



Alertas tempranas para el manejo de enfermedades

“APLICACIÓN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL CULTIVO DEL CAFÉ AJUSTADO A LAS CONDICIONES PARTICULARES DEL HUILA”



Gustavo Adolfo Marín Ramírez

*Investigador Científico I
Disciplina de Fitopatología
Cenicafé*

Juan Manuel López Vásquez

Ing. Agrónomo M.Sc.

Ferney López Franco

*Asistente de Investigación
Disciplina de Entomología
Cenicafé*

Carlos Ariel Ángel Calle

*Investigador Científico III
Disciplina de Fitopatología
Cenicafé*





Debido a que el departamento del Huila cuenta con extensas áreas cultivadas en variedades susceptibles a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.), como Caturra, principalmente en la zona Sur del departamento, como parte del convenio “*Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo de café ajustado a las condiciones particulares de la caficultura del Huila*”, establecido entre la Gobernación del Huila, el Comité Departamental de Cafeteros del Huila y Cenicafé, se planteó como objetivo general “fortalecer los sistemas de alertas para problemas fitosanitarios y fenología de la planta de café”, y se incluyeron estudios epidemiológicos y de manejo integrado de la roya del cafeto como principal enfermedad de importancia económica y de la muerte descendente como enfermedad emergente de impacto local y potencial en algunas zonas, en este caso en los municipios de Pitalito y La Plata. Estos estudios se orientaron al establecimiento de alertas tempranas que contribuyan a la prevención, manejo y menor impacto de estas enfermedades en la economía de la región, que aporten a la sostenibilidad de la caficultura del Huila, y a la definición de las medidas de control fitosanitario ajustadas a las condiciones del departamento.

La caficultura del Huila al momento de iniciar el convenio de investigación en el año 2014, contaba con más del 50% del área sembrada con variedades susceptibles a la roya del cafeto, en edades de 1 a 12 años, y con aproximadamente el 80% del área distribuida en un rango de altitud entre 1.400 a 2.000 m. A pesar de existir recomendaciones generales a nivel nacional para el control de la roya del cafeto, la recomendación más importante sigue siendo la siembra de variedades resistentes. Sin embargo, es necesario realizar ajustes al manejo de esta enfermedad en función de la fisiología de la planta de café, el clima y las condiciones particulares de cada sistema de producción. El riesgo de la caficultura colombiana y la del Huila se ha incrementado en los últimos años, especialmente por la variabilidad climática y mayor frecuencia de eventos “La Niña” y “El Niño”, con impactos directos en la producción por efecto del incremento en la población de hongos causantes de enfermedades como son la roya, el mal rosado (*Erythricium salmonicolor*) y la muerte descendente (*Phoma* spp.), entre otros. Estas enfermedades tienen impacto general o local sobre los sistemas de producción de café, además de la rentabilidad, la sostenibilidad y el bienestar de las familias caficultoras.

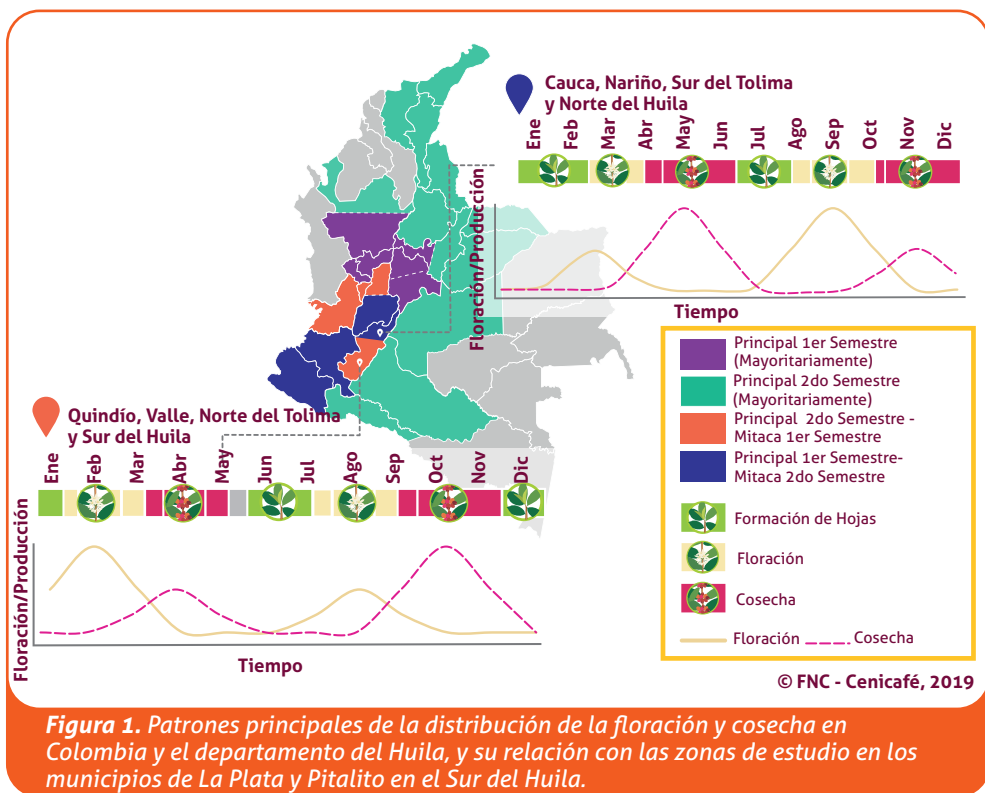
Para el año 2018, el departamento del Huila contaba con cerca de 150.000 hectáreas sembradas en café, de las cuales un 70% estaban establecidas en variedades resistentes a la roya del cafeto y el 30% restante correspondía a variedades susceptibles, con un promedio de edad de los cultivos cercano a los 5,4 años. Estos hechos indican el avance del Huila hacia una caficultura más tecnificada y altamente productiva, siendo este departamento el mayor productor de café en Colombia.

Floración del café en dos regiones del Huila

Comportamiento altitudinal vs. producción

La caficultura en Colombia está influenciada por el comportamiento de las variables climáticas en las diferentes zonas agroecológicas de cada región, los cambios asociados a la disponibilidad hídrica en el suelo, la temperatura del aire y el brillo solar, que afectan directamente la fenología del cultivo.

Este comportamiento permite identificar dos patrones generales de floración y de cosecha para Colombia en el primero y segundo semestres del año, y que a su vez generan cerca de cinco patrones regionales, dependiendo de la localización en las zonas Norte, Centro-Norte, Centro, Centro-Sur y Sur del país (Arcila y Jaramillo, 2003, Arcila, 2007, Flórez *et al.*, 2013). En el caso del Huila, son dos los patrones principales de distribución de la floración y cosecha en ambos semestres del año; uno con cosecha principal concentrada en el primer semestre para el Norte del Huila, y otro con cosechas principal y de mitaca o traviesa, repartidas en ambos semestres del año para el Centro y Sur del Huila. Dependiendo del año y de las condiciones climáticas y de la ocurrencia de los eventos “El Niño” o “La Niña” los patrones de distribución de la floración y cosecha pueden cambiar en su magnitud y distribución, pero el patrón general sigue siendo similar al histórico (Figura 1).

