resistencia a fungicidas de este grupo, lo que

Otro aspecto que concierne a la diversidad, es la variabilidad de características patogénicas que aumenten la agresividad de los aislamientos, como puede ser la tasa de germinación de las urediniosporas, los períodos de incubación y de latencia, o la densidad de esporulación de estos aislamientos. El **Período de Incubación (PI)**, se define como el tiempo transcurrido entre la inoculación del hongo en la planta y la aparición de los primeros síntomas, en este caso clorosis en la hoja. El **Período de Latencia (PL)**, corresponde al número de días entre la aparición de síntomas y la presencia de estructuras reproductivas, es decir, pústulas naranja con urediniosporas en el envés de las hojas. La densidad de esporulación se refiere a la cantidad de urediniosporas por área de lesión. Aislamientos muy agresivos pueden presentar combinaciones de mayores tasas de germinación,

menores PI o PL, mayor densidad de esporulación, o todas, con acortamientos en los ciclos de vida y mayor efecto de dispersión del patógeno. Para estas evaluaciones se hizo énfasis en los aislamientos recolectados por encima de 1.600 m.s.n.m., donde normalmente no se presentan fuertes epidemias de roya (Tabla 1).

Los resultados indican que los aislamientos no difieren en las

Tabla 1. Selección de aislamientos de *H. vastatrix* con énfasis en la altitud del sitio de muestreo, utilizados en la comparación de las variables de agresividad: tasa de germinación, período de incubación y período de latencia.

Aislamiento	Hospedero	Origen Geográfico	Altura (m.s.n.m.)	Fecha de recolección
Esperanza	<i>C. arabica</i> var. Caturra	Líbano	1.500	09-2008
Unión	<i>C. arabica</i> var. Caturra	Líbano	1.456	05-2008
Tatiana	<i>C. arabica</i> var. Caturra	Herveo	1.800	06-2009
Torre 6	<i>C. arabica</i> var. Caturra	Herveo	1.885	04-2010
Cedral	<i>C. arabica</i> var. Caturra	Pereira	1.900	07-2006
Libérica	<i>C. liberica</i>	Chinchiná	1.380	06-2008

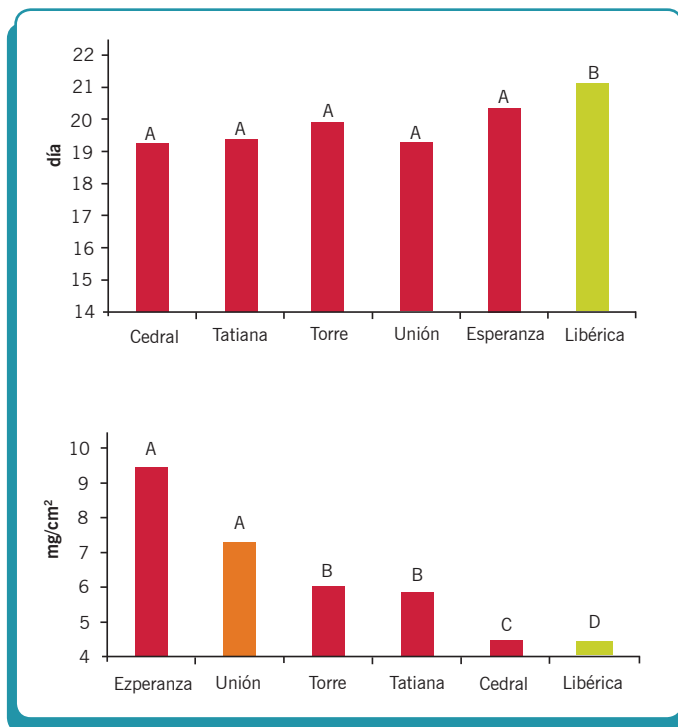


Figura 4. Evaluación de agresividad patogénica en aislamientos de *H. vastatrix* provenientes de diferentes altitudes. El período de latencia fue estadísticamente igual para todos los aislamientos, excepto para aquel proveniente de *Coffea liberica*, que fue menos agresivo (mayor PL). La densidad de esporulación fue mayor para aislamientos provenientes de zonas por debajo de los 1.600 m.s.n.m, mientras que aquellos de mayores altitudes fueron menos agresivos según esta variable.

