



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Epidemiología de la muerte descendente del cafeto (*Phoma sp*) en cuatro sistemas de producción en la Estación Experimental El Tambo del departamento del Cauca

Hernán Darío Menza Franco

Universidad Nacional de Colombia sede Palmira
Facultad de ciencias agropecuarias, Escuela de posgrados
Palmira, Colombia

2013

Epidemiología de la muerte descendente del cafeto (*Phoma sp*) en cuatro sistemas de producción en la Estación Experimental El Tambo del departamento del Cauca

Hernán Darío Menza Franco

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ciencias Agrarias

Director (a):

I.A M.sc Manuel José Peláez Peláez

Línea de Investigación:

Protección de cultivos

Universidad Nacional de Colombia sede Palmira
Facultad de ciencias agropecuarias, Escuela de posgrados
Palmira, Colombia

2013



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
LINEA DE INVESTIGACIÓN PROTECCIÓN DE CULTIVOS

En Palmira a los 02 días del mes de Noviembre de 2013, se reunió en esta Sede el Jurado Calificador de Tesis, integrado por los profesores BERTHA LUCÍA DE CASTRO y CARLOS GERMAN MUÑOZ PEREA

Para calificar la Tesis de Grado de:

HERNAN DARIO MENZA FRANCO

Titulada:

EPIDEMIOLOGÍA DE LA MUERTE DESCENDENTE DEL CAFETO (*Phoma* sp.) EN CUATRO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL EL TAMBO DEPARTAMENTO DEL CAUCA" bajo la dirección Profesor Manuel José Peláez Peláez.

Después de oír el informe del jurado evaluador compuesto por los Doctores BERTHA LUCÍA CASTRO y CARLOS GERMAN MUÑOZ PEREA, y de haber cumplido con el proceso de evaluación, la tesis fue calificada como:

APROBADA

REPROBADA


BERTHA LUCÍA CASTRO


CARLOS GERMAN MUÑOZ PEREA

Lista de tablas

Dedicado a:

Mi esposa Nury Roció y a mis hijos Steffany, Juan Miguel y Helen Sofía, quienes han influido positivamente en el desarrollo de mi vida personal y profesional.

Agradecimientos

A Dios por todas las bendiciones recibidas.

A mi familia por su apoyo permanente en el ejercicio de mis estudios.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, especialmente a los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por contribuir a mi formación profesional.

A la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia por su colaboración, Centro Nacional de Investigaciones de Café “Pedro Uribe Mejía” CENICAFÉ, por su apoyo permanente.

Al Comité Departamental de Cafeteros del Cauca por facilitar las plantaciones de café para realizar la investigación.

Hago una mención especial de agradecimiento al profesor Manuel José Peláez Peláez, Director de tesis, por la contribución científica y conocimientos personales compartidos para analizar de una manera más sistémica los problemas fitosanitarios que se presentan en Campo.

Al Dr. Carlós Germán Muñoz profesor de la Universidad Nacional De Colombia por su orientación y apoyo constante.

A la Dra. Bertha Lucia Castro por la valiosa orientación en la revisión y corrección del documento.

A los colaboradores de la Estación Experimental El Tambo por su responsabilidad y apoyo constante en la toma de datos.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	I
Lista de figuras	III
Lista de tablas	V
Introducción	i
1. Marco referencial	1
1.1 Muerte descendente del cafeto.....	1
1.1.1 Distribución Geográfica.....	1
1.1.2 Importancia económica	2
1.1.3 Síntomas	2
1.1.4 Etiología	4
1.1.5 Proceso de Infección.....	4
1.1.6 Epidemiología	5
1.1.7 Manejo	6
1.1.8 Interacción patógeno- ambiente.....	8
1.2 Sistema de producción de café Frijol relevo maíz, intercalado con café.....	10
1.3 Sistema de producción de café con establecimiento de <i>Tephrosia candida</i> (L.). Como sombrío temporal	11
1.4 Estudios epidemiológicos de enfermedades en el cultivo del cafeto.....	12
2. Materiales y Métodos	13
2.1 Localización	13
2.2 Material vegetal.....	14
2.2.1 Café (<i>Coffea arabica</i> L.).....	14
2.2.2 Maíz (<i>Zea maíz</i> L.)	14
2.2.3 Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	14
2.2.4 Sombrío temporal.....	14
2.3 Fungicida y tecnología de aplicación	14
2.4 Metodología	15
2.4.1 Parcela experimental	15
2.4.2 Descripción de los tratamientos y diseño experimental	15
2.4.3 Aplicación y manejo de los tratamientos.....	16
2.4.4 Variables de respuesta	18
2.4.5 Variables complementarias.....	19
2.4.6 Análisis Estadísticos	20

3. Resultados y discusión	21
3.1 Incidencia y severidad de la muerte descendente.	21
3.1.1 Tratamiento 1. Sistema de producción café con el sombrío.	21
3.1.2 Tratamiento 2. Sistema de producción de café con cultivos intercalados.	25
3.1.3 Tratamiento 3. Sistema de producción de café con control químico....	29
3.1.4 Tratamiento 4. Testigo relativo. Sistema de producción de café sin control. 33	
3.1.5 Tratamiento 5. Testigo absoluto. Cultivo de café sin fertilización y sin control químico.	37
3.2 Comparación del comportamiento de la enfermedad.	41
3.2.1 Incidencia	41
3.2.2 Severidad	44
3.3 Relación de las variables climáticas con el desarrollo de la enfermedad.	48
3.3.1 Precipitación	48
3.3.2 Temperatura	49
3.3.3 Humedad relativa	51
3.3.4 Brillo solar.....	52
4. Conclusiones y recomendaciones	54
4.1 Conclusiones.....	54
4.2 Recomendaciones	55
A. Anexo: Valores medios y coeficientes de variación para la variable incidencia (%) 2012 A.	57
B. Anexo: Valores medios y coeficientes de variación para la variable incidencia (%) 2012B.	58
C. Anexo: Valores medios y coeficientes de variación de severidad (%) 2012A. ..	59
D. Anexo: Valores medios y coeficientes de variación de severidad (%) 2012B. ..	59
Bibliografía	61

Resumen

La muerte descendente ocasionada por especies del genero *Phoma* es una enfermedad limitante para cultivos del café establecidos por encima de los 1.600 m de altitud en el departamento del Cauca. el objetivo del presente trabajo fue estudiar la epidemiología de la enfermedad bajo 4 sistemas de producción establecidos en la Estación Experimental El Tambo de Cenicafé bajo el diseño de bloques completos al azar. 1) Café con sombrío temporal de Tephrosia (*Tephrosia candida*) (L.); 2) café a plena exposición solar intercalado con frijol y maíz; 3) café a libre exposición solar con control químico; 4) café a libre exposición solar sin control químico. Se evaluó incidencia y severidad quincenalmente durante el año 2012. Con el sombrío con tephrosia y los cultivos intercalados se presentó una severidad hasta del 4,4% y 4,7% respectivamente, estos valores fueron menores y diferentes estadísticamente al 16,7% obtenido en el sistema de producción de café a plena exposición sin control químico. En cuanto a las variables climáticas, se pudo establecer una correlación directa ($r = 0,51$) y significativa ($p < 0,0001$) entre la amplitud térmica y la incidencia de la enfermedad, en donde en los periodos de amplitud térmica superior a 11,5 °C se presentó mayor incidencia de la enfermedad, específicamente en los meses de julio, agosto y septiembre.

Palabras clave: *Phoma sp*, Epidemiología, sistemas de producción, Incidencia, severidad, amplitud térmica.

Abstract

Dieback caused by species of the genus *Phoma* is a limiting illness for coffee crops established above 1,600 m altitude in the department of Cauca. The objective of this work was to study the epidemiology of the disease under four production systems established at the Experimental Station of El Tambo Cenicafé under the design of randomized complete block. 1) Coffee with temporal Shady Tephrosia (*Tephrosia candida*) (L.), 2) in full sunlight coffee intercropped with beans and corn, 3) free coffee to sun exposure with chemical control; 4) free coffee uncontrolled sun exposure chemical. Incidence and severity were assessed biweekly during 2012. With the dark with tephrosia and intercropping to a severity of 4.4% and 4.7 % respectively presented, these values were lower and statistically different at 16.7% obtained in coffee production system fully exposed without chemical control. As climatic variables, could establish a significant direct correlation ($r = 0.51$) and ($p < 0.0001$) between the temperature range and the incidence of the disease, where in periods of higher temperature range to 11.5 ° C higher incidence of disease, specifically in the months of July, August and September are presented.

