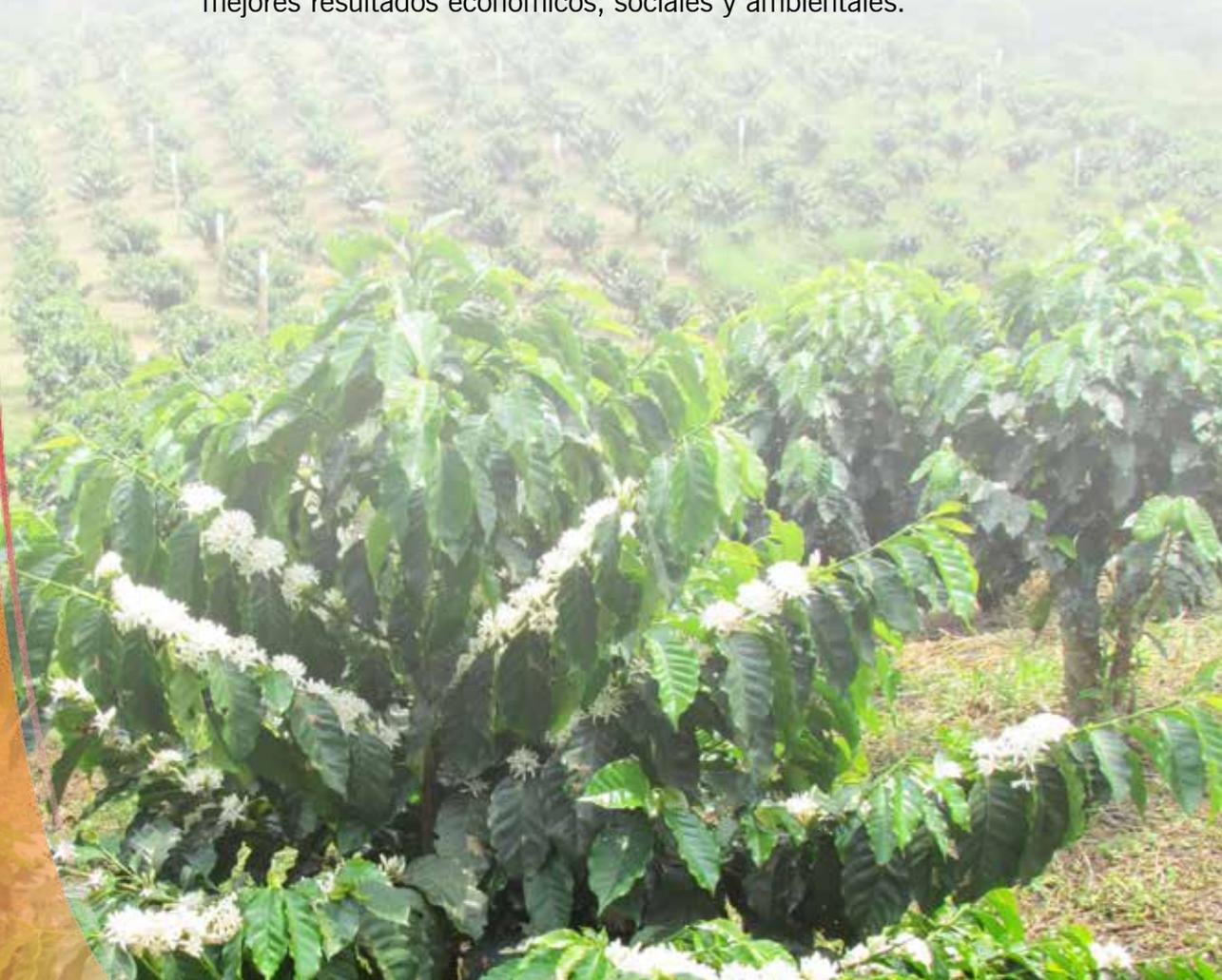


Registro de la floración del café

Criterio alternativo para el control de la roya del cafeto en Colombia

El efecto devastador de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* se ha acentuado en los últimos años en diferentes regiones y sistemas de producción de café en Colombia en las variedades susceptibles a la mayoría de razas de roya reportadas en el mundo, como la variedad Caturra; lo cual exige usar todas las alternativas disponibles en el manejo integrado de esta enfermedad. Dentro de estas estrategias, Cenicafé desde antes de la detección de la roya en 1983, inició el desarrollo de variedades con resistencia durable a roya basada en la diversidad genética, como son las variedades Colombia, Castillo®, Tabi, Castillo Zonales y Cenicafé 1 (Castillo, 1984; Moreno, 2002, Alvarado *et al.*, 2005; Alvarado, 2011; Flórez *et al.* 2016 y 2018). La liberación de variedades de café compuestas ha sido la estrategia más importante, rentable y sostenible para el control de la roya, logrando los mejores resultados económicos, sociales y ambientales.





Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana

Autor

Carlos Alberto Rivillas Osorio

Investigador Senior
Disciplina de Fitopatología

Centro Nacional de Investigaciones de
Café - Cenicafe
Manizales, Caldas, Colombia

Edición

Sandra Milena Marín López

Fotografías

Archivo Cenicafe

Diagramación

Óscar Jaime Loaiza Echeverri

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

Sin embargo, a pesar de este gran logro institucional y de pérdidas asociadas a la epidemia, todavía existen algunos caficultores que continúan cultivando variedades susceptibles a la roya, lo cual ocasiona disminución de la rentabilidad de sus cultivos, debido a que el control químico es obligatorio para estas variedades en cualquier condición climática y altitudinal en Colombia.

La roya del cafeto, causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk & Br., es la principal causa de daño en variedades susceptibles como Caturra, Típica, Borbón, Geisha, incluyendo algunos Catimores introducidos y otras de origen desconocido. Las pérdidas en la producción en Colombia están entre el 23% y el 50%, por efecto de la enfermedad en un ciclo productivo de cuatro a cinco cosechas de café, dependiendo del manejo y del ambiente¹ (Alvarado, 2011; Rivillas *et al.*, 2011). Este hongo es un parásito obligado de las especies del género *Coffea* spp.; en *C. arabica*, ataca la parte interna de las hojas vivas (mesófilo) parasitándolas y produciendo un polvillo de color amarillento a anaranjado (urediniosporas), que se reproduce aceleradamente dependiendo de las condiciones ambientales y de la variedad cultivada, y se dispersa principalmente por el viento y la lluvia. Al causar lesiones en las hojas y su caída temprana y masiva, afecta la formación y el llenado de los frutos, reduce la producción y la calidad de la cosecha; además, debilita progresivamente las plantas de café hasta producir el denominado “paloteo²”.

Floraciones del café y su relación con la roya

La floración del café es un estado fenológico que determina la producción del cultivo, y está ligada a las condiciones de acumulación de unidades térmicas de desarrollo, al fotoperíodo (horas de exposición a la luz o duración del día), a la distribución de los períodos húmedos y secos, y a los cambios en la temperatura del aire (Moreno y Castillo, 1984; Moreno, 2002, Alvarado, 2011). En la zona cafetera colombiana la formación de las yemas axilares y su diferenciación en estructuras reproductivas (flores y frutos) es un proceso que se presenta de manera continua. Sin embargo, debido a factores genéticos, ambientales, patológicos o nutricionales, se pueden alterar algunos procesos fisiológicos que generan cambios en el desarrollo, frecuencia y cantidad de las floraciones (Flórez *et al.*, 2013).

Tradicionalmente se reconocen cinco patrones de floración históricos para las diferentes regiones cafeteras en Colombia, floración que ocurre cuando se registran épocas de lluvias escasas (más de 10 días o de dos a tres semanas de déficit hídrico), seguidos de lluvias aisladas o cambios fuertes de temperatura que rompan la latencia de las yemas florales. Esto ocurre, por lo general, entre los meses de enero y marzo o incluso parte de abril para una cosecha principal de café en el segundo semestre del año, y entre agosto y octubre para una cosecha principal de café en el primer semestre del año. En algunas regiones, especialmente por déficits o excesos hídricos más o menos acentuados en estas dos épocas, o en altitudes por encima de los

¹ RIVILLAS O., C. A. Seguimiento de la Roya del Cafeto en tres altitudes. Informe anual de labores. Disciplina de Fitopatología. Años 2014 y 2015.

² Situaciones de tipo biótico y abiótico que producen en la planta una pérdida intensa de hojas y secamiento y muerte de ramas.

1.700 m, la intensidad de estas floraciones no es la misma o es permanente, y se produce café en los dos semestres del año de forma similar, con o sin picos marcados (Flórez *et al.*, 2013; Ramírez *et al.*, 2010; Ramírez *et al.*, 2011).



El registro de las floraciones principales en los lotes de café permite ajustar el inicio de las aplicaciones de fungicidas y mejorar el control de la roya, de una forma oportuna y más precisa para cada uno de los lotes de la empresa cafetera.



La roya es una enfermedad estrechamente ligada a la fisiología de la producción de café y, por ende, a las floraciones, donde a períodos de alta y concentrada floración, de no mediar un factor externo, le sigue una abundante producción y cosecha, lo cual llevará a altos niveles de roya en las variedades susceptibles. Esta condición demanda por parte de los caficultores atención inmediata, a llevar registros detallados de floraciones, disponer de la agronomía adecuada para sus cultivos y realizar acciones oportunas en el control de la roya, con el fin de evitar el “paloteo” del café y su impacto negativo sobre la producción (Rivillas *et al.*, 2011).