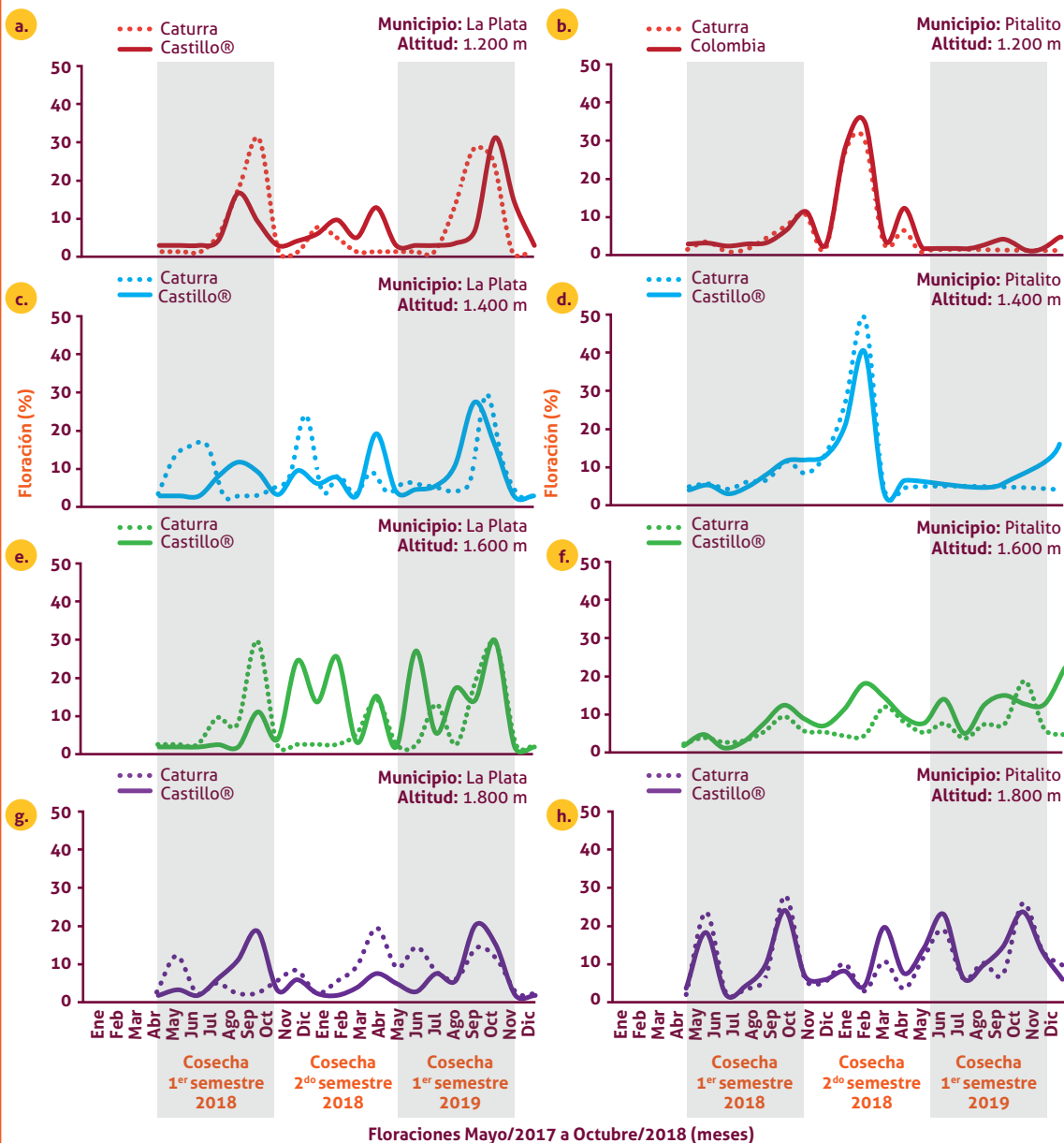


Para analizar el comportamiento reciente de la floración, durante el período de mayo de 2017 a octubre de 2018, se realizó un monitoreo en los municipios de La Plata y Pitalito en dos transectos, uno por cada municipio y en cuatro altitudes desde 1.200 a 1.800 m en cada transecto, en un lote sembrado en una variedad de café susceptible a la roya (Caturra) y otro en una variedad resistente (Colombia o Castillo®), en cada altitud, evaluando semanalmente la cantidad de flores en 60 árboles por lote, en dos ramas por árbol (Figura 2). Con la información obtenida se validaron los patrones que se asocian a las cosechas para los dos transectos. En el municipio de La Plata, la cosecha principal ocurrió mayoritariamente en el primer semestre y la cosecha de la mitaca o traviesa en el segundo semestre. Para el municipio de Pitalito, la cosecha principal se presentó en el segundo semestre y la mitaca en el primer semestre.

En cultivos ubicados en altitudes de 1.600 m y 1.800 m se encontraron variaciones o cambios del patrón de floración y cosecha, caracterizados por floraciones dispersas para los dos semestres del año, debido a que no ocurrieron períodos secos bien definidos ni prolongados, por lo que el café florece casi todo el año (Figura 2 e a h), comparados con los lotes ubicados en altitudes entre 1.200 y 1.400 m. A mayor altitud se genera una desuniformidad o lenta maduración del café y, por lo tanto, una recolección dispersa (Vélez *et al.*, 2000; Ramírez *et al.*, 2011; Rendón y Montoya, 2015)

En Colombia, el conocimiento de la fenología del cultivo ha permitido determinar las épocas oportunas para la realización de diferentes labores como la fertilización, el manejo de arvenses y el manejo integrado de plagas y enfermedades (Ramírez, 2014). Debido a esto, el manejo de la principal enfermedad que es la roya del cafeto, se ha venido ajustando a la fenología del cultivo y sus floraciones principales, dependiendo de la zona (Rivillas *et al.*, 2011, 2017).





© FNC - Cenicafé, 2019

Figura 2. Dinámica del porcentaje de la floración registrado en cultivos de café susceptibles a la roya (Caturra) y variedades resistentes (Colombia o Castillo®) en los municipios de La Plata y Pitalito, en el período desde mayo de 2017 a octubre de 2018 (floraciones correspondientes a la cosecha 2018-2019). a-b. A 1.200 m de altitud. c-d A 1.400 m de altitud. e-f. A 1.600 m de altitud. g-h. A 1.800 m de altitud. El período para la cuantificación de floraciones, para cada año de cosecha, se realizó entre el 1º de noviembre y 31 de octubre.

La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.)

La roya del cafeto, causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, es la enfermedad de mayor importancia económica y la de mayor impacto para el cultivo del café en el mundo. Es una enfermedad que afecta directamente las hojas de la planta ocasionando daños que reducen el área fotosintética, con alta defoliación y desarrollo de frutos de menor peso. Además, debilita y causa la muerte de ramas productivas y hasta de la planta completa cuando ocurre "paloteo", disminuyendo la productividad y sostenibilidad de los cultivos severamente afectados para los años siguientes (Figura 3).

Las pérdidas en la calidad y cantidad pueden oscilar entre el 23% y el 50% de la producción en variedades susceptibles como Típica, Borbón, Caturra, Geisha, Maragogipe y algunos Catimores introducidos, entre otros de origen desconocido, de las especies *Coffea arabica* y *C. canephora*, cuando no cuentan con un manejo adecuado y oportuno (Rivillas *et al.*, 2011, 2017).

Después de dos a tres semanas desde que el patógeno ha iniciado su infección, los síntomas aparecen como pequeñas manchas circulares de 2 a 4 mm de diámetro, de color amarillo clorótico en el envés de las hojas, lesiones que se unen y ocupan áreas irregulares de más de 5,0 cm de diámetro. Posteriormente, aparecen los signos del patógeno asemejándose a un polvillo anaranjado o color ladrillo, que corresponde a las urediniosporas agrupadas en pústulas o soros en el envés de la hoja (Figura 3). Estas esporas se diseminan por la lluvia, el viento o el agua, e infectan sitios adyacentes a la infección inicial, aumentando el área afectada, evento que ocurre repetitivamente (Rivillas *et al.*, 2011); cuando las lesiones alcanzan más del 30% al 40% de la superficie de la hoja, puede ocurrir su caída prematura, dependiendo de la edad y el estado nutricional de la misma.

Por estas razones, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y Cenicafé desde antes de la llegada de la roya a Colombia, en 1983, iniciaron el desarrollo de variedades mejoradas con resistencia durable a esta enfermedad, basada en la diversidad genética del cruzamiento de Caturra x Híbrido de Timor, como son las variedades Colombia, Castillo®, Tabi y Cenicafé 1 (Moreno y Castillo, 1984; Moreno *et al.*, 2002; Alvarado *et al.*, 2005; Alvarado, 2011; Flórez *et al.*, 2016, 2018). La estrategia de variedades compuestas sigue demostrando que es productiva y sostenible, logrando los mejores resultados económicos, sociales y ambientales para la caficultura colombiana. Se estima un impacto de la siembra de variedades resistentes a la roya en el 80% del área cultivada en Colombia cercano a \$200 millones de dólares al año, representados en ahorro al no tener que realizar control químico de la roya con fungicidas, además de los beneficios ambientales y para la salud de los caficultores (FNC – Cenicafé, 2018).

Las epidemias de la roya están relacionadas con la fisiología de la producción de frutos de café. Estas se inician a partir de las floraciones, que usualmente ocurren al principio de las temporadas de lluvias. La epidemia empieza de forma lenta cuando infecta hojas maduras y recién formadas, luego pasa por una fase de crecimiento rápido o acelerado durante la etapa de formación y llenado de los frutos, y termina en una fase máxima cuando alcanza la mayor incidencia y severidad en meses previos o durante a la cosecha de café (Rivillas *et al.*, 2011).

En el caso del departamento del Huila, los períodos históricos de floración ocurren entre enero-marzo y entre agosto-octubre, con variaciones dependiendo de aspectos climáticos que determinan las épocas de altas y concentradas floraciones. Los ataques de

roya inmediatamente posteriores a los períodos de floración principal son los de mayor impacto, favoreciendo las defoliaciones tempranas y la pérdida del área fotosintética que alimenta los frutos jóvenes. Existe entonces una relación directa entre los niveles de infección por roya registrados durante el período de llenado de frutos y la reducción en producción de café, el desarrollo vegetativo de la planta se retrasa y la producción del año siguiente se afecta negativamente (Villarraga y Baeza, 1987; Baeza y Villarraga, 1988; Rivillas *et al.*, 2011)



Monitoreo de la incidencia y epidemias de roya en los municipios de La Plata y Pitalito (2016 - 2018)

Durante los años 2016 al 2018 se estudió la dinámica de incidencia de la roya del cafeto en los municipios de La Plata y Pitalito, en cuatro cultivos en diferentes altitudes, entre 1.200 y 1.800 m, en cada transecto por municipio, tanto para la variedad susceptible Caturra como para la variedad resistente Castillo®.

Para cada cultivo de café, monitoreado mensualmente, se seleccionaron al azar y sistemáticamente 60 árboles y de cada uno de ellos se evaluó una rama del tercio productivo, con alta producción y con más de diez hojas presentes, determinando el porcentaje de incidencia de roya, medido como la cantidad de hojas con roya esporulada dividido en el total de hojas presentes multiplicado por 100.

El monitoreo de la enfermedad a diferentes altitudes indicó altos porcentajes de incidencia de roya, similares entre lotes de la variedad susceptible (Caturra), que contrastan con los porcentajes de incidencia más bajos para la variedad resistente (Castillo®), y se observan diferencias en la dinámica entre altitudes y localidades. Las mayores incidencias de la enfermedad se presentaron sobre la variedad Caturra en todos los rangos altitudinales, superando los niveles de incidencia por encima del 50% y llegando hasta el 70%, alcanzando los máximos de la epidemia entre los meses de julio a septiembre, en ambos municipios. Para el caso de la variedad resistente, se observaron incidencias que estuvieron por debajo del 10% y 20% dependiendo de la altitud, del clima, donde a menores altitudes las epidemias de roya, por lo general, fueron más severas (Figura 4).