Keywords: *Phoma sp*, Epidemiology, Production systems, incidence, severity, thermal amplitude.

Lista de figuras

Figura 1. Daño ocasionado por <i>Phoma sp.</i> En la zona de crecimiento de la planta (a), brotes terminales (b), ramas y (c) hojas Fuente: Gil y Leguizamón, 2000.....	3
Figura 2. Estructuras de reproducción (picnidios y picnidiosporas) de <i>Phoma sp.</i> En lesiones de hojas (100X). Fuente: Rivas y Mosquera, 2013.....	5
Figura 3. Precipitación de los años 2005 a 2011 comparada con el promedio histórico en el Tambo Cauca. Fuente: Federacafe, 2012.	9
Figura 4. Parcela experimental.....	15
Figura 5. Tratamiento 1. Aspecto del sistema de producción de café (SPN1) con fertilización y con la siembra del sombrío temporal de <i>Tephrosia (Tephrosia candida)</i> (L.). Imágenes características de una planta de café de 16 meses de edad bajo el sombrío temporal <i>Tephrosia</i>	21
Figura 6. Incidencia de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp</i> en el Tratamiento 1: sistema de producción de café con fertilización y con la implementación del sombrío temporal de <i>Tephrosia (Tephrosia candida)</i> (L.) 6a. Incidencia en el primer semestre. 6b. incidencia en el segundo semestre.....	23
Figura 7. Severidad de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp</i> en el Tratamiento 1: Sistema de producción de café con fertilización y con la implementación del sombrío temporal <i>Tephrosia (Tephrosia candida)</i> (L.). 7a. severidad en el primer semestre. 7b. severidad en el segundo semestre.	24
Figura 8. Tratamiento 2. Aspecto del sistema de producción de café (SPN2) con fertilización y con la siembra de cultivos transitorios de frijol y maíz. 8a y 8b, imágenes características de una planta de café de 16 meses de edad en asocio con cultivos intercalados de frijol y maíz.....	25
Figura 9. Incidencia de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp.</i> En el Tratamiento 2: sistema de producción de café con fertilización y con siembra intercalada de frijol y maíz. 9a. Incidencia en el primer semestre. 9b. Incidencia en el segundo semestre.....	27
Figura 10. Severidad de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp.</i> En el Tratamiento 2: sistema de producción de café con fertilización y con la siembra intercalada de frijol y maíz. 10a. Severidad en el primer semestre. 10b. Severidad en el segundo semestre...	28
Figura 11. Tratamiento 3. Aspecto del sistema de producción de café (SPN3) con fertilización y con control químico de muerte descendente <i>Phoma sp.</i> 11a y 11b, imágenes características de una planta de café de 16 meses de edad del tratamiento 3.	29

Figura 12. Incidencia de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp.</i> En el Tratamiento 3: Sistema de producción de café con fertilización y con control químico. 12a. Incidencia en el primer semestre. 12b. Incidencia en el segundo semestre.....	31
Figura 13. Severidad de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp.</i> En el Tratamiento 3: sistema de producción de café con fertilización y con control químico. 13a. Severidad en el primer semestre. 13b. Severidad en el segundo semestre.....	32
Figura 14. Tratamiento 4. Aspecto del sistema de producción de café convencional a plena exposición solar. 14a y 14b imágenes características de una planta de café de 16 meses del tratamiento 4.....	33
Figura 15. Incidencia de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp.</i> En el Tratamiento 4: Sistema de producción de café convencional e plena exposición solar y con fertilización. 15a. Incidencia en el primer semestre. 15b. Incidencia en el segundo semestre.	35
Figura 16. Severidad de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp.</i> En el Tratamiento 4, sistema de producción de café convencional a plena exposición solar y con fertilización. 16a. Severidad en el primer semestre. 16b. severidad en el segundo semestre.	36
Figura 17. Tratamiento 5. Aspecto de las plantas correspondientes al testigo absoluto, cultivo de café sin fertilización y sin control químico. 17a y 17b, imagen característica de una planta de café de 16 meses del tratamiento 5.	37
Figura 18. Incidencia de la muerte descendente del cafeto. En el Tratamiento 5. Testigo absoluto. 18a. Incidencia en el primer semestre. 18b. Incidencia en el segundo semestre.	39
Figura 19. Severidad de la muerte descendente del cafeto. En el Tratamiento 5. Testigo absoluto. 19a. Severidad en el primer semestre. 19b. Severidad en el segundo semestre.	40
Figura 20. Incidencia de la muerte descendente del cafeto en el año 2012 en los diferentes tratamientos o sistemas de producción evaluados. a. Incidencia en el primer semestre; b. Incidencia en el segundo semestre.....	42
Figura 21 . Severidad de la muerte descendente del cafeto en el año 2012 en los diferentes tratamientos o sistemas de producción evaluados. a. Severidad en el primer semestre; b. Severidad en el segundo semestre.....	45
Figura 22. Plantas de café de 16 meses de edad, representativas de los diferentes tratamientos y/o sistemas de producción.....	47
Figura 23. Relación de la precipitación con la incidencia de la muerte descendente del cafeto <i>Phoma sp</i> en el año 2012.	49
Figura 24. Relación de la Temperatura con la incidencia de la muerte descendente del cafeto.	50
Figura 25. Relación de la amplitud térmica con la incidencia de la muerte descendente del cafeto.	51
Figura 26. Relación de la humedad relativa con la incidencia de la muerte descendente del cafeto.	52
Figura 27. Relación del brillo solar con la incidencia de la muerte descendente del cafeto.	53

Lista de tablas

Tabla 1. Información climática histórica Estación Experimental El Tambo.	10
Tabla 2. Resultado de análisis de suelo para cada uno de los bloques donde se desarrolló la investigación.....	13
Tabla 3. Descripción de tratamientos y/o sistemas de producción.....	16

Introducción

La muerte descendente del cafeto cuyo agente causal se atribuye a especies del género *Phoma sp* (Salgado y Pfenning, 2000). Es una enfermedad limitante en las zonas altas de la caficultura colombiana, ubicadas en altitudes entre 1650 a 2000 m. El patógeno ataca los brotes tiernos de la planta, tanto en almácigo, como en campo, durante los primeros meses de renovación por zoca o siembras nuevas (Escalona, 2002). Esto conlleva a retrasos en el crecimiento de las plantas, lo cual ocasiona desarreglo de los ciclos de renovación y disminución de la producción en el lote (Gil *et al.*, 2003). En almácigo este hongo alcanza a destruir el 80% de las plántulas (Figueroa, 1985); Cáceres, 1999 reporta una severidad del 28% cuando no se realiza ningún tipo de control.

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 (Gil y Leguizamón, 2000). De otra parte, el uso indiscriminado de fungicidas como único método de control puede generar contaminación ambiental y ser obstáculo en el desarrollo de programas de cafés especiales y/o caficultura sostenible, ya que, las moléculas recomendadas como: diclofuanida, ciproconazol, captan, iminoctadine entre otros, son mediana y extremadamente tóxicas. En consecuencia, lo deseable es que el control de esta enfermedad se haga en forma preventiva, tratando de buscar estrategias de manejo que le sean adversas al desarrollo del patógeno.

En observaciones de campo realizadas por el Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros del Cauca en los años 2008, 2009 y 2010, se ha encontrado que la muerte descendente del cafeto es una enfermedad limitativa durante el desarrollo vegetativo de

las plantaciones de café sembradas en el departamento del Cauca y especialmente en cultivos localizados en la meseta de Popayán.