Desde el año 2011 se ha indicado a los caficultores que tanto las “floraciones principales” o las que producen la “travesía o mitaca” están sufriendo variaciones con relación a los picos históricos (Rivillas *et al.*, 2011). La FNC-Cenicafé de manera permanente, desde el 2008 realiza un seguimiento de estas floraciones en las diferentes estaciones experimentales ubicadas en todo Colombia. De manera general se considera que el tiempo que transcurre entre floración y maduración del fruto es de 32 semanas (220-240 días). Sin embargo, puede ocurrir que este período de tiempo se acorte o se alargue y que el proceso de desarrollo del fruto mes a mes varíe debido entre otros factores a excesos o deficiencias hídricas que generan anomalías.

En los últimos años (2011-2016), en las Estaciones Experimentales Naranjal y La Catalina situadas en Chinchiná (Caldas) y Pereira (Risaralda) se han registrado variaciones en los períodos de las floraciones principales ligados a las condiciones ambientales predominantes; es decir, si se trata de La Niña, Neutro o El Niño. En el primer caso, las floraciones principales ocurrieron en los meses de noviembre a abril, con el pico de floración en marzo. En la condición Neutra, las floraciones ocurrieron entre los meses de noviembre (mes de registro más alto) y abril, con menor variación comparada con la floración registrada para la condición La Niña; y en El Niño, las floraciones ocurrieron en

esos mismos meses, pero marcadamente más alta en el mes de febrero. Es decir, en las tres condiciones ambientales para una cosecha principal en el segundo semestre del año, se presentaron variaciones en los picos como porcentajes relativos de la floración

mensual (Figura 1A). De manera similar, en esos mismos meses ocurrieron las floraciones en la Estación Experimental La Catalina, las diferencias se observaron en los valores mensuales y en los meses máximos de floración comparando la Estación La Catalina con la Estación Naranjal. Los valores más altos de floración en La Catalina se registraron en febrero en condiciones La Niña y El Niño, pero en mayor proporción en El Niño, mientras que en condición Neutra el pico de floración se registró en noviembre (Figura 1 B).

De este modo, se evidencian variaciones entre zonas que históricamente han tenido cosecha principal en el segundo semestre del año, así como también diferencias en cada localidad dependiendo de la condición ambiental que se esté presentando. Estas diferencias implican ajustes en los criterios de control de la roya del cafeto en variedades susceptibles a la enfermedad.

Las variaciones en las intensidades y distribución de las floraciones incidien en la epidemia y el control de la roya, que de iniciarse en el momento inadecuado, casi siempre con altos niveles de infección, repercute en el incremento y dispersión de inóculo del patógeno, en mayores tasas de progreso de la enfermedad, en aumento en el número de ciclos del hongo y en una menor efectividad biológica de los fungicidas aplicados. El efecto acumulado de todos estos eventos está permitiendo epidemias de mayor impacto sobre las plantas y que se reduzca de manera significativa la producción en los cultivos que son susceptibles a la enfermedad (Rivillas *et al.*, 2011).

Criterio de control de la roya con base en Calendarios Fijos

Los resultados de estudios epidemiológicos de la roya y de épocas y frecuencia de aplicación de fungicidas para el control de la enfermedad realizados en Colombia, indican la correlación entre el progreso de la enfermedad y la distribución de la cosecha de