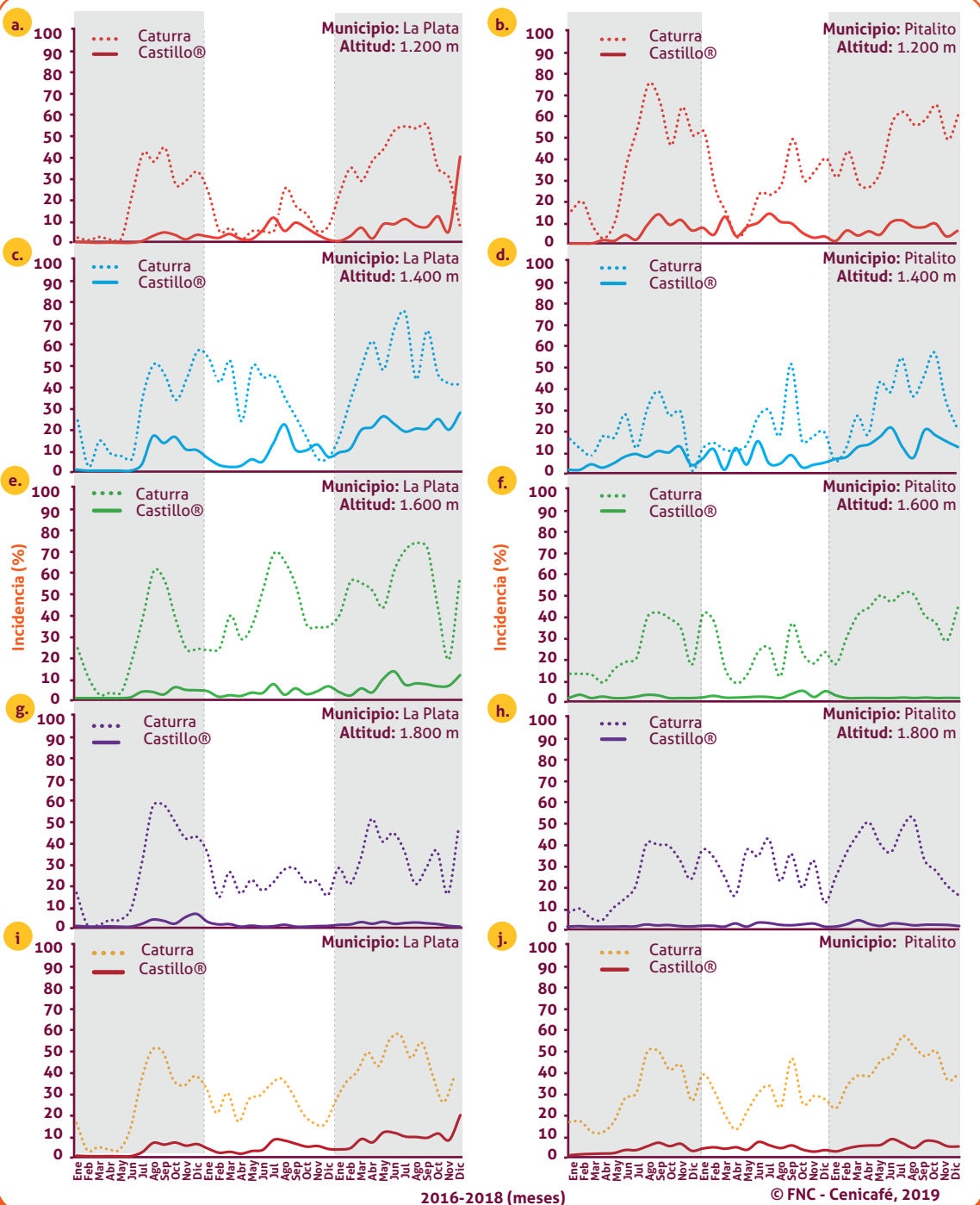


Figura 4. Dinámica de la incidencia de la roya del café en variedad susceptible (Caturra) y variedad resistente (Castillo®), en los municipios de La Plata y Pitalito, en el periodo entre enero de 2016 a diciembre de 2018. a-b. Caturra vs. Castillo® a 1.200 m de altitud. c-d. Caturra vs. Castillo® a 1.400 m de altitud. e-f. Caturra vs. Castillo® a 1.600 m de altitud. g-h. Caturra vs. Castillo® a 1.800 de altitud. i-j. Promedio del comportamiento de la incidencia de roya en variedad susceptible (Caturra) frente a la variedad resistente (Castillo®), en cuatro altitudes, en los municipios de Pitalito y La Plata.

Como era de esperarse, se observa una tendencia del aumento de la incidencia de la enfermedad en la variedad resistente en los mismos meses de mayor vulnerabilidad de la variedad susceptible, que corresponde al final de la epidemia de roya y que coincide con la época previa a la cosecha en cada región, lo cual se asocia a la fisiología de la planta (Figura 4). Es evidente la gran diferencia entre la incidencia de roya al comparar una variedad susceptible como Caturra versus la baja incidencia en la resistente Castillo® en todas las altitudes y en los dos municipios, donde la enfermedad no causa pérdidas en la producción en la variedad resistente. De allí que no se recomienda el manejo químico de la roya en una variedad con resistencia durable y diversa como Castillo® y Colombia.

Sembrar variedades con resistencia durable a la roya es una decisión en la cual el caficultor no se puede equivocar al establecer su cultivo. Para ello, actualmente cuenta con las variedades Castillo®, Cenicafé 1 y Tabi, genéticamente diversas, con resistencia de tipo completo e incompleto, que es un factor fundamental en la reducción de la enfermedad y su impacto potencial desde el comienzo del ciclo productivo. Las variedades desarrolladas por la FNC y Cenicafé son resistentes, pero no inmunes, lo cual explica la incidencia baja a moderada, con una baja severidad de la enfermedad; es decir, menor área afectada en las hojas que presentan pústulas de roya. Esta resistencia consecuentemente contribuye a la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de producción de café y al bienestar de los caficultores, lo cual adicionalmente está respaldado por la estrategia de la FNC “Más Agronomía, Más Productividad” (FNC – Cenicafé, 2018).

En ambos transectos, en Pitalito y La Plata, se presentaron los factores climáticos favorables para la enfermedad (Figura 5), la disponibilidad de inóculo de roya fue suficiente y se mantuvieron las prácticas de manejo agronómico acostumbradas por los caficultores, factores que contribuyeron a la generación y el desarrollo de epidemias de la enfermedad. Al analizar el comportamiento de la precipitación, la humedad relativa y la temperatura, entre enero de 2017 a diciembre de 2018, se observan diferencias entre transectos (Tabla 1).

Las condiciones favorables para las epidemias de roya se dan con alternancia de temperaturas altas en el día y frescas o bajas en las noches, con un rango entre 15 y 28°C, siendo el óptimo entre 22 y 23°C. La humedad relativa adecuada está alrededor del 70% o más, sin sobrepasar el 95% de forma permanente, y precipitaciones frecuentes en las tardes o noches, lo cual favorece la formación de películas de agua libre, entre 1 y 2 días, condiciones que garantizan la germinación, penetración e infección de los tejidos de la hoja del cafeto.

En La Plata no se observaron mayores diferencias entre altitudes para la humedad relativa diaria promedio, oscilando entre 77,9% y 80,4%, sin depender de la altitud. La temperatura promedio diaria osciló entre 17,5°C a 1.800 m y 20,2°C a 1.200 m, con el mínimo valor de temperatura de 13,5°C a 1.800 m, valor inferior al adecuado para roya del cafeto que es de 15°C. En cuanto a precipitación promedio, esta osciló entre 3,6 y 3,8 mm diarios, lo cual abastece parcialmente los requerimientos de lluvia por parte del cultivo, y no se observó efecto de la altitud, al tener la lluvia un comportamiento regional para este transecto (Tabla 1a).

En Pitalito tampoco se observaron diferencias entre altitudes para la humedad relativa diaria promedio, oscilando entre 79,8% y 84,5%, sin depender de la altitud. La temperatura promedio diaria osciló entre 17,4°C a 1.800 m y 20°C a 1.200 m, con el mínimo valor de temperatura de 13,9°C a 1.800 m, valor inferior al adecuado para roya

del cafeto. En cuanto a precipitación promedio, esta osciló entre 3,9 y 5,7 mm diarios, lo cual abastece en forma general los requerimientos de lluvia por parte del cultivo, pero con mayor precipitación en la zona de mayor altitud (Tabla 1b).

Los meses de menor precipitación van desde julio a septiembre para el transecto de La Plata, y de diciembre a febrero en el de Pitalito (Figura 5), los cuales generan el déficit hídrico en el suelo, suficiente para inducir las floraciones de las cosechas principales del primero y segundo semestre del año.



El conocimiento de la dinámica climática en las distintas regiones del Huila, puede ser usada como una herramienta importante en el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de café, permitiendo diferenciar y caracterizar las condiciones de microclima de cada zona o rango altitudinal, para ajustar el manejo y el control adecuado bajo condiciones locales del lote, finca o región.