La variación climática ocurrida en los últimos años han propiciado el incremento de las enfermedades asociadas al café. La muerte descendente causada por una especie del género *Phoma sp*, ha sido una de las enfermedades con mayores registros de incidencia (Gil y Leguizamón, 2000). Salgado y Pfenning, 2000, mencionan que las manchas de *Phoma* del cafeto en Brasil han ganado importancia en las regiones productoras en los últimos años principalmente favorecida por los vientos fuertes y cambios de temperatura.

Según el Sistema de Información Cafetera (SICA) en 2013, de las 87.729 hectáreas de café establecidas en el departamento del Cauca, el 68% se encuentran localizados en altitudes superiores a los 1.600 m. Esta condición favorece aún más la incidencia de la enfermedad (Zambolin *et al.*, 1996; Gil y Leguizamón, 2000). De igual manera las corrientes de aire frío propias de la zona favorecen el desarrollo de la enfermedad (Salgado y Pfenning, 2000).

Las investigaciones realizadas hasta al momento han demostrado una relación directa entre la precipitación, la temperatura mínima y el porcentaje de infección, es decir, los mayores niveles de infección se presentan en épocas lluviosas, con temperaturas bajas, los cuales se relacionan con días de poca luminosidad (Fernández, 1961; Chalarca y Muñoz, 1974; Gómez, 1976; Vidal, 1977 y Cadena, 1980). Con base a lo anterior, se puede determinar que es necesario estudiar la epidemiología de la muerte descendente del cafeto (*Phoma sp.*) en diferentes sistemas de producción de café, relacionándolo con factores climáticos y edáficos para de esta manera empezar a buscar alternativas integrales para el control de esta enfermedad en el departamento del Cauca, ya que, las condiciones medioambientales de la zona son óptimas para el desarrollo de la epidemia. Este trabajo se convierte en un referente a nivel de la caficultura colombiana, ya que permite determinar, como el establecimiento de un determinado sistema de producción de café influye en el comportamiento de una enfermedad en campo.

La muerte descendente del cafeto se considera importante al considerar que, el hongo ataca los puntos de crecimiento de plantas de café en el almácigo, renovaciones por zoca

y siembra, ocasiona un retraso drástico en su desarrollo, con la consecuente malformación de las plantas para ser trasplantadas, desarreglo de los ciclos de renovación y de producción y disminución de la producción en el lote respectivamente (Gil y Leguizamón, 2000).

El control químico no es una alternativa efectiva (eficaz y eficiente) para el control de la muerte descendente, toda vez que las condiciones medioambientales de la zona limitan su efectividad y hacen muy costoso su control. 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 (Gil y Leguizamón, 2000).

En observaciones de campo efectuadas por caficultores de las zonas afectadas, se ha visto que cultivos intercalados con café como el maíz, frijol, yuca y plátano; y sombríos temporales como *Tephrosia* (*Tephrosia candida*) (L.). Pers. E higuierilla (*Ricinus communis* L) han favorecido el desarrollo de la planta de café y han disminuido la incidencia y severidad de la enfermedad.

Gil *et al.*, 2003 señalan que plantaciones de café con sombrío establecido o con algún tipo de barrera (Plátano, Maíz, Frijol de enredadera, higuierilla, etc.), son menos afectadas que las plantaciones que se encuentran a plena exposición solar. Sin embargo, no hay datos o investigaciones que cuantifiquen el comportamiento de la enfermedad en términos de incidencia y severidad en estos sistemas de producción.

Por consiguiente, la necesidad de explicar el comportamiento epidemiológico de la enfermedad, enfatizando la comprensión holística y sistémica del desarrollo de epidemias resultantes de las interacciones de poblaciones del patógeno y poblaciones del hospedero, bajo determinadas condiciones del ambiente (Hernández, 2006).

Esta investigación tuvo como objetivo general, determinar la epidemiología de la muerte descendente del cafeto (*Phoma* sp.) en cuatro sistemas de producción de café en la Estación Experimental El Tambo – Cauca de Cenicafé. Y como objetivos específicos:

- Evaluar la influencia que tiene la siembra de sombríos temporales y cultivos transitorios intercalados con café, sobre la incidencia y la severidad de la muerte descendente del cafeto.
- Determinar la relación de las variables climáticas (Precipitación, humedad relativa, temperatura y brillo solar) sobre la incidencia de la muerte descendente del cafeto.
- Evaluar el efecto del control químico con el fungicida carbendazim sobre la incidencia y la severidad de la enfermedad.
- Evaluar la influencia de la fertilización sobre la incidencia y la severidad de la enfermedad.

Esta investigación permitió generar conocimientos sobre el comportamiento de la muerte descendente del cafeto en diferentes sistemas de producción de café establecidos en la Estación Experimental El Tambo con el fin determinar si la incidencia y la severidad de la enfermedad se reduce de acuerdo al sistema de producción establecido durante la etapa vegetativa de la plantación.

1. Marco referencial

1.1 Muerte descendente del cafeto

La Muerte descendente causada por una especie del genero *Phoma*, ha sido una de las enfermedades con los mayores registros de incidencia en zonas altas de la caficultura colombiana (Gil y Leguizamón, 2000).

1.1.1 Distribución Geográfica

Esta enfermedad se encuentra distribuida en diferentes zonas cafeteras del mundo, esta distribución está estrictamente relacionada con factores ambientales para su desarrollo (Salgado y Pfenning, 2000). En cafetos localizados a altitudes por encima de los 1600 metros la enfermedad normalmente adquiere características epifitóticas como es el caso de los países latinoamericanos como Costa Rica, Panamá, Nicaragua y Colombia. En Brasil fue identificada por primera vez en 1973 en el estado de Espirito Santo (Zambolin, 1978), donde los síntomas eran inicialmente confundidos con deficiencias de boro. Actualmente la muerte descendente constituye un serio problema en todas las regiones productoras de Brasil (Salgado y Pfenning, 2000; Chalfoun *et al.*, 2000).

En Colombia se registró inicialmente en 1951, afectando cafetales del departamento de Nariño (Castaño, 1951) y posteriormente en los departamentos de Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca, con mayor incidencia en el departamento del Cauca. En estos departamentos es típica de cultivos localizados en altitudes superiores a 1.600m, con regímenes de lluvia prolongados, baja luminosidad y temperatura mínima baja (inferior a 20°C); donde ocurre principalmente en cafetales a libre exposición solar e influenciados por corrientes de aire frío, (Gil y Leguizamón, 2000).

1.1.2 Importancia económica

Debido a que el hongo ataca las zonas de crecimiento de plantas de café, ocasiona atrasos drásticos en su desarrollo, malformación de plántulas debido a la continua emisión de brotes, lo cual genera desarreglos de los ciclos de renovación y disminución de la producción en el lote. Figueroa, 1985, encontró pérdidas hasta de 80% en almácigos afectados por *Phoma sp*. Por otra parte Cáceres en 1999 reporta bajo condiciones de campo en Guatemala una severidad del 28% cuando no se realiza ningún tipo de control.

1.1.3 Síntomas

El hongo afecta tejidos tiernos de hojas en desarrollo, brotes terminales tanto del tallo principal como de ramas laterales en los cuales penetra por estomas y/o por heridas (Figura 1). Las plantas afectadas presentan necrosis descendente de los tejidos en desarrollo, la cual avanza hasta el tejido lignificado donde se detiene (Gil y Leguizamón, 2000).

Los primeros síntomas de la enfermedad se manifiestan entre 4 y 9 días después de la penetración del patógeno; estos corresponden a pequeñas manchas cloróticas de forma irregular que coalescen formando manchas que a los 10 días no es posible individualizar. El ataque de las plantas puede comenzar por la parte apical del brote terminal o ramas laterales y continuar progresando hacia abajo, hasta alcanzar el tallo principal (Fernández, 1961) (Figura 1).



Figura 1. Daño ocasionado por *Phoma sp.* En la zona de crecimiento de la planta (a), brotes terminales (b), ramas y (c) hojas Fuente: Gil y Leguizamón, 2000.