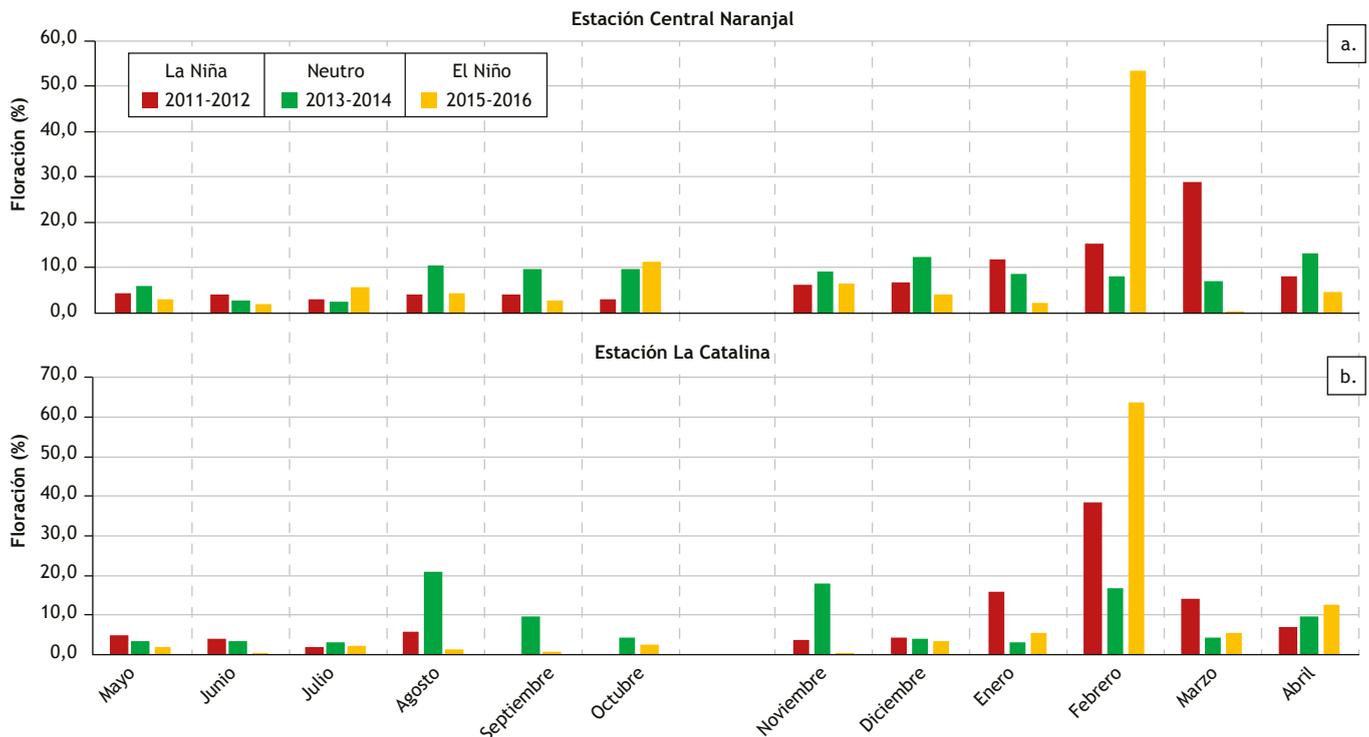


Figura 1. Distribución de porcentajes relativos de floración en las Estaciones Experimentales de: a. Naranjal (Chinchiná, Caldas) y b. La Catalina (Pereira, Risaralda). (Fuente: Disciplinas de Fitotecnia y Experimentación, Cenicafé).

café, alcanzando los valores más altos de infección en los meses de mayor cosecha. Con base en este conocimiento se recomendaron tres calendarios de aplicaciones para las cuatro regiones cafeteras de Colombia (Norte, Centro-Norte, Centro-Sur y Sur), con cosecha principal en el primer semestre, segundo semestre y distribuida en ambos semestres (Rivillas *et al.*, 2011).

Estas recomendaciones de control han buscado que la roya se mantenga en niveles bajos de incidencia, con tasas de progreso menores en períodos cortos de tiempo, mayor cantidad de follaje funcional y sano, y que las plantas tratadas con fungicidas muestren una producción significativamente mayor con respecto a las plantas no tratadas.

Un control de roya iniciado o realizado a destiempo y con altos niveles de infección no detiene el daño que causa la enfermedad, el cual afecta la producción. Igualmente, al iniciarse un control tardío, los fungicidas aplicados son ineficientes porque el daño que ya ha causado el patógeno es irreversible. Algunos fungicidas curativos o erradicativos actúan contra patógenos limitando el desarrollo de la lesión y cicatrizándola, pero el tejido afectado previamente no se regenera. El efecto acumulado de estos eventos ocasiona epidemias de mayor impacto y reducciones significativas

de la producción en los cultivos susceptibles a la enfermedad (Rivillas *et al.*, 2011).

Como consecuencia de los cambios ocurridos por efecto de las variaciones climáticas (La Niña o El Niño), al igual que la variabilidad climática local y regional, se ha favorecido no solo la enfermedad, sino que también han afectado los períodos de floraciones. Esta situación ha requerido ajustar los inicios de las aplicaciones, sin seguir en forma exacta los Calendarios Fijos, para lo cual se necesita incorporar un criterio más flexible a partir de la distribución de las floraciones, particularmente la floración principal, para evitar controles prematuros o tardíos con respecto a la fenología de la planta. Esta desviación en algunos casos llega a ser de 30 a 45 días o más, antes o después de lo recomendado inicialmente para los Calendarios Fijos (Rivillas *et al.*, 2011).