Tabla 1. Valores promedio, máximo y mínimo diarios para la temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm), en los transectos altitudinales entre 1.200 y 1.800 m, en a) La Plata y b) Pitalito, desde enero de 2017 a diciembre de 2018.

a. La Plata					
Variable	Medida	1.200 m	1.400 m	1.600 m	1.800 m
Humedad Relativa (%)	Máximo	95,2	98,3	96,3	98,0
	Promedio	19,9	80,4	11,9	19,1
	Mínimo	56,5	53,4	52,2	48,3
Precipitación (%)	Máximo	84,5	59,0	52,8	57,3
	Promedio	3,8	3,6	3,8	3,6
	Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0
Temperatura (%)	Máximo	23,3	21,9	21,2	20,3
	Promedio	20,2	19,1	18,7	17,5
	Mínimo	17,1	15,8	15,3	13,5

b. Pitalito					
Variable	Medida	1.200 m	1.400 m	1.600 m	1.800 m
Humedad Relativa (%)	Máximo	99,3	96,3	98,9	99,9
	Promedio	84,5	19,8	84,5	81,8
	Mínimo	66,5	60,2	62,4	50,5
Precipitación (%)	Máximo	42,5	54,8	54,4	61,5
	Promedio	4,0	3,9	4,0	5,7
	Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0
Temperatura (%)	Máximo	22,8	21,9	20,7	20,0
	Promedio	20,0	19,3	18,4	17,4
	Mínimo	16,8	15,9	15,1	13,9

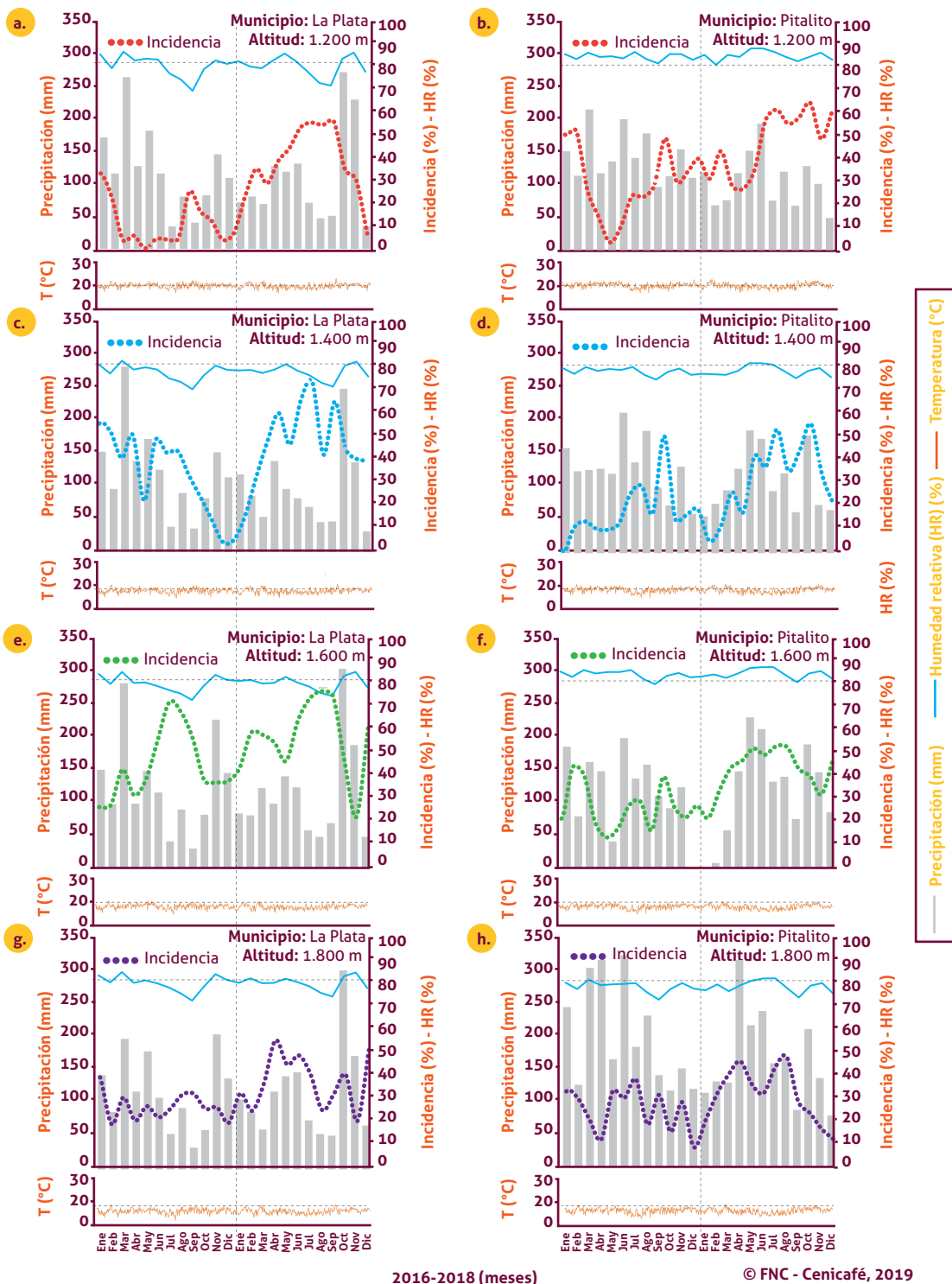



Figura 5. Dinámica de la incidencia de la roya del café en la variedad susceptible Caturra en los municipios de La Plata y Pitalito, en el período entre enero de 2017 a diciembre de 2018, con relación a la precipitación mensual (mm), la humedad relativa promedio mensual (%) y la temperatura promedio diaria (°C), en diferentes rangos de altitud. a. La Plata a 1.200 m; b. Pitalito a 1.200 m; c. La Plata a 1.400 m; d. Pitalito a 1.400 m; e. La Plata a 1.600 m; f. Pitalito a 1.600 m; g. La Plata a 1.800 m; h. Pitalito a 1.800 m.

Relación entre incidencia, severidad y defoliación causada por la roya del cafeto en La Plata y Pitalito (2018)

Teniendo en cuenta la dinámica de progreso de la incidencia de la roya en los dos transectos, en la variedad susceptible Caturra, en la cual se alcanzaron porcentajes de incidencia superiores al 40% e inclusive llegando a más del 70%, tanto en La Plata como en Pitalito, durante el período de diciembre de 2017 a diciembre de 2018 se investigó la relación entre la severidad y su efecto sobre la defoliación o caída de las hojas en los diferentes perfiles altitudinales. Este estudio se realizó solo en los lotes de variedad Caturra, donde se seleccionaron 60 árboles por cada lote, diferentes a los que se usaron aleatoriamente para el monitoreo mensual de incidencia. Se marcó una rama del tercio productivo de cada árbol, que contara siempre con un mínimo diez hojas en cada evaluación mensual, para determinar la incidencia, medida como el porcentaje de hojas afectadas por roya, y la severidad, medida como el porcentaje de área afectada por roya que cubre cada hoja de la rama, con base en la presencia o ausencia de las hojas en cada evaluación progresivamente. En el momento en que el lote respectivo registró pérdidas del 50% de las hojas evaluadas, se realizó un nuevo marcaje de ramas para retomar la evaluación de severidad y número de hojas presentes o ausentes. En Pitalito se realizaron dos cambios de ramas y en La Plata tres cambios.

Se observó una relación estrecha entre la incidencia y la severidad de roya en todos los lotes y en las diferentes altitudes de los transectos de La Plata y Pitalito; es decir, a mayor incidencia mayor severidad, lo cual también llevó a una alta defoliación. La dinámica del progreso de la severidad acompañó de forma similar el progreso de la incidencia a través del tiempo. Los picos más altos de incidencia y severidad para La Plata ocurrieron entre los meses de junio y agosto de 2018, y para Pitalito entre julio y septiembre del mismo año (Figura 6). Estos picos se alcanzan cuando se llega al tope máximo de la epidemia de la enfermedad, que coincide con los meses previos a la cosecha de café del segundo semestre del año, que se dio entre agosto y octubre, siendo más disperso en La Plata.



Usualmente los mayores valores de defoliación se alcanzan en los meses de máxima incidencia y severidad, pero dependiendo del manejo, la nutrición, la dispersión de las floraciones y la altitud, progresivamente se incrementa la defoliación cuando se avanza en el período de cosecha. Seguidamente, tanto la incidencia como la severidad descienden por efecto de la defoliación y la formación de follaje nuevo cuando llegan las lluvias. Esta defoliación es producida además por el desgaste fisiológico que tiene la planta al producir café, la edad de las hojas que alimentaron dicha producción y su senescencia, el clima, las deficiencias nutricionales y las labores propias del manejo y la cosecha.

Estos resultados reiteran investigaciones previas de Cenicafé (Villarraga y Baeza, 1987; Baeza y Villarraga, 1988), donde se indica la relación directa entre la incidencia y la severidad de la roya en una variedad susceptible como Caturra. Los niveles de incidencia deben estar por debajo del 13% en los meses siguientes a la floración principal, e inferiores al 5% durante el llenado de los frutos, para que no ocurran pérdidas en la producción. De igual forma, con el control químico se busca contar con al menos el 70% de follaje sano, libre de roya en la zona productiva, y evitar que defoliaciones por encima del 26% empiecen a generar pérdidas en la producción.

