

EPIDEMIOLOGÍA DE LA MUERTE DESCENDENTE DEL CAFETO (*Phoma* spp) EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Hernán Darío Menza Franco*; Manuel José Peláez Peláez**

MENZA F., H.D.; PELÁEZ P., M.J. Epidemiología de la muerte descendente del cafeto (*Phoma* spp) en tres sistemas de producción de café. Revista Cenicafé 67(1): 66-77. 2016

La muerte descendente, ocasionada por especies del género *Phoma*, es una enfermedad limitante para cultivos de café establecidos por encima de los 1.600 m de altitud, en la zona cafetera colombiana del departamento del Cauca, Colombia. Con el propósito de conocer el comportamiento de la muerte descendente y su relación con las variables climáticas, en la Estación Experimental El Tambo de Cenicafé, se estudió la epidemiología de la muerte descendente del cafeto, en tres sistemas de producción establecidos bajo un diseño de bloques completos al azar: 1) Café con sombrío temporal de tefrosia (*Tephrosia candida*) (L.); 2) Café intercalado con frijol y maíz; y 3) Café convencional a libre exposición solar sin control químico. Se evaluó la incidencia y severidad cada quince días, en el año 2012. Se encontró mayor incidencia de la enfermedad en el sistema de producción convencional con relación a los sistemas bajo sombrío temporal con tefrosia y café intercalado con frijol y maíz. Con el sombrío de tefrosia y los cultivos intercalados se presentó una severidad del 6,8% y 8,3%, respectivamente, estadísticamente menor al encontrado en el sistema de producción de café a libre exposición solar (31,1%). En cuanto a las variables climáticas se registró una correlación directa ($r = 0,51$) y significativa ($p < 0,0001$) entre la amplitud térmica y la incidencia de la enfermedad, con mayor incidencia de la enfermedad en los períodos de amplitud térmica superiores a 11,5°C, específicamente en los meses de julio, agosto y septiembre.

Palabras clave: Patosistemas, incidencia, severidad, amplitud térmica, sombríos temporales.

EPIDEMIOLOGY OF COFFEE TREE DIEBACK (*Phoma* spp) IN THREE COFFEE PRODUCTION SYSTEMS

Dieback, caused by species of the *Phoma* genus, is a limiting disease of coffee plantations established over 1600m above sea level in the Colombian coffee region of Cauca, Colombia. In order to understand the behavior of dieback and its relation to climatic variables, the epidemiology of dieback of coffee plants was studied at the Experimental Station El Tambo Cenicafé, in three production systems established under a completely randomized block design: 1) Coffee plantation under the temporary shade of tephrosia (*Tephrosia candida*) (L.); 2) Coffee intercropped with beans and corn; and 3) Conventional coffee crop in full sun exposure without chemical control. Incidence and severity were evaluated every two weeks in 2012. There was higher incidence of the disease in the conventional production system compared to systems under temporary shade tephrosia and coffee intercropped with beans and corn. The shade of tephrosia and intercropping had a severity of 6.8% and 8.3%, respectively; statistically lower than the values found in the coffee production system in full sun exposure (31.1%). Climate variables showed a direct ($r = 0.51$) and significant ($p < 0.0001$) correlation between the thermal amplitude and the incidence of the disease, with more incidence of the disease in periods of temperature range higher than 11.5 ° C, specifically in July, August and September.

Keywords: Pathosystems, incidence, severity, thermal amplitude, temporary shade.

* Asistente de Investigación. Disciplina de Experimentación, Estación Experimental El Tambo, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

** Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

La muerte descendente del cafeto, cuyo agente causal se atribuye a especies del género *Phoma* sp (26), es una enfermedad limitante en zonas altas de la caficultura colombiana en altitudes por encima de los 1.600 m, siendo más restrictiva durante la etapa vegetativa de la planta, sea bajo renovaciones por siembra, renovaciones por zoca o siembras nuevas.

El patógeno afecta tejidos tiernos de hojas en desarrollo y brotes terminales, tanto del tallo principal como de las ramas secundarias. Las plantas afectadas presentan necrosis descendente de los tejidos en desarrollo, la cual avanza hasta tejido lignificado donde se detiene (12, 15). En las hojas jóvenes se observan manchas oscuras, redondeadas, de bordes irregulares que coalescen, y el período infeccioso culmina en una necrosis total. Cuando estas manchas aparecen en los bordes de las hojas más desarrolladas, se produce malformación o encrespamiento, ocasionado por el crecimiento normal de tejido sano alrededor del área afectada (6, 8, 12).

Debido a que este hongo ataca las zonas de crecimiento de la planta de café, se presentan atrasos drásticos en su desarrollo y malformaciones, debido a la continua emisión de brotes, lo cual genera desarreglos de los ciclos de renovación y disminución de la producción en el lote. En almacigos afectados por *Phoma* sp. se han encontrado pérdidas hasta del 80% (14) y bajo condiciones de campo en Guatemala, se reporta una severidad del 28% cuando no se realiza algún tipo de control (6).