Control de la Roya con base en la Floración Principal

En este Avance Técnico se presentan los resultados de dos experimentos en los cuales se evaluaron tratamientos contra la roya con base en los dos criterios de control: calendario fijo y floración principal. Estas investigaciones se realizaron en dos lotes comerciales de café en fincas de

caficultores, situados en regiones con distribución de cosecha principal en el segundo semestre del año. De los dos experimentos se presenta la información considerada de mayor relevancia para el caficultor en el control de la roya y se compara con el resultado donde las plantas no tuvieron la aplicación de fungicidas (testigo absoluto) para que se entienda cómo, cuándo y por qué se hace necesario controlar oportuna y adecuadamente esta enfermedad.

Experimento 1. Se realizó en una zoca de variedad Caturra de 12 meses (inicio del experimento), sembrada a 1,0 x 1,0 m a libre exposición, a 1.250 m de altitud en Palestina (Caldas). En el año 2012 la floración principal ocurrió el 20 de diciembre, en el 2013 fue el 28 de enero y en el 2014 el 21 de febrero. Con base en esta información, el control de la roya se anticipó 60 días en el año 2012, 25 días en el 2013 y 8 días en el 2014, comparado con el sistema calendario fijo que indica el inicio de aplicaciones a partir de la primera semana del mes de mayo, respectivo (Rivillas *et al.*, 2011). Se compararon diferentes tratamientos con el fungicida cyproconazole+thiamethoxam (Verdadero WG 600) aplicado al suelo, los cuales después de tres años de investigación mostraron un eficiente control de la roya (Figura 2) cuando las aplicaciones se iniciaron 60 días después de la FP y una segunda aplicación 75 días después de realizada la primera aplicación.

Las respuestas en el control de la roya con los dos sistemas fueron similares; sin embargo, en algunos meses este control se favoreció con el criterio de floración principal. En ambos criterios se presentaron

diferencias estadísticas significativas por menor infección por roya en incremento en la producción (12% y 16%) entre las plantas con aplicación de fungicidas con respecto a las plantas no tratadas. Las diferencias del 16%, en un período de tres años, se registraron a favor de las plantas que tuvieron control de la roya con base en el criterio de floración principal.

Experimento 2. Inició con plantas (siembra nueva) de la variedad Caturra de 14 meses, sembradas a una distancia de 1,0 x 1,0 m y calles de 1,5 m, a libre exposición, ubicadas a 1.200 m de altitud en Palestina (Caldas). En el año 2014 la floración principal se registró el 16 de enero, en el 2015 fue el 26 de enero y en el año 2016 fue el 12 de febrero. Con base en estas fechas, los controles de la roya se anticiparon 45 días en el año 2014, 35 días en el 2015 y 20 días en el 2016, comparados con el criterio de calendario fijo que indica inicio de aplicaciones en la última semana del mes de abril o en la primera semana del mes de mayo. Se compararon dos dosis del producto flutriafol + azoxystrobin (Authority 250 SC) aplicado al follaje, con dos aplicaciones, la primera 60 días después de ocurrida la floración principal y la segunda 60 días después de realizada la primera aplicación, comparado con los tratamientos que siguieron el calendario fijo y con plantas sin la aplicación de fungicidas (testigo absoluto).

El resultado más eficiente en el control de la roya para una región con cosecha principal en el segundo semestre del año se obtuvo realizando las dos aplicaciones del fungicida evaluado, con una dosis de 0,75 L del producto comercial por hectárea y por aplicación, a los 60 y 120 días