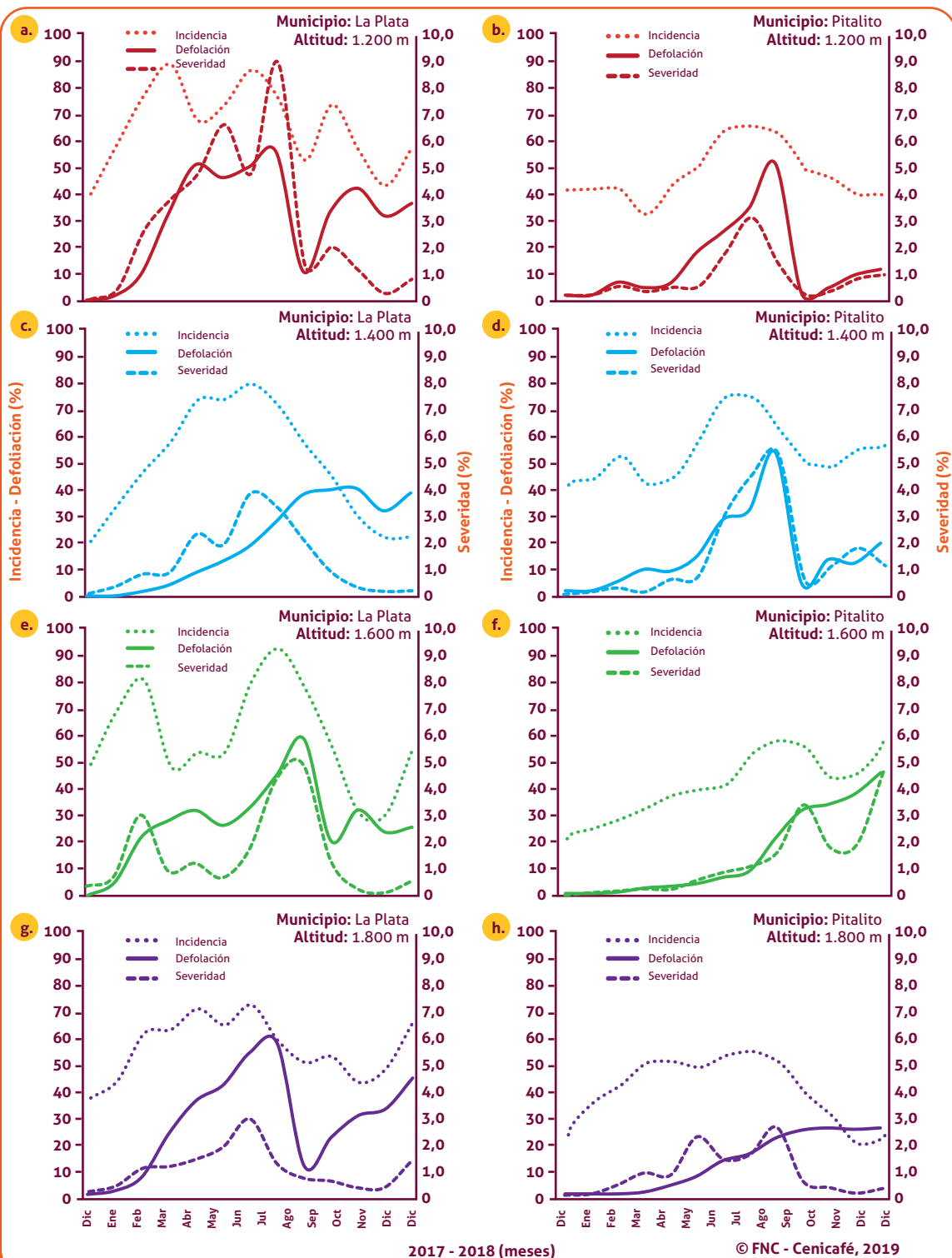


Figura 6. Dinámica de la roya del café comparando incidencia, severidad y defoliación en la variedad Caturra, en los municipios de La Plata y Pitalito, en el período entre diciembre de 2017 a diciembre de 2018. a-b. A 1.200 m de altitud; c-d. A 1.400 m de altitud; e-f A 1.600 m de altitud; g-h. A 1.800 de altitud.

Muerte descendente (*Phoma* spp.)

La enfermedad de la muerte descendente del cafeto es causada por hongos del complejo *Phoma* spp., la cual causa lesiones necróticas en hojas jóvenes y brotes, que luego se mueren, avanzando en forma descendente en los tejidos en desarrollo, afectando las zonas de crecimiento. Genera malformación en plantas de café, en todas las etapas de cultivo, desde el almácigo, siembras nuevas en el campo, renovaciones por zoca y hasta en etapa productiva en el campo. En Centroamérica ha causado pérdidas cercanas al 80% en almácigos severamente afectados y cerca al 30% en cultivos jóvenes en producción.

Esta enfermedad puede causar graves problemas a altitudes mayores a 1.600 m, por la presencia de eventos climáticos de corrientes fuertes de aire frío, acompañados de temperaturas nocturnas por debajo de 14°C, brillo solar entre 3 y 6 horas al día, y alta humedad relativa diurna, condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad. Debe tenerse especial cuidado en no confundir los síntomas y daños producidos en las hojas tiernas y brotes por la muerte descendente (*Phoma* spp), con los causados por la chinche de la chamusquina (*Monalonion velezangeli*) o con los síntomas de deficiencia de boro (Gil y Leguizamón, 2000; Villegas *et al.*, 2009; Menza y Peláez, 2015).

Los ataques inmediatamente posteriores a los períodos de formación de tejido vegetativo de brotes y hojas, son los que alcanzan mayor severidad e impacto, favoreciendo defoliaciones, atrofia y muerte de ramas, "paloteo" y pérdida de tejidos para floración y producción (Figura 7). El desarrollo vegetativo de la planta se retrasa drásticamente, la planta se desgasta tratando de reponer brotes y ramas, y se afectan los ciclos de producción y renovación sucesivos. Usualmente no es una enfermedad de distribución generalizada en los lotes, fincas o regiones, más bien se produce en focos y bordes de los lotes que están expuestos a los factores climáticos favorables para el desarrollo de la enfermedad; por lo tanto, no es una enfermedad de impacto económico nacional o de amplias regiones, pero sí lo es localmente en zonas de algunos municipios en el departamento del Huila.

a.



b.



Figura 7. a. Síntomas de muerte descendente del cafeto causada por hongos *Phoma* spp.; necrosis en los tejidos jóvenes de hojas y brotes en desarrollo; b. Fuerte defoliación, muerte de hojas y brotes tiernos de las ramas productivas.

Monitoreo de la muerte descendente (*Phoma* spp.) en los municipios de La Plata y Pitalito (2016-2018)

Teniendo en cuenta los análisis previos realizados para el convenio "Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo de café ajustado a las condiciones particulares de la caficultura del Huila", conociendo la presencia de muerte descendente en algunas zonas de la región Centro Occidental del Huila, en altitudes superiores a los 1.600 m, y considerando los eventos de variabilidad climática y el cambio tecnológico de la caficultura del Huila en diferentes áreas, se estudió la epidemiología y posible manejo de esta enfermedad emergente, si los resultados del estudio evidenciaban algún impacto.

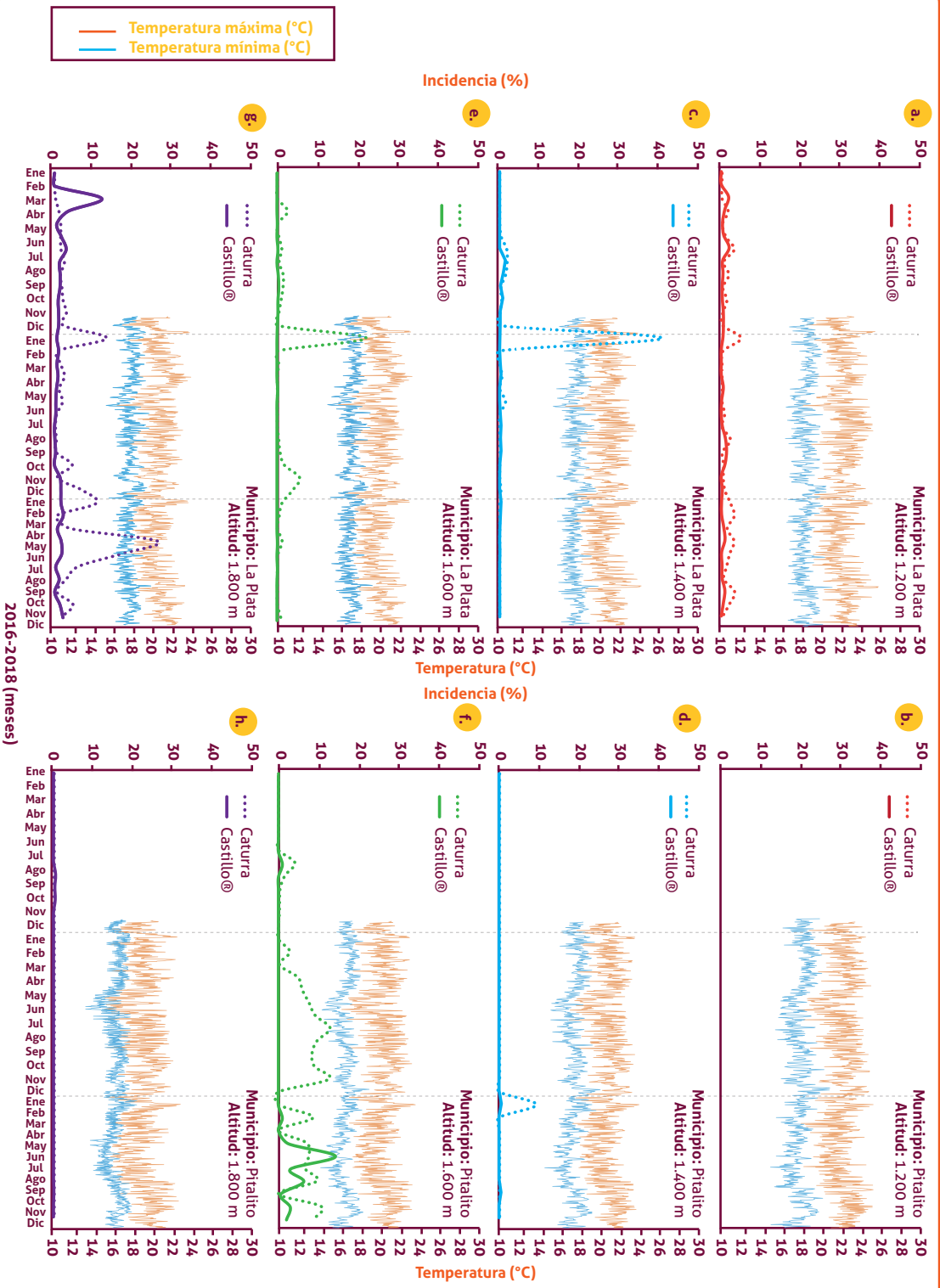
La enfermedad se monitoreó en función del porcentaje de brotes afectados en los tercios superior y medio productivo del árbol, de tal forma que mensualmente, mediante un muestreo al azar y sistemático, se evaluaron 60 plantas en todos los lotes, prioritariamente aquellos ubicados por encima de los 1.600 m de altitud, en ambos transectos, en los municipios de La Plata y Pitalito.