Actualmente, el manejo de la enfermedad está supeditado al control químico, mediante la aplicación de fungicidas, que en la mayoría de los casos son de poca efectividad debido a que las condiciones ambientales como temperatura, humedad relativa y precipitación

limitan su efectividad. Además, en lotes con alta incidencia de la enfermedad, las medidas de control son inoportunas e ineficientes, debido al desconocimiento de la epidemia del patógeno (15). De otra parte, el uso indiscriminado de fungicidas como único método de control genera contaminación ambiental y puede ser obstáculo en el desarrollo de programas de cafés especiales y/o caficultura sostenible. En consecuencia, lo deseable es que el control de esta enfermedad se haga de forma preventiva, tratando de buscar estrategias de manejo que proporcionen condiciones adversas al desarrollo del patógeno. Algunos autores mencionan que plantaciones de café con sombrío establecido o con algún tipo de barrera (plátano, maíz, frijol de enredadera, entre otros), son menos afectadas que las plantaciones que se encuentran a plena exposición solar (15), mas no se presentan datos que cuantifiquen dicha aseveración.

En la zona cafetera los sistemas de producción de café intercalado con cultivos transitorios, en sistemas de renovación por siembra o zoca, son una opción de producción que contribuyen a la seguridad alimentaria, a diversificar la producción, a reducir los costos de producción, y generar empleo e ingresos adicionales para los caficultores, mientras avanza el crecimiento vegetativo de las plantas de café, sin que se afecte la producción (19).

Los cultivos como el maíz y/o el frijol no afectan negativamente el crecimiento del café en cuanto a la longitud de las ramas, el número de cruces y la distancia entre los nudos (19), por lo que pueden utilizarse en sistemas de producción intercalados con café. Granada *et al.* (19) afirman que el frijol y el maíz favorecen de alguna forma al café, para que tenga un mayor crecimiento en este tipo de arreglos interespecíficos que en monocultivos. Para disminuir el riesgo

de competencia con el café se recomienda fertilizar cada cultivo según sus requerimientos y con base al análisis de suelos (19).

Otra opción es el establecimiento de tefrosia como sombrío temporal. La tefrosia es un arbusto de 2 a 3 m de altura, cuya primera floración ocurre de 3 a 5 meses después de la siembra, con legumbres de 7,5 a 10,0 cm; su principal función es la de abono verde y de sombra temporal en plantaciones de cacao y café. Es una planta con un ciclo que dura de 2 a 3 años y puede podarse varias veces al año, ya que rebrota vigorosamente (2). En un período de 180 días de descomposición la biomasa seca producida por *T. candida* transfiere al suelo el 78,3% del N, el 84,2% del P, el 97,9% del K, el 50,9% del Ca y el 86,9% del Mg, contenidos en los residuos (20).

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el comportamiento de la muerte descendente del cafeto (*Phoma* sp.) bajo diferentes sistemas de producción durante la etapa vegetativa del cafeto y su relación con algunas variables climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental El Tambo (El Tambo, Cauca) localizada a 04° 24' de latitud Norte y 75° 44' de longitud Oeste y 1.735 m de altitud, con precipitación promedio histórica de 2.010 mm, temperatura media de 18°C, brillo solar de 1.819 horas y humedad relativa del 80%.

Como material vegetal se utilizó:

- **Café** (*Coffea arabica* L.) Variedad Castillo® regional El Tambo, establecido en septiembre del año 2011, a 1,30 m entre plantas y 1,50 m entre calles, con una densidad de 5.128 plantas/ha.

- **Maíz** (*Zea mays* L.) variedad ICA V-305, sembrado a 40 cm entre sitios en un surco por cada calle, después de 15 días de establecido el café. En cada sitio se depositaron tres semillas, para dejar dos plantas en el raleo, el cual se hizo 10 días después de la emergencia del maíz. Al momento de la siembra se aplicaron 10 g/sitio de la mezcla 4:1 de difosfato de amonio (DAP) y cloruro de potasio (KCl); y después de 30 días se aplicaron 8 g/sitio de la mezcla 3:1 de urea y cloruro de potasio.
- **Frijol** (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad cargamanto rojo, sembrado después de 60 días de la siembra del maíz, al lado de cada planta para facilitar que el frijol se enredara a medida que fuera creciendo. Por cada sitio se sembraron tres semillas de frijol y 10 días después de la emergencia se realizó un raleo para dejar solo dos plantas. La fertilización se basó en la aplicación al momento de la siembra de 10 g/sitio del fertilizante DAP.
- **Tefrosia** (*Tephrosia candida* L.), establecida como sombrío temporal 15 días después de la siembra del café. Se plantaron dos semillas por sitio, cada 30 cm en las calles del café, y posteriormente se hicieron dos raleos, para finalizar con una distancia de 1,0 m entre plantas. Se estableció un ciclo del sombrío temporal durante toda la etapa vegetativa del cultivo de café (18 meses) y la tefrosia no recibió algún tipo de fertilización.

En una renovación por siembra del café se establecieron tres sistemas de producción de café o tratamientos: 1) Café con sombrío temporal de la leguminosa tefrosia; 2) Café intercalado con frijol y maíz; 3) Café convencional a plena exposición solar (Testigo).