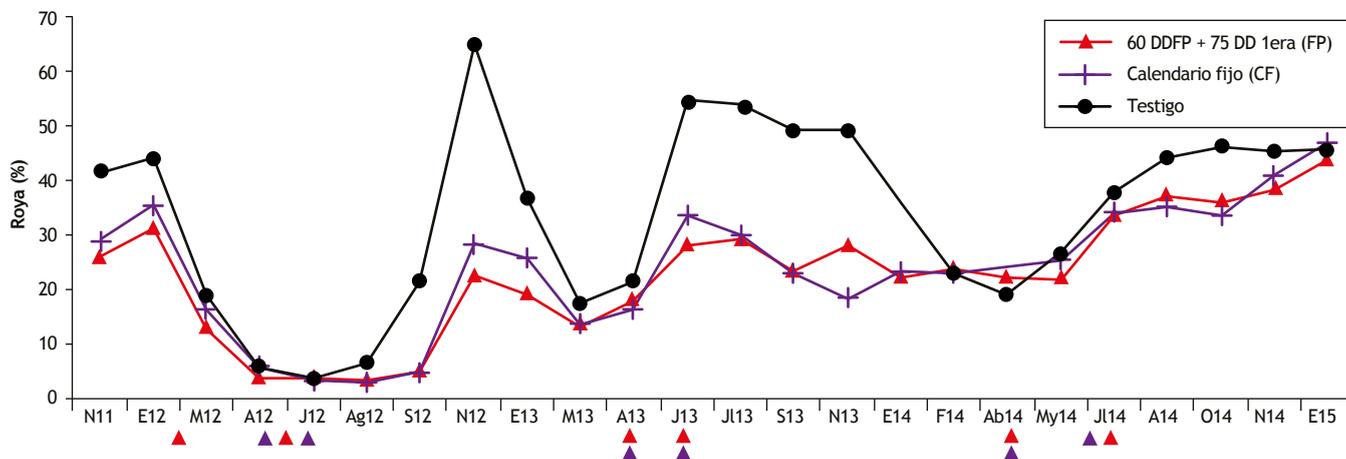


Figura 2. Progreso en la incidencia de la roya en plantas tratadas con el fungicida cyproconazole + thiamethoxam (Verdadero WG 600) siguiendo los criterios de FP y de CF, comparadas con un testigo sin aplicación de fungicidas. Las flechas rojas indican las aplicaciones del fungicida en floración principal y las moradas con base en el calendario fijo.

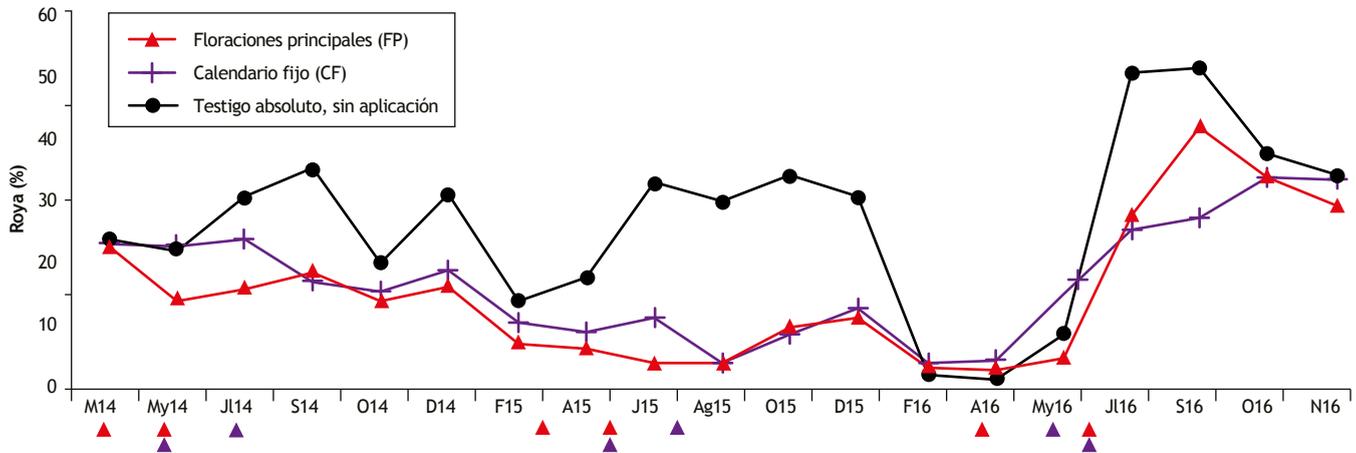


Figura 3. Progreso de la incidencia de roya (%) en ramas primarias de plantas tratadas con el fungicida flutriafol + azoxystrobin (Authority®250 SC) siguiendo los criterios de floración principal y de calendario fijo, comparadas con un testigo absoluto sin aplicación de fungicidas. La flecha roja indica las aplicaciones del fungicida con floración principal y la flecha morada en calendario fijo.