obliga a la utilización de dosis cada vez mayores de producto para obtener el mismo efecto de control. Desde 2007, Cenicafé ha adelantado trabajos de evaluación de nuevas moléculas para el control de la roya del café, donde el testigo de referencia es la aplicación de

un triazol de amplio uso (Alto 100, ingrediente activo cyproconazol). Durante este período se ha verificado que utilizando la dosis recomendada de 250 cc/ha, y siguiendo el calendario de aplicaciones, de acuerdo con la época de cosecha principal, se sigue teniendo el control esperado, que mantiene la incidencia de la enfermedad por debajo de los niveles de afectación económica (Figura 5). De otro lado, los datos anuales de ventas de fungicidas para el control de la roya en el país, corroboran que por las mínimas cantidades distribuidas hasta antes de 2010 no ha existido una presión de selección hacia el desarrollo de resistencia de *H. vastatrix*, y evidencian un deficiente control químico de la enfermedad, considerando el volumen de producto vs. las hectáreas sembradas en variedades susceptibles.

Conclusiones

- Las observaciones y experimentos indican que han aparecido nuevas razas de roya en el país, pero no a partir de introducciones diferentes a la raza II, y no se han desarrollado razas supervirulentas del patógeno. La susceptibilidad de las poblaciones del hongo a los triazoles no ha disminuido, en parte debido a la escasa aplicación de estas formulaciones para el control de roya antes de 2010, de acuerdo a los registros nacionales de venta.
- La razón principal para las epidemias de 2008 a 2011 fue el cambio en las condiciones climáticas por efecto del fenómeno recurrente de La Niña, que tuvo como consecuencia la presencia continua de nubes, las cuales disminuyeron el brillo solar,

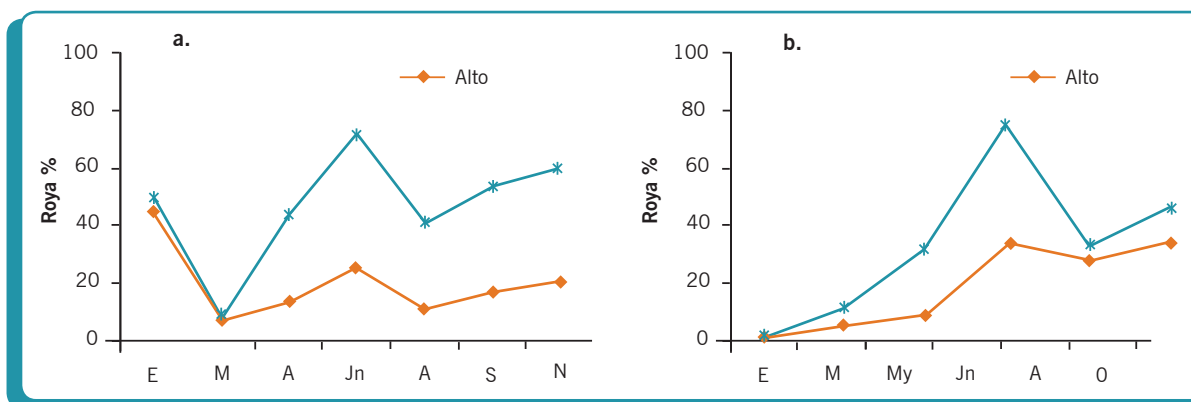


Figura 5. Comparación del desarrollo de la epidemia de roya de 2010 en dos lotes experimentales localizados en **a.** Chinchiná (Caldas) y **b.** Quimbaya (Quindío), sin control y tratados con aspersiones por calendario de un triazol (Alto 100, 250 cc/ha). La aplicación del producto químico mantuvo la epidemia por debajo de los niveles de efecto económico.

incrementaron la precipitación y redujeron la amplitud térmica, favoreciendo la germinación del patógeno y permitiendo el rango óptimo de temperatura y humedad para el desarrollo del patógeno, en particular en sitios por encima de los 1.600 m, que normalmente no eran sujetos a epidemias.