En ninguno de los tres sistemas de producción se realizó control químico de la muerte descendente del cafeto. Se realizó el manejo integrado de arvenses y la fertilización de acuerdo a los análisis de suelos, siguiendo las recomendaciones técnicas descritas por Cenicafé (28).

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completamente al azar, con seis repeticiones o parcelas, cuyo factor de bloqueamiento fue la topografía del terreno. La parcela o unidad experimental estuvo conformada por 70 plantas de café sembradas a una distancia de 1,50 m entre calles y 1,30 m entre plantas. La parcela efectiva contó con 36 plantas de café.

Como variables de respuesta, durante la etapa vegetativa del cafeto, se midieron la incidencia y la severidad de la muerte descendente causada por *Phoma* spp.

De acuerdo a metodología planteada por Agrios (4), para conocer el porcentaje de la incidencia (I) en cada una de las unidades experimentales, se determinó el número de plantas afectadas con síntomas de muerte descendente con relación al total de plantas por parcela, con base en la Ecuación <1>.

$$I = (\text{Número de plantas enfermas} / \text{Número total de plantas}) \times 100 \text{ <1>}$$

El concepto de severidad hace referencia a un porcentaje de área afectada sobre un área evaluada. Teniendo en cuenta que en la etapa vegetativa del cafeto, *Phoma* sp. afecta los puntos de crecimiento hasta secar totalmente la rama, la severidad se determinó como el número de ramas con lesiones necróticas y/o puntos de crecimiento muertos por causa de *Phoma* sp. sobre el total de ramas cuantificadas en cada unidad experimental (UE), basado en la Ecuación <2>.

$$S = (\text{Número de ramas muertas por } Phoma \text{ sp.} / \text{Número total de ramas de la UE}) \times 100 \text{ <2>}$$

A partir de los registros climáticos de la Estación Meteorológica Manuel Mejía, ubicada a 500 m lineales de la plantación de café donde se desarrolló la investigación, se obtuvo la siguiente información:

- Registro del acumulado quincenal de la precipitación.
- Registro del promedio quincenal de la humedad relativa.
- Registro del promedio quincenal de la temperatura.
- Registro del promedio quincenal del brillo solar.

Con esta información se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

- Estimación de promedios y variación de las variables de respuesta en cada uno de los tratamientos.
- Análisis de varianza bajo el modelo de bloques completos al azar. Cuando hubo efecto de los tratamientos se realizó la prueba Tukey al 5%, para comparar el comportamiento de la enfermedad entre los diferentes sistemas de producción.
- Correlaciones de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de la enfermedad

El análisis de varianza mostró efecto de los sistemas de producción sobre la variable incidencia de la muerte descendente del cafeto en cada una de las fechas evaluadas; por lo

tanto, se aplicó la prueba Tukey al 5% para determinar las diferencias estadísticas en el comportamiento de la enfermedad entre los sistemas de producción.

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de la muerte descendente, en términos de incidencia, bajo cada uno de los tres sistemas de producción evaluados. En el primer semestre del año, la incidencia de la enfermedad fue mayor en el sistema de producción de café convencional a libre exposición, siendo diferente estadísticamente a los sistemas de producción con tefrosia y café intercalado con maíz y frijol, en los meses de enero y abril, época en la cual se presentó la mayor incidencia de la enfermedad, con niveles máximos cercanos al 20%. Para el segundo semestre, el sistema de producción de café a libre exposición también presentó una mayor incidencia de la enfermedad y fue diferente estadísticamente a los sistemas de producción de café con tefrosia y con los cultivos intercalados de frijol y maíz, llegando a niveles máximos del 40% en los meses de julio y septiembre. No hubo diferencias en el comportamiento de la enfermedad entre

los sistemas de producción con la especie tefrosia y el sistema de producción frijol relevo maíz intercalado con café.

Estos resultados muestran que los sistemas de producción de café con el establecimiento del sombrío temporal de tefrosia y la siembra de cultivos intercalados como frijol y maíz, reducen significativamente la incidencia de la muerte descendente del cafeto con relación a un sistema de producción de café a libre exposición solar. Esta información ratifica lo reportado por Mouen Bedimo *et al.* (23), quienes plantean que los sistemas de producción bajo sombrío crean un microclima que protege la planta de los patógenos en mayor proporción, con relación a un monocultivo y/o cultivos convencionales. Por otra parte, Avelino *et al.* (3) manifiestan que las plantas bajo sombra atenúan las variaciones en la temperatura.