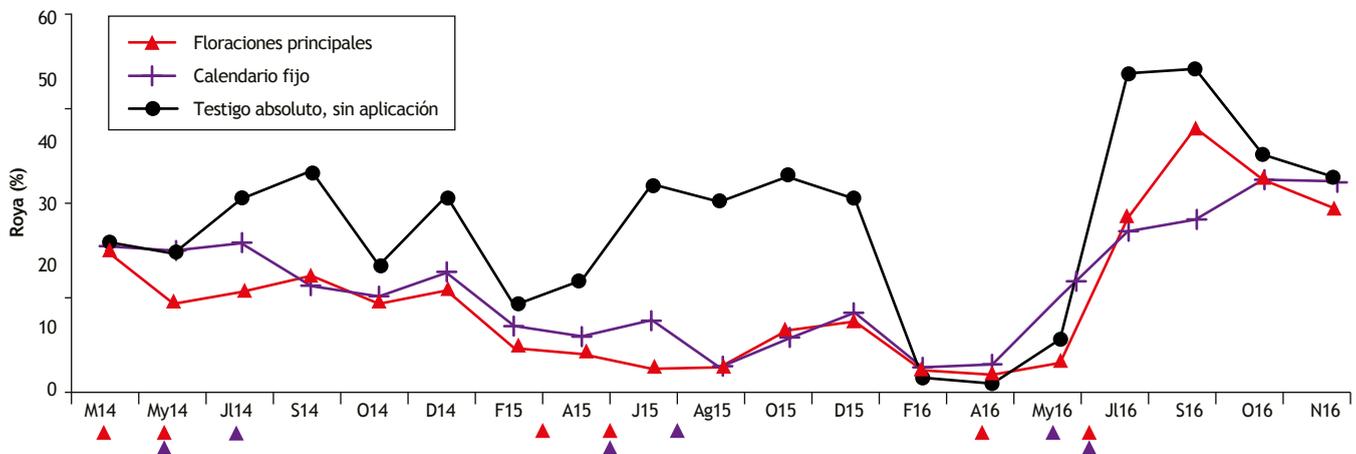


Figura 4. Progreso de la incidencia de roya (%) en ramas secundarias de plantas tratadas con el fungicida flutriafol + azoxystrobin (Authority®250 SC) siguiendo los criterios de floración principal y de calendario fijo, comparadas con un testigo absoluto sin aplicación de fungicidas. La flecha roja indica las aplicaciones del fungicida con floración principal y la flecha morada en calendario fijo.

después de la floración principal, resultado que mostró diferencias estadísticas frente al criterio de calendario fijo, tanto en las ramas primarias como en las ramas secundarias, en los meses donde se aplicó el fungicida. De este modo se logró no solo reducir la roya sino retener una mayor cantidad de follaje el cual es requerido durante el período crítico de llenado de los frutos (Rivillas *et al.*, 2017). El inicio más temprano de las aplicaciones mostró niveles más bajos de enfermedad, resultado que se reflejó en una menor dispersión de inóculo del patógeno y en menores ciclos de infección (Figura 3 y Figura 4). Los altos niveles de infección por roya al final de la epidemia siempre coinciden con el final de la cosecha y por ello no tienen influencia en la producción. De este modo el ciclo epidémico finaliza con la caída de las hojas, tanto

en las plantas tratadas como en las que no tienen control de la enfermedad. Con ambos criterios fue menor la incidencia de la enfermedad y mayor la producción con respecto a las plantas testigo que no tuvieron la aplicación de fungicidas. La reducción de la producción en las plantas que no tuvieron el control de la roya fue de 29% en un ciclo de cuatro cosechas (Rivillas *et al.*, 2017).

Ayudados en los resultados de estos dos experimentos, en la Figura 5 se presenta la implementación del control de la roya a partir del momento en la floración principal en las plantas de café, en un lote sembrado con una variedad susceptible como Caturra.

Definido el criterio de inicio de las aplicaciones contra la roya y dependiendo del ingrediente activo

y modo de acción del fungicida, en la Tabla 1 se relacionan los productos investigados en Cenicafé, en los últimos 11 años, para el control de la roya en variedades susceptibles como Caturra, y

cuyos resultados, con una confiabilidad del 95%, le permiten al caficultor controlar la enfermedad oportuna y eficientemente, y tener mayores producciones por hectárea.



DDFP: días después de la floración principal

Figura 5. Criterio para el control de la roya del café en Colombia con base en floraciones principales.

Tabla 1. Fungicidas recomendados para el control de la roya del café en variedades susceptibles en Colombia, actualizados al mes de julio de 2018 y ajustados al criterio de aplicación según floraciones principales.

Aplicación	Tipo de fungicida	Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis		Concentración*		Criterios de aplicación				Período de carencia en café (días)
				kg ha ⁻¹	L ha ⁻¹	g L ⁻¹	ml L ⁻¹	1ra Apl. DDF	2da Apl. DD de la primera aplicación	3ra Apl. DD de la segunda aplicación	4ta Apl. DD de tercera aplicación	
Follaje	Preventivo	oxicloruro de cobre 50%	Oxicloruro de Cobre 50%	3		10		60	45	45	45	-
Follaje	Preventivo Curativo	hexaconazole	Mildium 50 SC		1,50		3,5	60	45	60	-	35
Follaje	Preventivo Curativo	cyproconazole	Alto 100 SL		0,25		1,0	60	45	60	-	15
Follaje	Preventivo Curativo Erradicativo	cyproconazole + azoxystrobin	Amistar ZTRA 28 SC		0,75		1,8	60	45	45	-	15
Follaje	Preventivo Curativo	pyraclostrobin	Comet EC		0,60		3,0	60	45	60	-	7
Follaje	Preventivo Curativo	flutriafol + azoxystrobin	Authority 250 SC		0,75		1,0	60	60	-	-	15
Suelo	Preventivo Curativo	cyproconazole + thiamethoxam	Verdadero 600 WG	1		2		60	45	-	-	14

*Concentración para 6.000 plantas/ha, la cual debe ajustarse si el número de plantas/ha se modifica. DDF: días después de la floración; DD: Días después.