En las hojas jóvenes se observan manchas oscuras, redondeadas, de bordes irregulares que coalescen, necrosándolas totalmente (Figura 1c). Cuando estas manchas aparecen en los bordes de las hojas más desarrolladas, se produce malformación (encrespamiento) ocasionada por el crecimiento normal de tejido sano alrededor del área afectada (Cadena, 1982; Castaño, 1956; Fernández, 1961).

Fernández, 1961 menciona que en las hojas la enfermedad produce manchas redondeadas, de color oscuro, de bordes estriados. La hoja frecuentemente se encrespa por la parte necrosada, especialmente cuando la lesión se presenta en los bordes de la hoja. En las hojas se observan microscópicamente los picnidios del hongo, distribuidos concéntricamente. En presencia de alta humedad, por el haz y envés de la lesión se nota un desarrollo micelial blanquecino y felposo.

En el tallo ataca los brotes y ramas jóvenes no lignificadas formando lesiones necróticas, hundidas y agrietadas; los primordios foliares son afectados desde su parte terminal, avanzando el daño de forma descendente, abarcando los pecíolos en formación ocasionándoles necrosis y abscisión. El daño ocasionado a flores y frutos es muy rápido, ocasionándoles también necrosis y abscisión (Castaño, 1984). El patógeno ataca el brote principal, en los nudos lignificados hasta donde llega la necrosis, se presenta desarrollo anormal de la planta caracterizado por la proliferación de nuevos brotes y de ramas laterales pequeñas, que en conjunto dan la apariencia de rosetas. Plantas con ataques severos pueden sufrir la destrucción de la totalidad de sus brotes; en ausencia de medidas de control, el inoculo producido en esos, afecta los nuevos brotes (Gil *et al.*, 2003).

La muerte de las yemas terminales y la proliferación de nuevos brotes son similares a los síntomas asociados con la deficiencia de boro. No obstante, el amarillamiento progresivo del ápice hacia el centro de la hoja, la suberización de las nervaduras y la deformación de la hoja sin presencia de necrosis, característico de esa deficiencia permite su diferenciación (Valencia, 1987).

1.1.4 Etiología

La muerte descendente del cafeto es ocasionada por especies del género *Phoma*, un Ascomyceto de la clase Dothideomycetes y del orden Pleosporales (catalogueoflife, 2011). Por otra parte Aguilar, 2006 y Decognet *et al.*, 1994 reportan especies como: *Phoma costarricensis* Echandi; *Phoma tarda* (R.B Steward) H. Verm; *Phoma exigua* Desm; *Phoma jolyana* Piroz & Morgan Jones; *Phoma herbarum* Westend y *Phoma leveilliei* Boerema & G.J. Bollen.

Esta especie presenta picnidios oscuros, ostiolados, lenticulares a globosos, con dimensiones de 25 a 280 por 25 a 277 micras, con abundantes esporas o picnidiosporas de 1 a 5 por 1 a 6 micras, uniceldadas, hialinas, ovoides a elongadas; micelio hialino, septado y ramificado, similar a *P. Costarricensis* (Barnett, 1960; Vidal, 1977; Degruyter y Noordeloos, 1992; Boerema *et al.*, 2004) (Figura 2).

1.1.5 Proceso de Infección

Entre 48 y 72 horas después de la penetración ocurre la maduración de los picnidios y la producción de abundantes esporas (Vidal, 1977 y Figueroa, 1985). En el proceso de infección, las esporas transportadas por el viento germinan sobre los tejidos del hospedante y su tubo germinativo penetra por los estomas y/o heridas y forma un apresorio; luego, a partir de esta última estructura se producen hifas de colonización que avanzan por los espacios intercelulares de la epidermis, invaden Inter e intracelularmente

el mesofilo y de allí colonizan los tejidos esponjosos y de empalizada. Las células afectadas se plasmolizan, los cloroplastos se aglutinan y ocurre el colapso total del tejido afectado. (Gil *et al*, 2003). En este tejido se encuentran los picnidios del hongo, en el caso de daño en la hoja, estas estructuras de reproducción se presentan por el has y por el envés. (Vidal, 1977 y Figueroa, 1985).

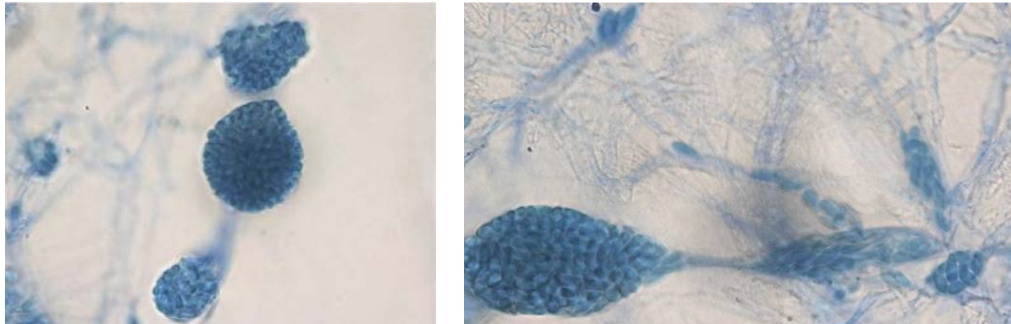


Figura 2. Estructuras de reproducción (picnidios y picnidiosporas) de *Phoma sp.* En lesiones de hojas (100X). Fuente: Rivas y Mosquera, 2013.

1.1.6 Epidemiología

La muerte descendente es una enfermedad típica de zonas altas o con regímenes de lluvia prolongados, baja luminosidad y temperatura mínima baja. Es típica de cultivos localizados a altitudes superiores a los 1.600 m, aunque puede estar presente desde los 600 m (Zambolin *et al.*, 1996; Calderón y Monterroso, 1992) con regímenes de lluvias prolongados, baja luminosidad y temperatura mínima baja (Fernández, 1961; Gil y Leguizamón, 2000). En México se localiza arriba de los 900 m en las diferentes zonas cafeteras (Regalado, 1982). En Brasil la enfermedad está asociada a corrientes de aire frío y cambios bruscos de temperatura Salgado y Pfenning, 2000)

Según Gil *et al*, 2003, investigaciones realizadas por Cenicafé bajo condiciones controladas en laboratorio demostraron que el agua es indispensable para la germinación del hongo y para su proceso infectivo, y que para el desarrollo de la enfermedad se requieren periodos diarios de luz entre tres y seis horas y temperatura promedio entre 18 y 22 °C; la mejor expresión de la enfermedad se obtiene con tres horas de luz y 18 °C de temperatura.

Gómez y Bustamante, 1977, concluyen de trabajos en laboratorio que, la infección es mayor con periodos diarios de luz de tres y seis horas. Periodos de luz superiores a seis horas inhiben la expresión de síntomas y la infección fue mayor cuando las plantas inoculadas se sometieron a temperaturas de 18 y 22 °C con óptimo a los 22 °C.

Trabajos de campo demostraron una estrecha correlación entre la precipitación, la temperatura mínima y el porcentaje de infección, es decir, los mayores niveles de infección ocurren en épocas lluviosas y con temperaturas bajas, las cuales se relacionan con días de poca luminosidad (Fernández, 1961; Chalarca y Muñoz, 1974; Gómez, 1976; Vidal, 1977; Cadena, 1980; Rajendran *et al.*, 1983).

Igualmente se ha observado alta incidencia de la enfermedad en lotes influenciados por corrientes de aire frío proveniente de ríos o quebradas (Gil *et al.*, 2003). Este autor también menciona que plantaciones de café con sombrío establecido o con algún tipo de barrera (Plátano, Maíz, Fríjol de enredadera, etc.), son menos afectadas que las plantaciones que se encuentran a plena exposición solar, sin embargo no hay datos publicados que corroboren dicha información.

1.1.7 Manejo

En las zonas con presencia de la enfermedad es importante producir plantas sanas desde la etapa de almacigo, para lo cual se recomienda hacer los almácigos bajo sombra, utilizar tratamiento químico preventivo con frecuencia quincenal y no sembrar almácigos afectados por la enfermedad. En lotes establecidos se aconseja podar ramas y brotes atacados y después realizara aspersiones de fungicidas. Dependiendo del conocimiento de las características climáticas y de la severidad de la enfermedad en la zona, la aplicación de fungicidas debe iniciarse antes de la época de lluvias y continuar con frecuencia quincenal o mensual (Gil *et al.*, 2003).