Salgado y Pfenning (26) mencionan que la muerte descendente se ve favorecida por la ocurrencia de vientos fuertes, corrientes frías y cambios bruscos de temperatura que causan heridas a los tejidos de la planta, por donde entra el patógeno; y que las barreras

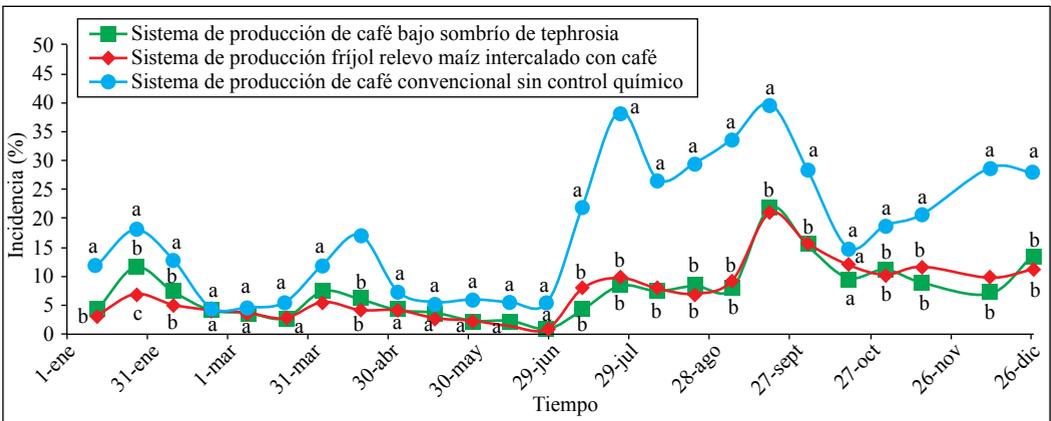


Figura 1. Incidencia de la muerte descendente del cafeto en una plantación de Variedad Castillo® bajo diferentes sistemas de producción. Letras distintas indican diferencias estadísticas en la incidencia entre sistemas de producción (Tukey al 5%).

rompavientos pueden atenuar el ataque de la enfermedad.

El sombrío temporal y los cultivos transitorios cumplen una función de barrera rompe vientos, la cual busca reducir el impacto del viento y la lluvia, que por lo general son los principales agentes dispersores de hongos (24). Las variaciones en los factores climáticos afectan en gran medida el desarrollo de las enfermedades, con variaciones en el tiempo sobre la incidencia y severidad, de acuerdo a las preferencias climáticas del patógeno y la dinámica de desarrollo de los tejidos; sin embargo, esta acción climática depende de las particularidades del sistema de producción y patosistema en el que se producen las infecciones (32).

La menor incidencia de la enfermedad en el patosistema de producción de café intercalado con frijol y maíz se debe al efecto que tienen los policultivos en los sistemas de producción. Altieri y Letourneau (1) mencionan que este tipo de sistemas de producción crean un microclima que favorece el cultivo principal de las condiciones climáticas adversas como bajas temperaturas o alta precipitación, que pueden favorecer la incidencia de enfermedades. De igual manera, Stukenbrock y McDonald (30) concluyen que es importante que los agroecosistemas mantengan estructuras diferentes a los monocultivos,

que permitan prevenir el incremento en la incidencia o la aparición de nuevos patógenos.

Severidad de la enfermedad

El análisis de varianza mostró efecto de los sistemas de producción de café sobre la severidad de la muerte descendente, por lo tanto se aplicó la prueba de Tukey al 5% para determinar las diferencias estadísticas en la severidad de la enfermedad entre los sistemas de producción.

En la Figura 2 se presenta la severidad de la muerte descendente en cada uno de los sistemas de producción de café. En los sistemas de café bajo sombrío de tefrosia e intercalado con frijol y maíz se encontró una severidad de 6,8% y 8,3%, respectivamente, valores estadísticamente menores y diferentes a la severidad encontrada en el patosistema de producción de café convencional a plena exposición solar (31,1%). Con base en lo anterior, puede determinarse que la implementación de sistemas de producción de café bajo el sombrío temporal con tefrosia o con la siembra de cultivos intercalados como frijol y maíz, permite reducir significativamente la severidad de la enfermedad, en términos de menor pérdida de futuras ramas productivas, en comparación con un sistema de producción de café convencional. Esta información coincide con lo reportado por Cook y Bauerle (11) y

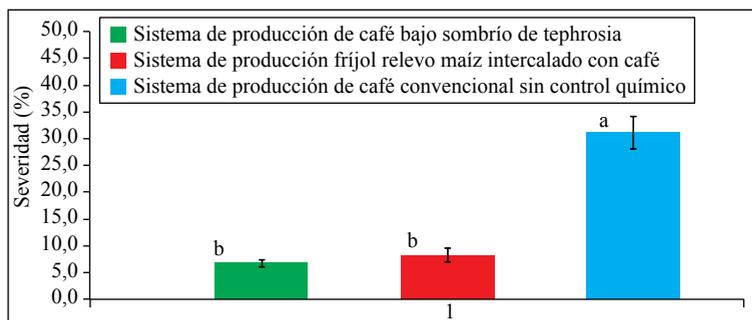


Figura 2. Severidad de la muerte descendente en una plantación de Variedad Castillo® bajo diferentes sistemas de producción. Letras distintas indican diferencias estadísticas en la incidencia de la enfermedad, entre los sistemas de producción, según la prueba de Tukey al 5%.

Schnitzer *et al.* (29), quienes plantean que la incidencia de una enfermedad puede ser más baja cuando el sistema de producción presenta diversidad de especies; por otra parte, Keesing *et al.* (21) mencionan que los sistemas de sombrero o policultivos en un sistema de producción crean un microclima que desfavorece el desarrollo de los patógenos.