En las zonas de monitoreo no se observaron altos niveles de incidencia y por encima del 10% a través del tiempo, que permitieran la aparición de una epidemia continuada y severa de la enfermedad que necesitara manejo. Para ambos municipios, en la incidencia se registraron incrementos puntuales en los meses de mayores vientos, bajas temperaturas nocturnas y mayor radiación, como sucede en las épocas secas (enero a marzo y julio a septiembre), tanto en las variedades Caturra como Castillo®, pero sin algún impacto epidemiológico ni económico (Figura 8).

Específicamente, se observaron incrementos entre los meses de enero, febrero y marzo de 2017 y mayo, junio, julio y octubre de 2018. En estas épocas ocurrieron cambios fuertes de temperatura y distribución de las lluvias entre el final de la temporada seca del segundo semestre de 2017 y el inicio de la primera temporada de lluvias de 2018, ambos dentro de un evento débil de "La Niña" (Figura 8). A pesar de darse una baja a moderada incidencia de muerte descendente, la prolongación de estos eventos fue insuficiente para el desarrollo de la epidemia, por encima del 10% o más, generando la reducción de la incidencia, dentro de uno a dos meses siguientes; es decir, se redujo el porcentaje de tejidos con daños frescos o nuevos observados rápidamente.

Al analizar las condiciones que favorecen la enfermedad de forma general, con temperaturas entre 18 y 22°C, con presencia de temperaturas mínimas inferiores a 14°C y amplitud térmica de 11,5°C, se observa que algunas de estas condiciones se presentaron para ambos transectos. Para Pitalito se registró un promedio de temperatura diaria máxima de 22,8°C a 1.200 m de altitud y un mínimo de 13,9°C a 1.800 m, y en La Plata el máximo de temperatura fue 23,3°C a 1.200 m y el mínimo de 13,5°C a 1.800 m, pero no se obtuvo la amplitud térmica requerida de 11,5°C (Tabla 1, Figura 8).

Se observó una relación entre la incidencia por muerte descendente con los daños causados por roya en la variedad Caturra con respecto a la variedad Castillo® que presentó baja incidencia de esta enfermedad. Esto se debe a la alta defoliación causada por roya en Caturra, que dejan expuestos al viento y a los cambios de temperatura y radiación los tejidos jóvenes de brotes, ramas y hojas, lo cual se observó en los lotes por encima de los 1.600 m, principalmente en el transecto de La Plata, y en forma leve en Pitalito a igual altitud, sin impacto económico (Figura 8).



© FNC - Cenicafé, 2019

Figura 8. Dinámica de la incidencia de muerte descendente en los años 2016 al 2018 en variedades Caturra y Castillo@ y su relación con las temperaturas máximas y mínimas (°C), en los transectos altitudinales en La Plata y Pitalito, entre enero de 2016 a diciembre de 2018. a-b. A 1.200 m; c-d. A 1.400 m; e-f. A 1.600 m; g-h. A 1.800 m. No se dispone de datos de temperatura máxima y mínima para el año 2016.

Validación de los criterios para el manejo integrado de roya del café en el Sur del Huila

El manejo químico de la roya del café en Colombia se ha hecho históricamente siguiendo dos criterios (Rivillas *et al.*, 2011):

1. Los niveles de infección (porcentaje de incidencia), de acuerdo con el período de desarrollo de los frutos entre los 60 y 180 días de edad.
2. Los calendarios fijos determinados por las épocas históricas de floraciones y patrones de cosecha en las diferentes regiones, donde las aplicaciones se hacen en el momento fenológico adecuado para proteger el follaje responsable de la cosecha en desarrollo.

Cenicafé viene investigando el ajuste en el inicio de las aplicaciones a partir de los 60 días después de ocurrida la floración principal, considerando las alteraciones de los patrones históricos, sea por el adelanto o el retraso con respecto a los históricos, debido a eventos de variabilidad climática local o regional (Rivillas *et al.*, 2011, 2017).

Para esta validación en el Huila, la estrategia de manejo químico de roya se implementó inicialmente bajo el criterio de aplicaciones según calendarios fijos, teniendo como base los períodos históricos de floración para la cosecha principal en el segundo semestre del año, como ocurre para la zona Sur del Huila. Este comportamiento histórico indica que, de darse floraciones entre enero y marzo de cada año, el inicio de aplicaciones de fungicidas ocurre en la primera semana del mes de mayo, seguido de una aplicación en la tercera semana de junio y la final en la tercera semana de agosto, dependiendo del producto a utilizar (Rivillas *et al.*, 2011).

Se seleccionaron dos cultivos de la variedad Caturra, en altitudes de 1.200 y 1.400 m en el transecto de Pitalito, que contaron con las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad y que generaron epidemias, tanto en las parcelas con control y sin control de la enfermedad. Para el manejo de la roya en el año 2016 y 2017, la validación siguió el criterio de calendarios fijos con base en históricos de floración. Para el 2018 se siguió el criterio de ajuste a la ocurrencia de la floración principal (Rivillas *et al.*, 2017), y en todos los casos se comparó con el manejo dado por el caficultor según sus propios criterios.

Para el cultivo a 1.400 m de altitud (Figura 9), durante los años 2016 y 2017, el manejo dado por caficultor no logró reducir la dinámica del progreso de la incidencia de la roya por dos factores: 1) la aplicación del fungicida no fue oportuna con base en la fenología de la planta, y 2) el uso de algunos fungicidas no recomendados por Cenicafé, lo cual no asegura su efectividad en el control, al no contar con respaldo experimental. En el manejo dado por Cenicafé se utilizó el fungicida cyproconazole + thiamethoxam (Verdadero 600 WG) aplicado al suelo, con el cual se logró reducir la epidemia, y aunque se aplicó en la época establecida en los calendarios fijos, su aplicación fue relativamente tardía respecto a las floraciones principales (90 y 180 días después de floración), las cuales habían ocurrido anticipadamente en el mes de diciembre de 2016. Para el 2017, dados los niveles de incidencia superiores al 50% justo después de ocurrida la floración principal, se intentó bajar la tasa de progreso y prevenir defoliación prematura con una aplicación inicial de cyproconazole (Alto 100 SL), 45 días después de la floración, seguido por las dos aplicaciones en mayo y junio del fungicida cyproconazole + thiamethoxam (Verdadero 600 WG) al suelo; sin embargo, la epidemia estaba avanzada desde el año anterior y el control no presentó los resultados esperados en el 2017, así la epidemia haya sido menor respecto al manejo dado por el agricultor.

En el 2018, el agricultor, a pesar de haber tratado de ajustarse a un calendario fijo siguiendo los resultados de años previos del manejo dado por Cenicafé, seleccionó adecuadamente el ingrediente activo cyproconazole, pero utilizó otro producto que no es recomendado por Cenicafé, y solo realizó dos de las tres aplicaciones requeridas (Figura 9b), dando como resultado la estabilización temporal de la tasa de progreso de roya, que posteriormente se incrementó y le causó daños severos. En el caso del manejo dado por Cenicafé, se ajustó a las floraciones principales ocurridas en febrero de 2018, determinando el inicio de las aplicaciones 60 días después de su ocurrencia, es decir, iniciando el mes de abril y no en mayo como recomendaba el calendario fijo, con intervalos de 45 días entre las tres aplicaciones del fungicida cyproconazole + azoxystrobin (Amistar ZTRA 28SC) (Rivillas *et al.*, 2011). Se registró una reducción de la tasa de progreso de la incidencia de la enfermedad durante la formación y llenado de los frutos, hasta el momento de la cosecha cuando la incidencia de la roya se incrementó por su relación estrecha con la fisiología de la planta y la producción de café (Figura 9c).

En la validación del manejo de roya en el lote de Caturra, a 1.200 m de altitud, que se inició en el 2017 (Figura 10), el agricultor utilizó fungicidas no recomendados por Cenicafé, pero logró reducir inicialmente la tasa de progreso de la incidencia gracias a que realizó la aplicación del fungicida en abril, así las floraciones hayan ocurrido entre diciembre de 2016 y enero de 2017. En el manejo dado por Cenicafé en el 2017, a pesar de haber reducido la tasa de progreso de la roya, el control fue relativamente tardío, sin lograrse los resultados esperados siguiendo el calendario fijo, por lo distante de la época a la floración principal.

Para el 2018, el agricultor mantuvo su esquema de aplicación en abril y agosto, empleando un fungicida no recomendado por Cenicafé, pero no logró un control efectivo, ni la reducción de la tasa de progreso de la enfermedad (Figura 10b). Para el manejo dado por Cenicafé, se cambió el criterio y se ajustó teniendo en cuenta que las floraciones principales ocurrieron al finalizar febrero e iniciar marzo. A pesar de partir con un remanente alto de roya de la epidemia del 2017, se inició con una aplicación a los 60 días después de ocurridas las floraciones principales, seguida con otras dos aplicaciones a intervalos de 45 días cada una, según la recomendación de Cenicafé para el fungicida cyproconazole + azoxystrobin (Amistar ZTRA 28SC). Este plan de manejo redujo la tasa de progreso de la roya y mantuvo niveles inferiores cercanos al 30% durante el llenado de los frutos hasta su cosecha, cuando se incrementa la incidencia de roya siguiendo la fisiología de la producción de café (Figura 10c); el objetivo es conservar el 70% del follaje sano en la zona productiva del árbol durante la fase final de la epidemia antes de la cosecha.