En zonas con marcada influencia de corrientes de aire frío, la siembra de barreras vivas o de sombrío en el cafetal reduciría el riesgo de ataques del hongo.

En lotes afectados y con alta incidencia de la enfermedad las medidas de control no deben limitarse a la aplicación de fungicidas, ya que la efectividad de los productos aplicados se ve disminuida pues el daño ya ha sido ocasionado. Las aplicaciones se deben realizar después de la poda o eliminación de los brotes afectados. (Gil y Leguizamón, 2000).

Las investigaciones sobre control químico de *Phoma sp.*, Presentan dificultades tanto en la selección de localidades para realizar los trabajos como en la interpretación de sus resultados, específicamente en la determinación de la efectividad de los fungicidas para el control del hongo y el efecto económico de su aplicación (Cáceres, 1999; Gil *et al*, 2003).

Investigaciones realizadas por Cadena, 1980, demostraron la efectividad de los fungicidas Difolatan (captafol) – 4 g/l + Triton AE 1%, Daconil (chlorotalonil) – 2.5 g/l y Euparen (diclofuanida) – 4 g/l. De los anteriores el Daconil es extremadamente tóxico y Euparen es medianamente toxico, sin embargo estos productos se encuentran descontinuados en el mercado.

En otros países cafeteros de Centroamérica, además de los anteriores fungicidas, se recomienda la aplicación de Orthocide 50 (Captan), Alto 100 (ciproconazol), Dyrene (anilazina), Belkutte (iminocladine), Aliette (fosetyl – Al) y mezclas de fungicidas como Cycosin (benzimidazol) + Dithane (mancozeb), Alto 100 + Thiovit (azufre) (Almeida y Mantiello, 1989).

Cáceres, 1999, recomienda para el control de la muerte descendente del cafeto en Guatemala, la aplicación del fungicida trichloromethylthyio (Folpet) a razón de 544 gramos por hectárea a intervalos de 25 días entre cada aplicación hasta que las condiciones ambientales sean adversas para el hongo (falta de precipitación o disminución de la humedad).

1.1.8 Interacción patógeno- ambiente

Trabajos realizados por Fernández en 1961, demostraron que el hongo se desarrolla mejor a temperaturas de 20° C; a 24 y 30°C el de desarrollo de la enfermedad es menor; donde se concluye que la temperatura es el factor más importante que está limitando la incidencia de la enfermedad en las regiones más frías de la zona cafetera. Este mismo autor menciona que, aun cuando el micelio es infectivo a 24°C, las picnidiosporas que son las que sirven como inóculo natural, son infectivas solo a 18 y 19°C.

Gómez y Bustamante, 1977, concluyen que la infección por muerte descendente del cafeto *Phoma sp.* Fue mayor cuando las plantas inoculadas se sometieron a temperaturas de 18 y 22°C, con óptimo hacia los 22°C. Estos autores también mencionan que la infección fue mayor con periodos diarios de luz de tres y seis horas, con óptimo de tres horas.

Zambolin *et al.*, 1996 y Calderón, 1992 mencionan que la temperatura influye notoriamente sobre la germinación del patógeno. Conidias de un aislamiento de *Phoma sp.* Colectado en Cundinamarca, proveniente de lugares con temperatura media de 19°C y altitud de 1.700 m; presentaron su máximo de germinación de 87% a 20°C. Fernández (1961) encontró una germinación del 100% a 20°C para conidias de *Phoma sp.*, obtenidas de muestras colectadas en la zona cafetera de los departamentos de Cauca y Caldas.

Trabajos realizados por Cenicafé bajo condiciones controladas de laboratorio demostraron que el agua es indispensable para la germinación del hongo y para su proceso infectivo (Gil y Leguizamón, 2000). Por tanto periodos con altas precipitaciones y/o presencia de eventos niña pueden favorecer aún más la incidencia de la enfermedad. Igualmente se ha observado alta incidencia de la enfermedad en lotes influenciados por corrientes de aire frío. (Gil y Leguizamón, 2000).

En la figura 3, se presenta la precipitación entre los años 2005 y 2011 en comparación con la precipitación promedio histórica en la Estación Experimental El Tambo. El promedio histórico de lluvias es de 2.010 mm/año, entre tanto en los años 2007 y 2008 y 2011 se alcanzaron valores de 2.532, 2.828 y 3.042 mm/año respectivamente. Estas

altas precipitaciones favorecen aún más el aumento de la enfermedad, ya que el agua es indispensable para la germinación del hongo y para su proceso infeccioso (Gil *et al.*, 2003).

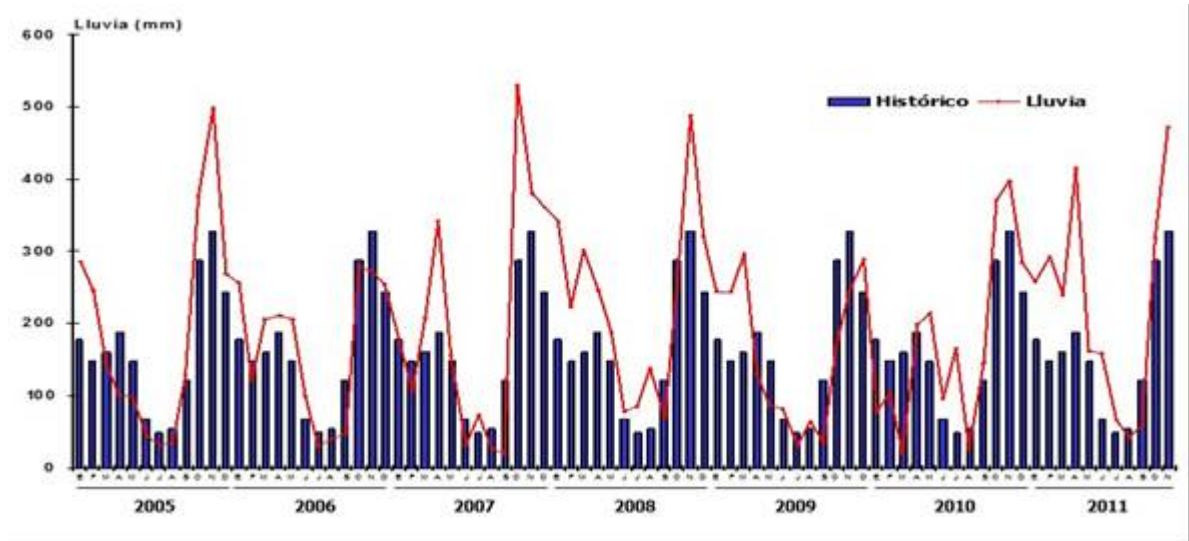


Figura 3. Precipitación de los años 2005 a 2011 comparada con el promedio histórico en el Tambo Cauca. Fuente: Federacafe, 2012.

En la Tabla 1 se presenta la información climática histórica de temperatura, humedad relativa y brillo solar en la meseta de Popayán, donde se deducen diferencias entre la temperatura máxima y la temperatura mínima de 8 y 12 °C con promedios de temperatura de 18°C, rangos apropiados para el desarrollo de la enfermedad, ya que la mejor expresión del hongo se obtiene con tres horas de luz y 18°C de temperatura (Gil *et al.*, 2003).

Tabla 1. Información climática histórica Estación Experimental El Tambo.