- Las lluvias frecuentes permitieron la presencia extendida de una capa de agua en la superficie de las hojas, condición que favorece los procesos de germinación y penetración del hongo, y actúa como dispersante de las urediniosporas del hongo. El exceso de agua en el suelo causa estrés de las raíces de café, lo cual debilita la planta y evita una regeneración rápida de nuevo tejido foliar, haciendo el ataque de roya aún más severo (7).
- Las epidemias de roya se ven acentuadas en lotes con deficiente manejo agronómico, que incluye densidades por encima de los 10.000 tallos por hectárea, fertilizaciones por debajo de las necesidades del cultivo e inadecuado manejo de arvenses en lotes menores a 18 meses.
- A nivel nacional, se encontraron ejemplos de cafetales con variedades susceptibles bien manejados y con bajos niveles de roya, lo que corrobora que las medidas

de control de la enfermedad continúan siendo efectivas. Así mismo, variedades Colombia y Castillo® siguen mostrando una alta resistencia a la roya del cafeto en el campo, y aunque se pueden encontrar árboles de la variedad afectados por roya, debido a la aparición de nuevas razas de *H. vastatrix*, la severidad de la enfermedad es muy baja, y si los niveles de infección están por debajo del 5% no amerita que se considere un programa de control químico.

- La alta presencia de variedades susceptibles en el país ha tenido como causa una baja presión de selección de las nuevas razas de roya. Sin embargo, en la medida en que se aumente el área sembrada con variedades resistentes, es muy importante que la calidad de la semilla se conserve en cuanto al mantenimiento de la diversidad genética, ya que es esa diversidad la que le otorga durabilidad a la resistencia de las variedades.
- El desarrollo de una epidemia de roya depende en gran medida del efecto de las condiciones ambientales sobre la biología del hongo, y por lo tanto, las diferencias observadas en el comportamiento de la enfermedad están más relacionadas con variables climáticas, las cuales hacen favorables los procesos de diseminación, germinación y desarrollo del hongo.

Señor caficultor

- ➔ La epidemias de roya siguen siendo causadas por las poblaciones de roya que tradicionalmente han permanecido en Colombia desde la llegada del hongo en 1983, y por lo tanto, las medidas recomendadas para el manejo de la enfermedad continúan siendo efectivas.
- ➔ Si todavía tiene lotes sembrados con variedades susceptibles, preventivamente adelante el manejo integrado de la roya, que incluye un correcto manejo agronómico y una oportuna y correcta aplicación del control químico.
- ➔ Aspersiones en cantidades y frecuencias diferentes a las recomendadas por Cenicafé, aparte de no ser efectivas, pueden llevar a la generación de poblaciones del hongo *H. vastatrix* resistentes a los productos químicos, además de crear problemas de toxicidad en el café.
- ➔ Manténgase informado sobre los pronósticos de condiciones climáticas en su región, ya que la llegada de un fenómeno como La Niña obliga a extremar las medidas de control en los lotes en cuanto al manejo agronómico y la evaluación de la enfermedad, de manera que pueda minimizar el efecto negativo de la roya.
- ➔ La mejor estrategia para afrontar a la roya es la adopción de las Variedades Castillo® o Castillo® Regionales, con semilla certificada (2).