Así se realice el control químico de la roya del cafeto en la variedad Caturra se han pérdidas del 7% en producción, y en los estudios de Cenicafé evaluando, las progenies élite y componentes de las variedades resistentes a la roya, el 21% de ellas tienen mejor producción que Caturra con control químico (Aristizábal y Duque, 2007). Estos datos reiteran que la siembra de variedades resistentes a la roya es una decisión en la cual el caficultor no se puede equivocar, y es una práctica eficiente y rentable.



Los resultados obtenidos indican que el criterio de manejo de roya, con ajuste a la ocurrencia de las floraciones principales, fue más oportuno y efectivo que el de calendario fijo para estos años y región cuando se concentran las floraciones, mientras que el de calendario fijo sigue vigente en el caso de floraciones dispersas y que concuerdan con los históricos.

Este ajuste del manejo de la enfermedad basado en la ocurrencia, concentración y magnitud de las floraciones se considera un acercamiento más preciso al desarrollo de la epidemia relacionado con la fisiología de la producción de la planta de cafeto, donde tanto las “floraciones principales” o las que producen la cosecha de “travesía o mitaca”, están sufriendo adelantos o retrasos, con relación a los picos históricos por la variabilidad climática regional, la altitud y por la ocurrencia de eventos de “El Niño” o “La Niña”.

Para ambos casos, los resultados reflejan que la adopción del criterio de ajuste a “floración principal”, iniciando el manejo de roya 60 días después de ocurrida la floración y continuando con una o dos aplicaciones a intervalos de 45 o 60 días, dependiendo del fungicida recomendado, es eficiente en el control de la enfermedad, reduciendo casi en un 30% la incidencia. Con este esquema de manejo se afectan los procesos infectivos del patógeno, lo cual se refleja positivamente en menores defoliaciones y pérdidas de producción. La eficiencia del control químico se afecta cuando las aplicaciones son tardías o sin un criterio técnico adecuado, generando una mayor acumulación de inóculo potencial de roya entre epidemias cuando las condiciones son favorables o en temporadas más cercanas a la época de cosecha.



Se deben considerar las precauciones en el uso de algunos fungicidas por sus períodos de carencia y reingreso al lote, que se deben mantener para cada producto y así evitar daños a la salud y al medio ambiente.

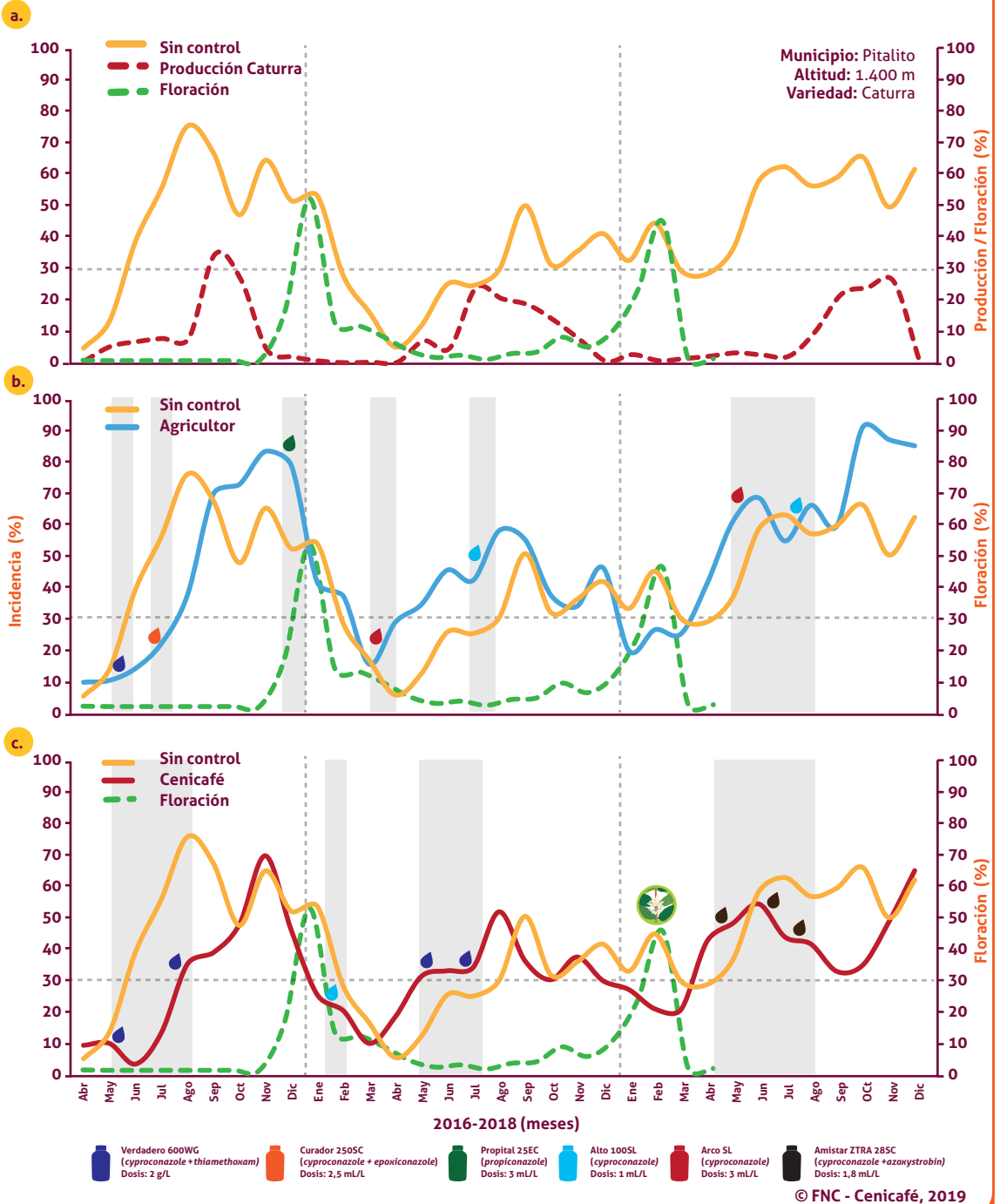


Figura 9. Comparación de la dinámica de la incidencia de roya bajo dos criterios de manejo en la variedad Caturra, en los lotes de validación del manejo integrado de la roya (MIR) en el municipio de Pitalito a 1.400 m de altitud. *a.* Dinámica de la incidencia de roya versus la producción relativa y floración; *b.* Dinámica de la incidencia de roya bajo el criterio de manejo según el agricultor; *c.* Dinámica de la incidencia de roya bajo el criterio de manejo según Cenicafé, basado el sistema de calendario fijo (Rivilla et al., 2011) y ajustado a floraciones principales (Rivillas et al., 2017).