Mes	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Brillo. Sol (horas)
	Media	Mín.	Máx.		
Enero	18,3	14,6	23,4	83	168
Febrero	18,5	14,6	23,8	83	148
Marzo	18,6	14,7	23,9	82	147
Abril	18,4	14,7	23,8	83	131
Mayo	18,5	14,7	23,9	83	137
Junio	18,4	14,1	24,0	78	155
Julio	18,6	13,2	24,6	70	187
Agosto	18,8	13,1	25,0	68	177
Septiembre	18,6	13,3	24,9	73	147
Octubre	18,0	14,1	23,7	82	134
Noviembre	17,9	14,6	23,1	85	132
Diciembre	18,0	14,8	23,1	84	156
Promedio/Total	18,4	14,2	23,9	79,5	1.819

Fuente: Fedecafé, 2012

1.2 Sistema de producción de café Fríjol relevo maíz, intercalado con café

En la zona cafetera los sistemas de producción de café intercalado con cultivos transitorios en lotes renovados mediante sistemas de renovación por siembra o zoca, son una opción de producción que puede contribuir a la seguridad alimentaria, diversificar la producción, reducir los costos de producción y generar empleo e ingresos adicionales para los caficultores; mientras avanza el crecimiento vegetativo de los cafetos sin que se afecte la producción de café (Fedecafe, 2001).

Granada *et al.*, 2007 menciona que Los cultivos como el maíz y/o el fríjol 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. Estos mismos autores manifiestan que, el fríjol y el

maíz favorecen de alguna forma al café para que tenga un mayor crecimiento en este tipo de arreglos interespecíficos, que en motocultivos.

Además, hay un aporte de nutrientes del frijol por la fijación de nitrógeno, debido a que la bacteria *Rhizobium* le permite al frijol fijar de la atmósfera hasta el 60% de su requerimiento de nitrógeno y así el café lo puede aprovechar más adelante (Dueñas *et al.*, 2002).

Para disminuir el riesgo de competencia con el café, se recomienda fertilizar cada cultivo según sus requerimientos y con base al análisis de suelos (Granada *et al.*, 2008). El sistema frijol relevo maíz consiste en sembrar frijol cuando el maíz ha alcanzado o está próximo a alcanzar su madurez fisiológica (en estado de choclo), lo cual permite que sus tallos cumplan la función de tutor para las plantas de frijol, reemplazando de esta manera los tutores artificiales, que son improductivos y cuyos costos pueden ser superiores al 35% del total del sistema de producción (Castaño *et al.*, 2003). Granada *et al.*, 2008, señala que, la mejor producción de maíz se obtiene cuando se siembra el frijol a los 60 días después de sembrar la gramínea, este resultado demuestra que se puede sembrar el frijol mucho antes con relación a como lo hacen los agricultores, sin que se afecte negativamente la producción de maíz.

1.3 Sistema de producción de café con establecimiento de *Tephrosia* (*Tephrosia candida*) (L.). Como sombrío temporal

La *Tephrosia* es un arbusto de 2 a 3m de altura. La primera floración ocurre después de 3 o 5 meses de la siembra, produciendo legumbres de 7.5 a 10cm, su principal función es la de abono verde y de sombra temporal en plantaciones de cacao y café, es una planta que dura de 2 a 3 años y que puede podarse varias veces al año, ya que rebrota vigorosamente (Álvarez *et al.*, 1995; Calejari, 1995).

En un periodo de 180 días de descomposición la biomasa seca producida por *T. candida* transfieren 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, contenido en los residuos (Jiménez *et al.*, 2005).

1.4 Estudios epidemiológicos de enfermedades en el cultivo del cafeto

Mouen Bedimo *et al.*, 2012, estudiaron el efecto de la temperatura y la precipitación en el desarrollo de la antracnosis de los frutos causado por CBD *Colletotrichum kahawae* en sistemas de producción de café a plena exposición solar y a la sombra, para ello realizaron un estudio epidemiológico en pequeñas fincas cafeteras de Camerún bajo sistemas de producción al sol y a la sombra para evaluar la relación entre el desarrollo de la enfermedad con la variación en los factores climáticos. En esta investigación se encontró que la precipitación y la temperatura son los parámetros climáticos que favorecen el desarrollo de la epidemia del CBD y que el sistema de producción influye en la incidencia y la dinámica del patógeno.

Mouen Bedimo *et al.*, 2007 manifiestan que la sombra puede atenuar las variaciones de la temperatura e interceptar e inducir un tamaño de la gota de agua más grande que cae sobre la plantación y por tanto reducir su energía cinética.

Salgado *et al.*, 2003 estudiaron la influencia de la temperatura y el tiempo de incubación sobre el crecimiento micelial y la producción de esporas *in vitro* de las especies de *Phoma* en el cultivo del café en Brasil en el cual encontraron como agentes etiológicos especies de *Phoma exigua* var. *noackiana* y *Phoma costarricensis* y que la temperatura óptima para la germinación de los conidios fue de 20 °C. También encontraron que a temperaturas mínimas menores a 14 °C hay mayor germinación del patógeno.

2. Materiales y Métodos

2.1 Localización

El trabajo de campo se hizo en lotes de café renovados por siembra en la Estación Experimental El Tambo de Cenicafé, ubicada en el municipio del Tambo departamento del Cauca. A 04° 24' de latitud norte y 75° 44' de longitud oeste. Se encuentra a 1.735 m de altitud, con precipitación promedio histórico de 2.010 mm, temperatura media de 18°C, brillo solar de 1.819 horas y humedad relativa del 80% (Federacafe, 2012). El suelo pertenece a la unidad cartográfica Timbio. En la Tabla 2, se presentan el resultado del análisis de suelo, por bloques del lote donde se desarrolló la investigación.

Tabla 2. Resultado de análisis de suelo para cada uno de los bloques donde se desarrolló la investigación.

BLOQUE	pH	N	MO	K	Ca	Mg	AL	CIC	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Ar	L	Textura
		%		cmol(+).kg-1					mg/Kg					%			
1	4,4	0,72	22,7	0,46	0,48	0,26	2,4	31	21	156	18	4,1	3,4	0,39	29	27	F.Ar
2	4,5	0,72	22,3	0,62	0,85	0,22	1,9	32	31	90	13	2,9	2,9	0,29	27	25	F.Ar.A
3	4,4	0,71	22,2	0,43	0,75	0,25	2,3	34	23	168	20	3,5	3,3	0,31	31	25	F.Ar
4	4,5	0,73	23,2	0,53	0,86	0,38	2,1	31	17	137	17	3,8	2,3	0,35	29	25	F.Ar.A
5	4,5	0,72	22,7	0,34	0,86	0,19	1,9	30	25	100	12	3,1	2,4	0,33	27	23	F.Ar.A
6	4,4	0,71	22,4	0,42	0,75	0,25	2,1	32	22	120	17	3,3	2,5	0,34	27	23	F.Ar

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelos y aguas - Multilab Agroanalítica.

2.2 Material vegetal

2.2.1 Café (*Coffea arabica* L.)

Se establecieron lotes de variedad Castillo® regional El Tambo. Las siembras se efectuaron en el mes de septiembre del año 2011, para ello se empleó semilla certificada proveniente de Cenicafé - Chinchiná.

2.2.2 Maíz (*Zea maíz* L.)

Variedad ICA V-305, con grano de endospermo amarillo de textura cristalina, altura media de 2.2 m, periodo vegetativo de 150 – 160 días, con un potencial de rendimiento promedio de 4.000 Kg/ha, rango de adaptación entre 1200 – 1800 m de altitud.

2.2.3 Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Se usó semilla de fríjol de enredadera variedad Cargamanto, por ser este uno de los materiales que utilizan los caficultores de la zona cafetera del Cauca, en los municipios del Tambo, Popayán, Timbio, Cajibío y Piendamó.

2.2.4 Sombrío temporal

Se utilizó semilla de *Tephrosia* (*Tephrosia candida*) (L.). Pers. Actualmente empleada en la zona cafetera como sombrío temporal en plantaciones de café.

2.3 Fungicida y tecnología de aplicación

Para el sistema de producción de café con control químico se empleó el fungicida sistémico carbendazim (metal bencimidazol-2-il-carbamato, 500 g por litro de formulación a 20 pc). Se utilizó una concentración de 1.6 g/litro de agua. Las aplicaciones se realizaron utilizando una bomba de espalda de palanca marca Royal Cóndor, con válvula reguladora de presión de 30 psi, boquilla de baja descarga TX3 y filtro de 50 mallas por pulgada cuadrada.