Granada *et al.* (19) y Jiménez *et al.* (20) reportan los beneficios de los cultivos intercalados y el sombrero temporal con la especie tefrosia en los sistemas de producción de café, donde también encontraron que no hay efectos negativos en la producción, siempre y cuando se realice el manejo independiente del cultivo transitorio o sombrero temporal.

Relación entre el desarrollo de la enfermedad y las variables climáticas

Precipitación. En la Figura 3 se presenta la incidencia de la muerte descendente del café en el sistema de producción de café convencional a libre exposición y su relación con la precipitación en el año 2012. En los meses de enero a junio y octubre a diciembre

se encontró una correlación directa ($r = 0,5$) y significativa ($p < 0,0001$) entre la precipitación y la incidencia de la enfermedad, indicando que en estos períodos de mayor precipitación se presentó la mayor incidencia de la enfermedad. Esta información coincide con lo reportado por Gil *et al.* (16) quienes manifiestan que el agua es indispensable para la germinación del hongo y para su proceso infectivo. Por otra parte, Castaño (9) y Bucker *et al.* (5) mencionan que la lluvia es uno de los principales diseminadores de esta enfermedad, causando gran cantidad de pequeñas lesiones que facilitan la penetración del hongo. Adicionalmente, Gómez (17) y Bucker *et al.* (5) mencionan que el óptimo de germinación en *Phoma* sp. se consigue con una película de agua alrededor de las conidias, lo cual se consigue con altas o bajas precipitaciones. De otro lado, en los meses julio, agosto y septiembre disminuyó la precipitación pero hubo una mayor incidencia de la enfermedad, lo cual indica que en este período se presentaron otras variables climáticas incidieron directamente en el incremento de la enfermedad a pesar de la escasa o baja precipitación.

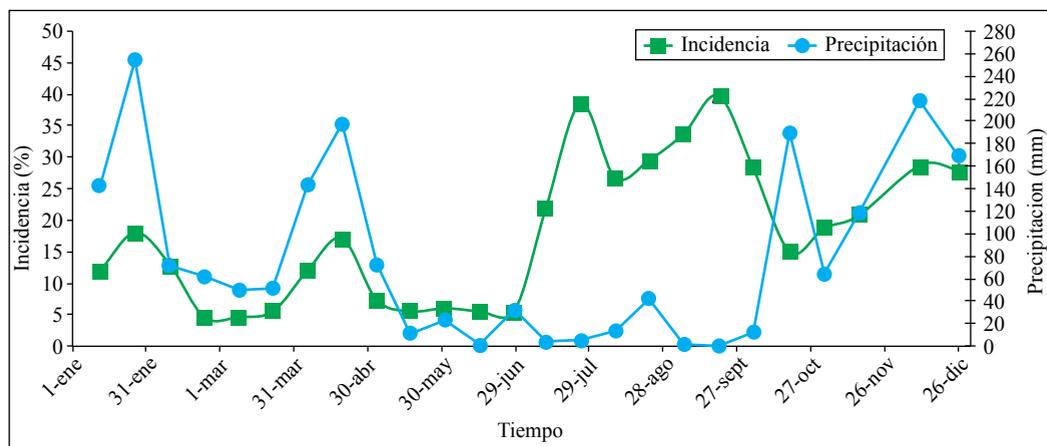


Figura 3. Relación de la precipitación con la incidencia de la muerte descendente del café *Phoma* sp., en el año 2012.

Temperatura. La temperatura media osciló entre 19 y 20°C, siendo éste un rango óptimo para el desarrollo de la enfermedad (16, 17, 18). De igual manera, Salgado *et al.* (27) reportan una temperatura óptima de 20°C para el desarrollo de las conidias; sin embargo, no se encontró una correlación significativa entre la temperatura media y la incidencia de la muerte descendente del café (Figura 4).

Quando se relacionó la temperatura mínima con la incidencia de la enfermedad se encontró una correlación inversa ($r = -0,54$) y significativa ($<0,0001$), donde en periodos de bajas temperaturas mínimas se presentó la mayor incidencia de la enfermedad (Figura 4). Este resultado valida lo reportado por varios autores, quienes mencionan que a temperaturas mínimas, inferiores a 14°C, se genera un incremento en el desarrollo de la enfermedad (7, 10, 13, 17, 25, 27, 31).

Quando se relacionó la amplitud térmica con la incidencia de la enfermedad (Figura 5), se encontró una correlación directa ($r = 0,51$) y significativa ($p <0,0001$). Lo

anterior indica un aumento en la incidencia de la enfermedad en los periodos donde se presentó mayor amplitud térmica. En los meses de julio, agosto y septiembre, a pesar de las bajas precipitaciones hubo una mayor incidencia de la enfermedad, la cual se relaciona directamente con el aumento en la amplitud térmica, con valores superiores a 11,5°C.

Humedad relativa. En la Figura 6 se presenta la incidencia de la muerte descendente del café versus el promedio diario de la humedad relativa. Para el primer semestre del año, la humedad relativa fue superior al 80%, hasta mediados del mes de mayo; posteriormente descendió al 75% en el mes de junio y no superó el 70% en los meses de julio, agosto y septiembre, y finalizó el último trimestre del año con valores superiores al 80%.