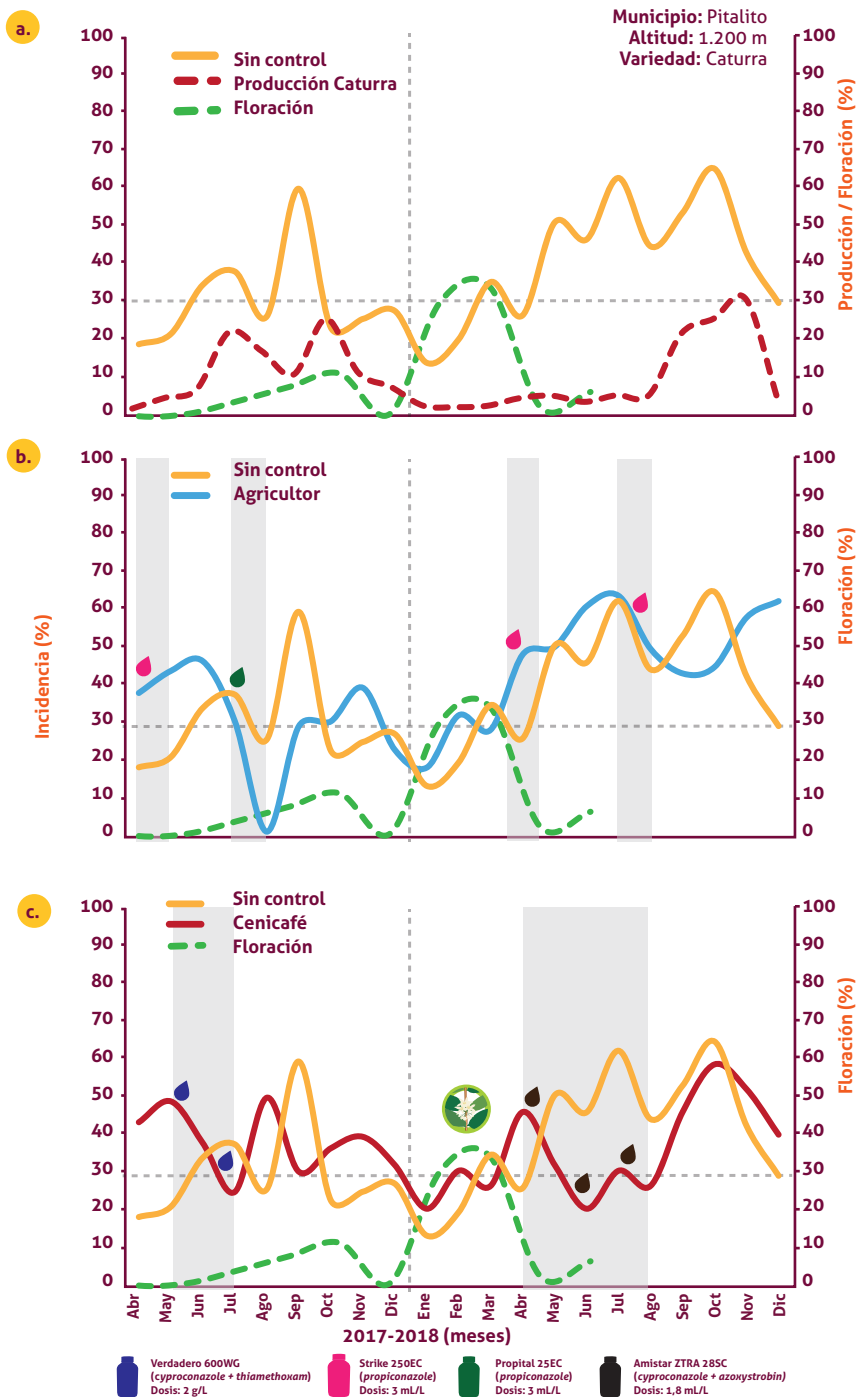


Figura 10. Comparación de la incidencia de la enfermedad bajo dos criterios de manejo en variedad Caturra, en el lote de validación de manejo integrado de la roya (MIR) en el municipio de Pitalito a 1.200 m de altitud. a. Dinámica de la incidencia de roya versus producción; b. Dinámica de la incidencia de roya bajo criterio de manejo según el agricultor. c. Dinámica de la incidencia de roya bajo criterio de manejo según recomendaciones de Cenicafé basado el sistema de calendario fijo para el 2017 según Boletín Técnico No. 36 (Rivillas et al., 2011) y basado en floración principal para el 2018 según Avance Técnico 480 (Rivillas et al., 2017).

Recomendaciones

Roya del cafeto

- La mejor, más eficiente, rentable y sostenible estrategia para el manejo de la roya del cafeto es la siembra de variedades con resistencia durable y diversa a la enfermedad, como son las variedades Castillo®, Tabi y Cenicafé 1, desarrolladas mediante la investigación de la FNC y Cenicafé.
- El manejo integrado de enfermedades como la roya del cafeto implica además, prácticas de renovación, densidades de siembra y poblaciones adecuadas de plantas de café y número de tallos, manejo de arvenses, fertilización adecuada y oportuna y manejo del sombrío, entre otras, que garanticen las mejores condiciones agronómicas para que el cultivo sea productivo en el ambiente que se encuentre. Esto es “Más Agronomía, Más Productividad” (FNC – Cenicafé, 2018).
- El tomar la decisión de sembrar una variedad susceptible como Típica, Borbón, Caturra, Geisha, Maragogipe, algunos Catimores introducidos u otros de origen desconocido necesariamente implica que debe realizarse un control químico de la roya oportuno y adecuado técnicamente.
- El manejo químico de la roya en Colombia puede realizarse siguiendo los criterios de: 1) niveles de infección de acuerdo con la edad de desarrollo de los frutos; 2) los calendarios fijos de acuerdo a los patrones históricos de floraciones y cosechas; 3) de acuerdo a la ocurrencia de la floración principal del lote. El criterio que se escoja va a depender de las condiciones y comportamiento fenológico en cada sistema de producción de café.
- El criterio de calendarios fijos es aún vigente en el caso de floraciones dispersas y que concuerdan con los históricos; sin embargo, la ocurrencia de alteraciones locales o regionales en las condiciones climáticas que determinan las floraciones en cada lote pueden generar adelantos o retrasos respecto a los patrones históricos de la región, lo que implica realizar cambios en el inicio de las aplicaciones para el control de la roya.
- El criterio de ajuste con base en las floraciones principales es más preciso y concreto siguiendo la fenología de la planta, iniciando el control 60 días después de ocurridas estas y finalizando máximo a los 180 días después de floración, empleando los productos y frecuencias de aplicación recomendados con base en la investigación de Cenicafé, que se presentan en la Tabla 2 (FNC – Cenicafé, 2018).



Tabla 2. Fungicidas recomendados para el control de la roya del café en variedades susceptibles en Colombia, actualizados al mes de enero de 2019 y ajustados al criterio de aplicación según floraciones principales (FNC – Cenicafé, 2018).

Aplicación	Tipo de fungicida	Ingrediente activo	Producto comercial	Dosis		Concentración*		Criterio de aplicación			
				kg/ha	L/ha	g/L	mL/L	1ra AP DDFP	2da AP DD 1ra AP	3ra AP DD 2da AP	4ta AP DD 3ra AP
Follaje	Preventivo	oxicloruro de cobre 50%	Oxicloruro de cobre 50%	3,0		10,0		60	45	45	45
Follaje	Preventivo Curativo	hexaconazole	Mildium 50 SC		1,5		3,5	60	45	60	-
Follaje	Preventivo Curativo	cyproconazole	Alto 100 SL		0,25		1,0	60	45	60	-
Follaje	Preventivo Curativo Erradicativo	cyproconazole + azoxystrobin	Amistar ZTRA 28 SC		0,75		1,8	60	45	45	-
Follaje	Preventivo Curativo	pyraclostrobin	Comet EC		0,6		3,0	60	45	60	-
Follaje	Preventivo Curativo	flutriafol + azoxystrobin	Authority 250 SC		0,75		1,0	60	60	-	-
Suelo	Preventivo Curativo	cyproconazole + thiamethoxam	Verdadero 600 WG	1,0		2,0		60	45	-	-

* Concentración para 6.000 plantas/ha la cual debe ajustarse si el número de plantas/ha se modifica.
DDFP: Días Después de Floración Principal

Muerte descendente

- El manejo integrado de la muerte descendente se basa en el conocimiento del microclima de la finca y del lote a sembrar, especialmente aquellos ubicados en altitudes por encima de los 1.600 m. El objetivo es reducir las corrientes de vientos fríos que inciden sobre las plantas, especialmente en los bordes de lotes y filos de las montañas, los cuales son frecuentes en las épocas secas o de menores lluvias entre enero a marzo y entre mayo y agosto. La siembra de barreras cortavientos, sombrío permanente si es requerido en la zona o transitorio hasta los 18 meses de edad con tefrosia, guandul, crotalaria o cultivos asociados de maíz y frijol, les brinda cobertura a las plantas de café y reduce la velocidad del viento, especialmente en la etapa más crítica del cultivo que es el levante. La estrategia de manejo para esta enfermedad también se aborda desde la estrategia “Más Agronomía, Más Productividad” (FNC – Cenicafé, 2018).



Literatura citada

Alvarado, A. G., Cortina, G., H. A. y 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: FNC – Cenicafé.

Arcila, P. J. (2007). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. En: Arcila P. J., Farfán V.F., Moreno B. A. M., Salazar G. L. F. & Hincapié G. E. (Eds), *Sistemas de producción de Café en Colombia*. (pp. 21-60). Manizales: FNC – Cenicafé.

Arcila, P. J. y Jaramillo, R. A. (2003). Relación entre la humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé*, 311, 1-8.

Aristizábal, A. C. y Duque, O. H. (2007). Análisis económico del efecto de la roya en la variedad Caturra y progenies con resistencia incompleta. *Cenicafé*, 58(3), 167-184.

Baeza, A. C. A. y Villarraga, A. L. A. (1988). Análisis de las relaciones infección y defoliación por *Hemileia vastatrix* B. y Br. con producción y conversiones de *Coffea arabica* var. Caturra. En: CONGRESO de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, 9: 22 a 24 de junio 1988, (pp. 64-65). Pasto: Ascolfi.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – Cenicafé. (2018). *Guía Más Agronomía Más Productividad*. Manizales: FNC – Cenicafé.

Flórez, R. C. P., Ibarra, R. L. N., Gómez, G. L. F., Carmona, G. C. Y., Castaño, M. A. y Ortiz, A. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. En: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – Cenicafé (Eds.), *Manual del Cafetero Colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. Tomo 1 (pp. 124-168). Manizales: FNC – Cenicafé.

Flórez, R. C. P., Arias, S. J. C., Maldonado, L. C. E., Cortina, G. H., Mocada, B. M. Del P., Quiroga, C. J., Molina, V. D. M., García, L. J. C. y Duque, O. H. (2018). Variedades Castillo® zonales: resistencia a la roya con mayor productividad. *Avances Técnicos Cenicafé*, 489, 1-8.

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. y 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.



Gil, V. L. F. y Leguizamón, C. J. E. (2000). La muerte descendente del cafeto *Phoma spp.* *Avances Técnicos Cenicafé*, 278, 1-4.

Menza, F. H. D. y Peláez, P. M. J. (2015). Alternativas para el manejo cultural de la muerte descendente del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé*, 456, 1-8.

Moreno, R. L. G. y 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. *Cenicafé*, 53(2), 132-143.

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. y Baute, B. J. E. (2011). Variabilidad climática y la floración del café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 407, 1-8.

Ramírez, B. V. H. (2014). La fenología del café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones. *Avances Técnicos Cenicafé*, 441, 1-8.

Rendón, S. J. R. y Montoya, R. E. C. (2015). ¿Cómo registrar las floraciones en los cafetales?. *Avances Técnicos Cenicafé*, 455, 1-4.

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

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

Vélez, A. B. E., Jaramillo, R. A., Chaves, C. B. y Franco, A. M. (2000). Distribución de la floración y la cosecha de café en tres altitudes. *Avances Técnicos Cenicafé*, 272, 1-4.

Villarraga, A. L. A. y Baeza, A. C. A. (1987). Análisis de las relaciones infección y severidad de *Hemileia vastatrix* B. y Br. con defoliación y producción de *Coffea arabica* var. Caturra. *Ascolfi*, 13(6), 50-51.

Villegas, G. C., Giraldo, J. M., Benavides, M. P. y Gil, P. Z. N. (2009). Aprenda a diferenciar la muerte descendente y la chamusquina en árboles de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 385, 1-8.