2.4 Metodología

A continuación se describe el procedimiento con el cual se alcanzaron los objetivos y se evaluó la hipótesis de trabajo.

2.4.1 Parcela experimental

La parcela experimental estuvo conformada por 70 cafetos sembrados a una distancia de 1.60 m entre calles por 1.10 m entre plantas. La parcela efectiva contó con 36 cafetos (Figura 4).

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X
X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X
X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X = Sitios de café bordes								O = Sitios de café efectivos					

Figura 4. Parcela experimental

2.4.2 Descripción de los tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en instalar cuatro sistemas de producción de café, los cuales son normalmente establecidos tanto en la Estación Experimental El Tambo como por caficultores de la zona.

El tratamiento 1. Consistió en un sistema de producción de café con la implementación de sombrío temporal de *Tephrosia* (*Tephrosia candida*) (L.) (SPN1).

El tratamiento 2. Se basó en un sistema de producción de café, con la siembra intercalada de frijol y maíz (SPN2).

El tratamiento 3. Fue un sistema de producción de café a plena exposición solar, con control químico de *Phoma* sp. (SPN3).

El tratamiento 4. Testigo relativo, consistió en un sistema de producción de café a plena exposición y sin control químico de *Phoma sp.* (SPN4).

El Tratamiento 5. Testigo absoluto, café a libre exposición en el cual no se realizó ninguna practica de fertilización, ni control químico de *Phoma sp.* (Tabla 3).

Todos los tratamientos tuvieron un manejo normal de arvenses y de fertilización de acuerdo a los análisis de suelos, siguiendo las recomendaciones de Cenicafé (Sadeghian, 2008), con excepción del Tratamiento 5 (testigo absoluto), el cual se excluyó de dicha fertilización.

Tabla 3. Descripción de tratamientos y/o sistemas de producción.

N°	Descripción
1	Sistema de Pn de café (SPN1) sin control químico y con sombrío temporal.
2	Sistema de Pn de café (SPN2) Sin control químico con fríjol y maíz.
3	Sistema de Pn de café (SPN3) a plena exposición solar con control químico.
4	Testigo relativo - Sistema de Pn de café (SPN4) a plena exposición solar sin control
5	Testigo absoluto – A plena exposición solar, Sin fertilización y sin control químico.

Para esta investigación se empleó un diseño de bloques al azar en los cuales se establecieron 5 tratamientos con 6 repeticiones para un total de 30 unidades experimentales. El factor de bloqueamiento fue la topografía del terreno.

2.4.3 Aplicación y manejo de los tratamientos

Los tratamientos se establecieron de la siguiente manera:

Tratamiento 1. Quince días después de sembrado el cafeto se sembró la semilla de *Tephrosia*. La siembra fue al chorrillo y entre las plantas del café. Posteriormente se iniciaron raleos a los tres meses de edad hasta finalizar con distancias de 1 m entre plantas. Durante la etapa vegetativa de la planta de café se estableció un ciclo del

sombrío temporal, cuya duración es para todo el ciclo vegetativo del cafeto (18 meses). Vale la pena anotar que al sombrío temporal *Tephrosia* no se le realizó ningún tipo de fertilización.

Tratamiento 2. Quince días después de sembrado el cafeto se sembró el primer ciclo de maíz en las calles del cultivo de café. La siembra se realizó a 40 cm entre sitios con dos plantas por sitio, por tanto en la siembra se colocaron en cada sitio tres semillas de maíz para dejar dos plantas al momento del raleo. Durante la etapa vegetativa de la planta de café se establecieron dos ciclos productivos de maíz. Sesenta días después de la primera siembra de maíz se sembró el frijol en el mismo sitio donde se sembró el maíz, con el fin de usar la caña de este como tutor. Se sembraron tres semillas de frijol por cada sitio para dejar dos plantas al momento del raleo. Durante la etapa vegetativa de la planta de café se estableció un ciclo productivo de frijol.

Tratamiento 3. El control químico de la muerte descendente del cafeto *Phoma sp* se inició a los 15 días después de sembrado el cafeto, mediante la aplicación del fungicida carbendazim en dosis de 1.6 cm por litro de agua y 15 cm de mezcla por cafeto. Las aplicaciones se realizaron cada 30 días durante el tiempo de evaluaciones, es decir hasta el 1 de diciembre del año 2012.

Tratamiento 4. El manejo fue convencional, siembra de café a plena exposición, no se realizaron prácticas de control químico de *Phoma sp*.

Tratamiento 5. Desde el momento de la siembra del cafeto, al inició y durante las evaluaciones de campo no se realizaron prácticas de fertilización ni control químico de *Phoma sp*.

Para todos los tratamientos se realizó el manejo integrado de arvenses y no se realizaron prácticas de control de otras enfermedades.

La fertilización se realizó de la siguiente manera:

Café: Para los tratamientos 1 a 4, la fertilización se realizó con base al análisis de suelo para cada uno de los bloques y de acuerdo a recomendaciones realizadas por Sadeghian, 2008.

Maíz: Se aplicó al momento de la siembra 10g/sitio de la mezcla 4:1 de difosfato de amonio (DAP) y cloruro de potasio (KCL); y treinta días después se aplicó 8 g/sitio de la mezcla 3:1 de urea y cloruro de potasio. Lo anterior de igual manera para todas las unidades experimentales (Moreno, *et al.*, 2008).

Frijol: Al momento de la siembra se aplicaron 10 g/sitio de DAP para todas las unidades experimentales.

2.4.4 Variables de respuesta

Cuando las plantas tenían tres meses de edad (enero de 2012) se iniciaron los registros de campo para determinar incidencia y severidad de la enfermedad. Estos se tomaron cada 15 días durante 12 meses y de acuerdo a la siguiente metodología:

Incidencia (I): De acuerdo a metodología planteada por Agrios, 1996, para conocer la incidencia (I) en cada una de las unidades experimentales, se determinó el número de plantas enfermas sobre el total de unidades evaluadas expresada en porcentaje; La fórmula fue la siguiente:

$$I = (\text{Número de plantas enfermas} / \text{Número total de plantas}) * 100$$

El procedimiento es el siguiente: Cada 15 días se ingresó a la unidad experimental y se determinó el número de plantas con síntomas de muerte descendente en cualquiera de los órganos de la planta. Estos síntomas incluyeron los mencionados en la literatura como: hojas nuevas con lesiones necróticas, ápice de la planta y ramas con lesiones necróticas y/o ramas secas, características del ataque del patógeno.

Posteriormente se marcaron las ramas con síntomas en cada planta para, con el fin de evitar contar éstas en evaluaciones posteriores, y de esta manera expresar el comportamiento real de la enfermedad en campo en cada fecha de evaluación.

Severidad: El concepto de severidad hace referencia a un porcentaje de área enferma sobre un área evaluada. Teniendo en cuenta que en la etapa vegetativa del café *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 contadas en la unidad experimental. La fórmula fue la siguiente:

$$S = (\text{Numero de ramas muertas por } Phoma \text{ sp} / \text{Número total de ramas de la UE}) * 100$$

2.4.5 Variables complementarias

- Datos acumulados quincenales de precipitación.
- Datos promedio quincenales de Humedad relativa.
- Datos promedio quincenales de temperatura.
- Datos promedio quincenales de brillo solar.

Esta información fue tomada de la Estación meteorológica Manuel Mejía ubicada en la Estación Experimental El Tambo a 500 m lineales de la plantación de café donde se desarrolló la investigación.

2.4.6 Análisis Estadísticos

Estimación de promedios y variación de las variables respuesta en cada uno de los tratamientos (Anexo 1).

Se realizó análisis de varianza bajo el modelo de bloques completos al azar. En caso de haber diferencias se realizó la prueba Tukey al 5% para comparar el comportamiento de la enfermedad entre los diferentes tratamientos.

Correlaciones de Pearson.

3. Resultados y discusión

3.1 Incidencia y severidad de la muerte descendente.

3.1.1 Tratamiento 1. Sistema de producción café con el sombrío.

En la figura 5 se presenta un aspecto del tratamiento 1 o sistema de producción de café bajo el sombrío temporal de tephrosia (*Tephrosia candida*).