Señor caficultor:

El factor clave para el control de la roya del cafeto es el monitoreo y cuantificación oportuna de las floraciones principales en cada lote y finca. Los calendarios fijos desarrollados por la FNC y Cenicafé, siguen vigentes en los planes de control de esta enfermedad; dado que han demostrado su eficacia en el control de la roya.

Cuando se presenten variaciones locales o regionales en las condiciones climáticas que determinen floraciones, y que no sigan la tendencia de los patrones históricos para las diferentes zonas cafeteras de Colombia, deben hacerse los respectivos ajustes en el control de la roya, con base en las floraciones principales.

Agradecimientos

Parte de los resultados de estas investigaciones se obtuvieron mediante los convenios de investigación cofinanciados entre FNC-Cenicafé y las compañías FMC (antes Cheminova) y

Syngenta. El autor agradece a los propietarios de las fincas La Argentina y El Sedán (Palestina, Caldas), a los asistentes de investigación Andrés Felipe Duarte, Alejandra Hoyos e Isabel Cristina Ramírez, y a los auxiliares Jaroliver Cardona, Carlos Rojas y Carlos Zuluaga.

Literatura citada

Alvarado A., G.; Cortina G., H.A.; Posada S., H.E. (2005). Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. *Avances Técnicos Cenicafé*, 337, 1-8.

Alvarado A., G. (2011). El café y la roya: Estrategias de resistencia incompleta. *Manizales: Cenicafé*.

Flórez R., C.P.; Ibarra R., L.N.; Gómez G., L.F.; Carmona G., C.Y.; Castaño M., A.; Ortiz, A. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. En FNC-Cenicafé (Ed.), *Manual del cafetero colombiano: investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 2, pp. 124-168). *Manizales: Cenicafé*.

Flórez R., C.P.; Maldonado L., C.E.; Cortina G., H.A.; Moncada B., M. Del P.; Montoya R., E.C.; Ibarra R., L.N.; Unigarro M., C.A.; Rendón S., J.R.; Duque O., H. (2016). *Cenicafé 1: Nueva variedad de porte bajo, altamente productiva, resistente a la roya y al CBD con mayor calidad física del grano*. *Avances Técnicos Cenicafé*, 469, 1-8.

Florez R., C.P.; Arias S., J.C.; Maldonado L., C.E.; Cortina G., H.; Mocada B., M.D.P.; Quiroga C., J.; Molina V., D.M.; Garcia, J.C.; Duque O., H. (2018). *Varietades Castillo® Zonales resistencia a la roya*

con mayor productividad. *Avances Técnicos Cenicafé*, 489, 1-8.

Moreno R., L.G.; Castillo Z., J. (1984). La variedad Colombia: Una variedad de café con resistencia a la roya *Hemileia vastatrix* Berk y Br. *Boletín Técnico Cenicafé*, 9, 1-25.

Moreno R., L.G. (2002). Nueva variedad de café de porte alto resistente a la roya del cafeto. *Revista Cenicafé* 53(2),132-143.

Ramírez B., V.H.; Arcila P., J.; Jaramillo R., A.; Rendón S., J.R.; Cuesta G., G.; Menza F., H.D.; Mejía M., C.G.; Montoya, D.F.; Mejía M., J.W.; Torres N., J.C.; Sánchez A., P.M.; Baute B., J.E.; Peña Q., A.J. (2010). Floración del café en Colombia y su relación con la disponibilidad hídrica, térmica y de brillo solar. *Revista Cenicafé*, 61(2),132-158.

Ramírez B., V.H.; Arcila P., J.; Jaramillo R., A.; Rendón S., J.R.; Cuesta G., G.; García L., J.C.; Menza F., H.D.; Mejía M., C.G.; Montoya, D.F.; Mejía M., J.W.; Torres N., J.C.; Sánchez A., P.M.; Baute B., J.E. (2011). Variabilidad climática y la floración del café en Colombia: Floración del café en Colombia y su relación con

la disponibilidad hídrica, térmica y de brillo solar. *Avances Técnicos Cenicafé*, 407, 1-8.

Rivillas O., C.A.; Serna G., C.A., Cristancho A., M.A., Gaitán B., A.L. (2011). La roya del cafeto en Colombia: Impacto, manejo y costos del control. *Boletín Técnico Cenicafé*, 36, 1-51

Rivillas O., C.A.; Hoyos G., A.M.; Ramírez P., I.C. (2017). Manejo de la roya: Nuevo fungicida para su control en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 480, 1-4.