La enfermedad mostró una mayor incidencia en los meses de julio, agosto y septiembre, en los cuales la humedad relativa no superó el 70%; estos resultados son diferentes a los reportados por Lima *et al.* (22), quienes manifiestan que el desarrollo de la enfermedad

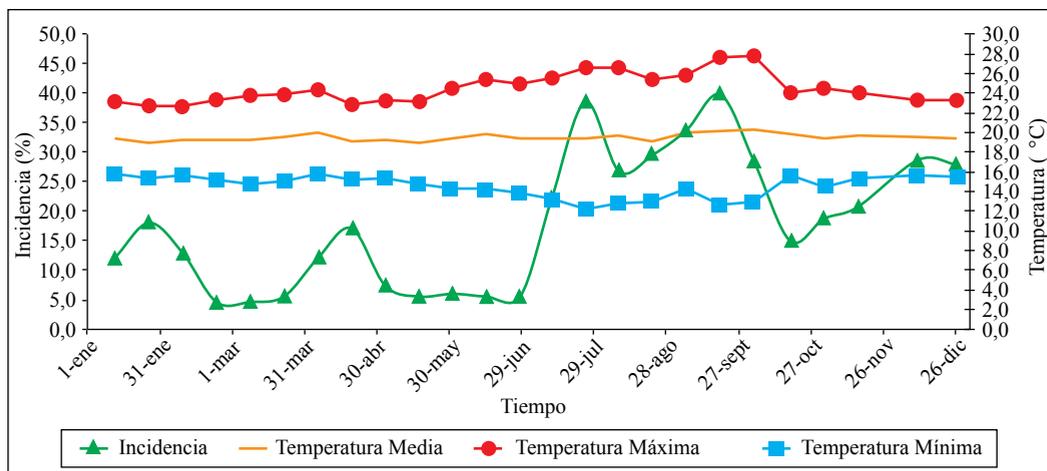


Figura 4. Relación de la temperatura versus la incidencia de la muerte descendente del café.

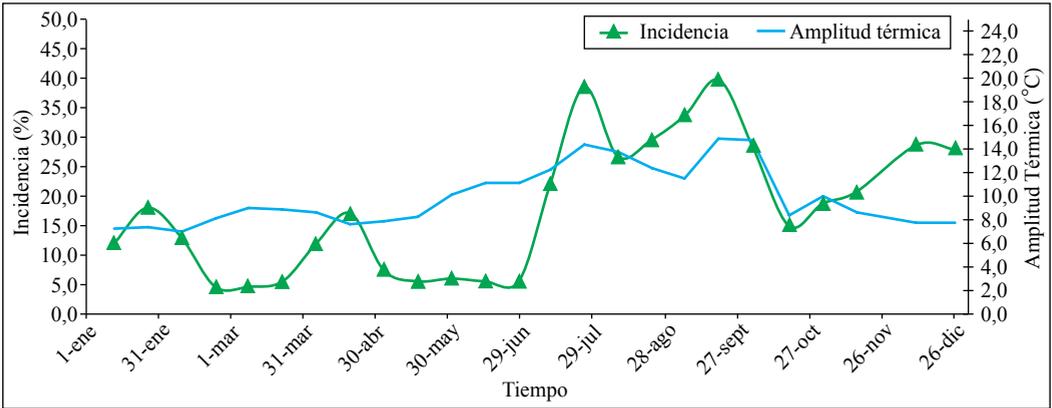


Figura 5. Comportamiento de la muerte descendente y su relación con la amplitud térmica.

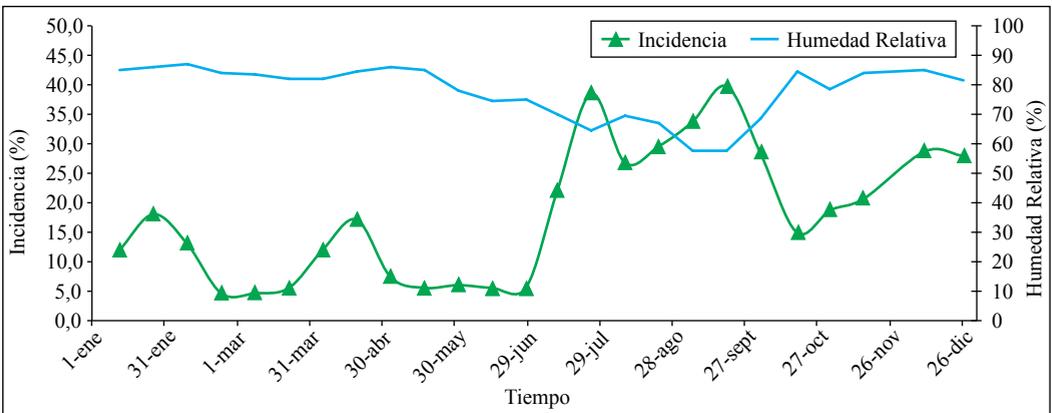


Figura 6. Comportamiento de la humedad relativa versus la incidencia de la muerte descendente del café.

es mayor cuando se registra una humedad relativa superior al 80%.