Literatura citada

1. ALVARADO A., G.; MORENO R., L.G. Cambio de la virulencia de *Hemileia vastatrix* en progenies de Caturra x Híbrido de Timor. *Cenicafe* 56(2):110-126. 2005.
2. ALVARADO G.; POSADA H.; CORTINA H. CASTILLO: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. *Avance Técnico Cenicafé* No. 337, jul 2005.
3. CARVALHO A.; ESQUES A.B.; CASTILLO, J.; SREENIVASAN M.; ECHEVERRI J.; FERNÁNDEZ C.; FAZUOLI L. Breeding programs In: *Coffee rust: Epidemiology, resistance, and Management*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp. 293-336. 1987.
4. CASTILLO Z., J.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Virulencia de *Hemileia vastatrix* determinada por medio de plantas diferenciales de café en Colombia. *CENICAFE* 43(4):114-124. 1992.
5. CRISTANCHO MA; ROZO Y; ESCOBAR C; RIVILLAS CA; GAITÁN AL. 2012 Outbreak of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) in Colombia. *New Disease Reports* 25, 19.
6. CRISTANCHO MA; ESCOBAR C; OCAMPO JD. 2007 Evolución de razas de *Hemileia vastatrix* en Colombia. *Cenicafé* 58(4):340-359.
7. DA SILVA S.F.; DE SOUZA PE., POZZA E.A., MIRANDA J.C., CARVALHO E.A., MONTEIRO F. L.H, ALEXANDRE P. A.A. Adubação orgânica, nutrição e progresso de cercosporiose e ferrugem-do-cafeeiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 43:783-791. 2008
8. GIL V., L.F.; OCAMPO M., J.D. Identificación de la raza XXII (V5-6) de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en Colombia. *Cenicafé* 49(4):340-344. 1998.
9. GOUVEIA M., M.C.; RIBEIRO, A.; VÁRZEA, V.M.P.; RODRIGUES JR, C. J. Genetic diversity in *Hemileia vastatrix* based on RAPD markers. *Mycologia*, 97: 396-404. 2005.
10. LEGUIZAMÓN C., J.E.; BAEZA A., C.A.; FERNÁNDEZ B., O.; MORENO R., L.G.; CASTILLO Z., J.; OROZCO C., F.J. Identificación de la Raza II de *Hemileia vastatrix* Berk y Br. en Colombia. *Cenicafé* 35(1):26-28. 1984.
11. RIVILLAS C.A.; GIL L.F.; LEGUIZAMÓN, J.E. Recomendaciones para el manejo de la roya del café en Colombia. *Boletín Técnico* No. 19. 2ª Ed. CENICAFE 2005
12. RODRIGUES, JR., C.J., V.M.P. VARZEA, I.L. GODINHO, S. PALMA, R.C. Rato. 1993. New physiologic races of *Hemileia vastatrix*. In: Vol. I, pp. 318-319, Quinzieme Colloque Scientifique International sur le Cafe. Montpellier, France 6-11 June 1993.
13. RODRIGUES JR., C.J.; BETTENCOURT A.J.; RIJO L. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. *Ann. Rev. Phytopath.* 14: 49-70. 1975.
14. RODRÍGUEZ K., MORENO LG Supervivencia relativa de las razas II y XXII de *Hemileia vastatrix*. *CENICAFE* 53(3):252-265. 2002.
15. SILVA-ACUÑA R.; ZAMBOLIM, L.; PÉREZ E. Identificación de razas fisiológicas de la roya del café en el estado Táchira, Venezuela. *BioAgro* 9:95-98. 1997.
16. WANYERA, R.; KINYUA, M. G.; JIN, Y.; SINGH, R. P. The spread of stem rust caused by *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, with virulence on Sr31 in wheat in eastern Africa. *Plant Disease* 90:113. 2006.
17. ZAMBOLIM L.; ZAMBOLIM E.; VÁRZEA V. Durable Resistance to Coffee Leaf Rust. *Universidade Federal de Viçosa, Viçosa*. 2005. 450p.