Brillo solar. En la Figura 7 se ilustra el comportamiento del brillo solar versus la incidencia de la muerte descendente. En el primer semestre del año se encontraron periodos de brillo solar entre 2,7 y 5,0 h luz/día, los cuales son rangos óptimos para el desarrollo de la enfermedad, de acuerdo a lo reportado por Gómez y Bustamante (18) y Gil *et al.* (16), quienes manifiestan que la mayor expresión del hongo se presenta entre 3 y 6 h luz/día. En el segundo semestre se

presentaron en promedio entre 2,7 y 6,0 h de brillo solar por día, los cuales son de igual manera rangos óptimos para el desarrollo de la enfermedad.

Como conclusiones del estudio se ha evidenciado que:

- Los sistemas de producción de café durante la etapa vegetativa, con la implementación del sombrío temporal de tefrosia o la siembra de cultivos intercalados de frijol y maíz, reducen significativamente la incidencia y la severidad de la muerte descendente

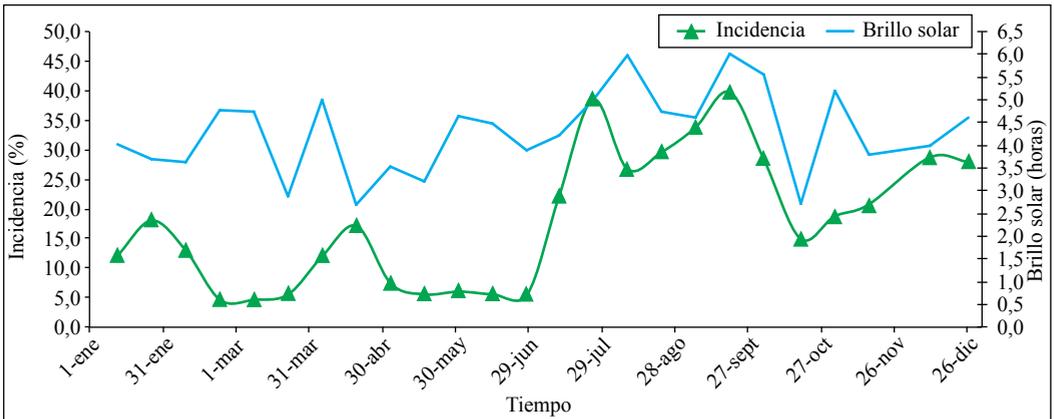


Figura 7. Incidencia de la muerte descendente versus el brillo solar.

del caféto *Phoma* sp., en comparación con un sistema de producción de café a plena exposición solar sin control.

- La precipitación y la temperatura fueron las variables que más se relacionaron con la incidencia de la muerte descendente del caféto.
- El comportamiento de variables como humedad relativa y brillo solar mostraron condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad; sin embargo, no se encontraron correlaciones significativas con el incremento o la reducción de la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los colaboradores de la Estación Experimental El Tambo, Investigadores de Cenicafé y Servicio de Extensión del Comité Departamental de Cafeteros del Cauca.

LITERATURA CITADA

1. ALTIERI, M.A.; LETOURNEAU, D.K. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1: 405-430. 1982.
2. ÁLVAREZ, M.; GARCÍA, M.; TRETO, E. Los abonos verdes: una alternativa natural y económica para la agricultura. *Cultivos tropicales* 16 (3): 9-24. 1995.
3. AVELINO, J.; CABUT, S.; BARBOZA, B.; BARQUERO, M.; ALFARO, R.; ESQUIVEL, C.; DURAND, J.; CILAS, C. Topography and crop management are key factors for the development of American leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathology* 97: 1532 – 1542. 2007.
4. AGRIOS, G.N. *Fitopatología*. 2 edición. México: Limusa, 1996. 838p.
5. BUCKER M., W.; CINTRA, W.J.; AZEVEDO P., L.; BUCKER, W.; MORRA C., S.; AVELINO C., R. Impact of climate change on the *phoma* leaf spot of coffee in Brazil. *Interciencia* 37 (4): 272 - 278. 2012.
6. CÁCERES P., V.R. Evaluación de tres fungicidas en el control del derrite del caféto (*Phoma* sp.) municipio de Pueblo Nuevo Viñas, departamento de Santa Rosa. Universidad de San Carlos de Guatemala: Facultad de Agronomía, 1999. 44 p. (Tesis: Ingeniero agrónomo).
7. CADENA G., G. Muerte Descendente (*Phoma* sp). In: Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé. Chinchiná. Colombia. Informe anual sección de Fitopatología Chinchiná: Cenicafé, 1980. p. 8-20.
8. CALEGARI, A. Leguminosas para adubacao verde de verao no Paraná. Londrina: Instituto agronómico de Paraná, 1995. 117p.

9. CASTAÑO, J.J. Muerte descendente (Die-Back) en cafetos de toda edad en varias regiones del departamento del Cauca 1984. Boletín Informativo (Colombia) N° 73: 12-20p.
10. CHALARCA C., A.; MUÑOZ V., A. Muerte Descendente de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* Ech. y *Colletotrichum coffeanum* Noack. y su control. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 63 p. (Tesis: Ingeniero agrónomo).
11. COOK P, S.C.; BAUERLE, T.L. Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *Journal of Environmental Management* 106: 85-92. 2012.
12. ESCALONA, A., M.A. Interacción de plantas de café fertilizadas con fósforo e inoculadas con hongos micorrízicos arbusculares y *Phoma costaricensis* Ehandi. Tecoman: Universidad de Colima, Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias, 2002. 106p.
13. FERNÁNDEZ B., O. Muerte descendente de los brotes del café causada por especies de *Phoma* y *Colletotrichum*. *Cenicafé* 12 (3): 127-140. 1961.
14. FIGUEROAN., G.A. Descripción y control del agente causal de *Phoma*, *Phyllosticta coffeicola*. *Revista cafetera de Guatemala* 253: 19-23. 1985.
15. GIL, V., L.F.; LEGUIZAMÓN C., J.E. La muerte descendente del café (*Phoma* sp.). *Avances Técnicos Cenicafé* 278: 1-4. 2000.
16. GIL V., L.F.; CASTRO C., B.L.; CADENA G., G. Enfermedades del café en Colombia. Medellín, 2003. 224p.
17. GÓMEZ Q., R. Influencia de algunos factores ambientales sobre el agente causal de la muerte descendente del café y sobre la interacción patógeno susceptible. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia – ICA. 1976. 68 p. (Tesis: Maestría en Fitopatología).
18. GÓMEZ Q., R.; BUSTAMANTE A., E. Influencia de la luz y la temperatura en el desarrollo de la muerte descendente del café, causada por *Phoma* sp. *Fitopatología Colombiana* 6: 73-80. 1977.
19. GRANADA D., D.; MORENO B., A.M.; GARCÍA A., J.; MEJÍA M., J.W. Estudio del sistema de producción frijol relevo maíz, intercalado en zocas de café. *Cenicafé* 58(2): 111-121. 2007.
20. JIMÉNEZ S., A.; FARFAN V., F.; MORALES L., C.S. Biomasa seca y contenido de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida*, empleadas como abonos verdes en cafetales. *Cenicafé* 56(2): 93-109. 2005.
21. KEESING, F.; HOLT, R.D.; OSTFELD, R.S. Effects of species diversity on disease risk. *Ecology Letters* 9: 485-498. 2006.
22. LIMA, L.M. DE; POZZA, E.A.; TORRES, H.N. Relação nitrogenio potássio com mancha de phoma e nutrição de mudas de caféiro em solução nutritiva. *Tropical Plant Pathology* 35(4):223-228. 2010.
23. MOUENBEDIMO, J.A.; BIEYSSE, D.; NJIAYOUOM, I.; DEUMENI, J.P.; CILAS, C.; NOTTEGHEM, J.L. Effect of cultural practices on the development of *Arabica coffee* coffee berry disease, caused by *Colletotrichum kahawae*. *Plant Pathology* 119: 391-400. 2007.
24. MOUEN BEDIMO, J.A.; CILAS, C.; NOTTEGHEM, J.L.; BIEYSSE, D. Effect of temperatures and rainfall variations on the development off coffee berry disease caused by *Colletotrichum kahawae*. *Crop protection* 31: 125-131. 2012.
25. RAJENDRAN, C.; AHMED, A.; AND RAO, K.M. Coffee blight – a new disease of coffee in India. *Journal of Coffee Research* 13 (2): 35-39. 1983.
26. SALGADO, M.; PFENNING, L.H. Identificacao e caracterizacao morfológica de espécies de *Phoma* do caféiro no Brasil. In: SIMPOSIO de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 1. Pocos de Caldas (Brasil), Setembro 26-29, 2000. Resumos expandidos. Pocos de caldas (Brasil), Ministerio da Agricultura e do Abastecimento, 2000. 4p.
27. SALGADO, M.; POZZA, E.A.; BERGER, R.D.; PFENNING, L.H. Influencia da temperatura e do tempo de incubação no crescimento micelial e produção de conídios in vitro de espécies de *phoma* de caféiro. Trabalho apresentado no Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (3: 2003 : Porto Seguro, BA). Resumos. Brasília: Embrapa Café, 2003.
28. SADEGHIAN, K., S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Guía práctica. Chichiná: Cenicafé, 2008. 43p. (Boletín Técnico N° 32).
29. SCHNITZER, S.A.; KLIRONOMOS, J.N.; HILLERISLAMBERS, J.; KINKEL, L.L.; REICH, P.B.; XIAO, K. Soil microbes drive the classic plant diversity-productivity pattern. *Ecology* 92 (2): 296-303. 2011.

30. STUKENBROCK, E.H.; MCDONALD, E.H. The origins of plant pathogens in agroecosystems. *Annual Review Phytopathology* 46: 75-100. 2008.
31. VIDAL C., G.M. Estudio sobre el agente causal de la Muerte Descendente en el cafeto *Coffea arabica* L y comportamiento de cuatro variedades comerciales. Bogotá: Universidad Nacional - ICA, 1977. 67p. (Tesis: Maestría en Fitopatología).
32. ZADOCKS, J.C.; SCHEIN, R.D. *Epidemiology and Plant Disease Management*. New York: Oxford University Press, 1979. 427 p.