5a.



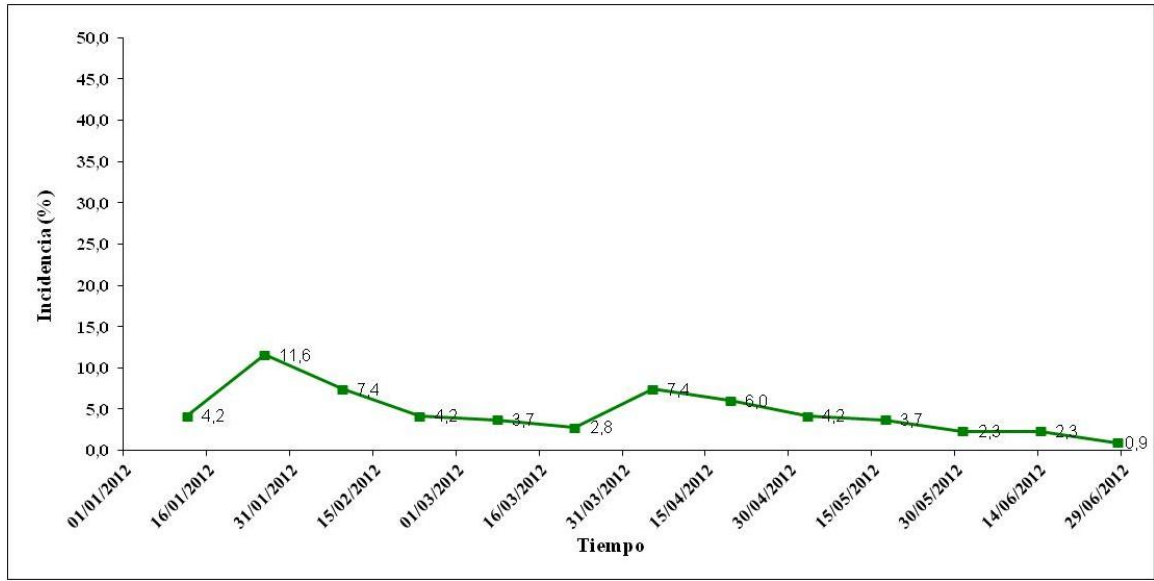
5b.

Figura 5. Tratamiento 1. Aspecto del sistema de producción de café (SPN1) con fertilización y con la siembra del sombrío temporal de *Tephrosia* (*Tephrosia candida*) (L.). Imágenes características de una planta de café de 16 meses de edad bajo el sombrío temporal *Tephrosia*.

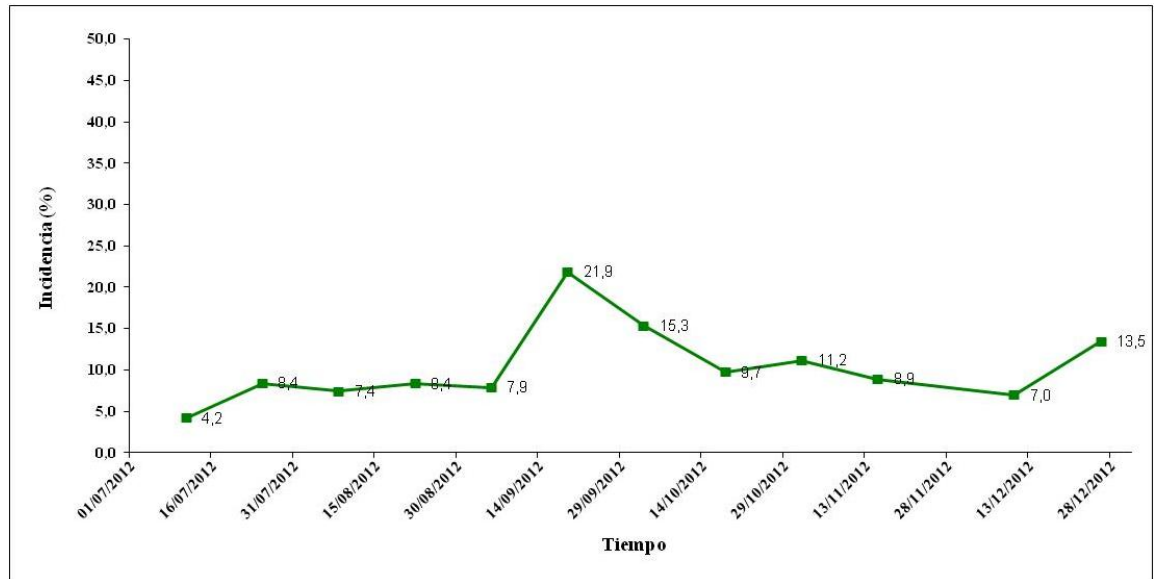
En la Figura 6 se observa la incidencia de la enfermedad en el año 2012. La enfermedad estuvo presente durante todas las evaluaciones realizadas, notándose mayor ataque en el segundo semestre de este año. Durante el primer semestre del año, la mayor incidencia de la enfermedad se presentó entre los meses de enero y abril, con valores de 11,6% y 7,4% respectivamente. Mientras que en mayo y junio se notó reducción de la enfermedad hasta un 0,9% de incidencia (Figura 6a).

En el segundo semestre se encontró mayor incidencia en los meses de septiembre, octubre y diciembre con valores de 21,9%, 15,3% y 13,5% respectivamente (Figura 6b). Durante los meses de julio, agosto y noviembre la incidencia no superó el 11% en ninguna de las evaluaciones.

En cuanto a la severidad, se encontró un aumento progresivo en la pérdida de ramas por efecto del patógeno en cada uno de los semestres evaluados. Durante el primer semestre del año se encontró un promedio de 4,5% (figura 7a) y un 2,3% de promedio en el segundo semestre (Figura 7b). Lo anterior representó una severidad anual del 6,8% en este sistema de producción.

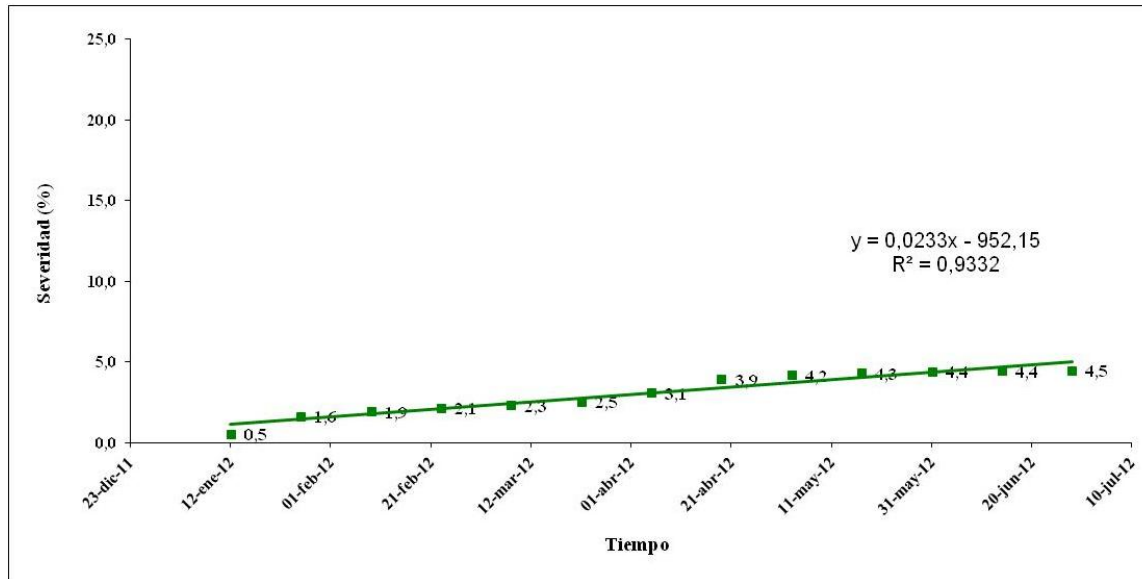


6a.

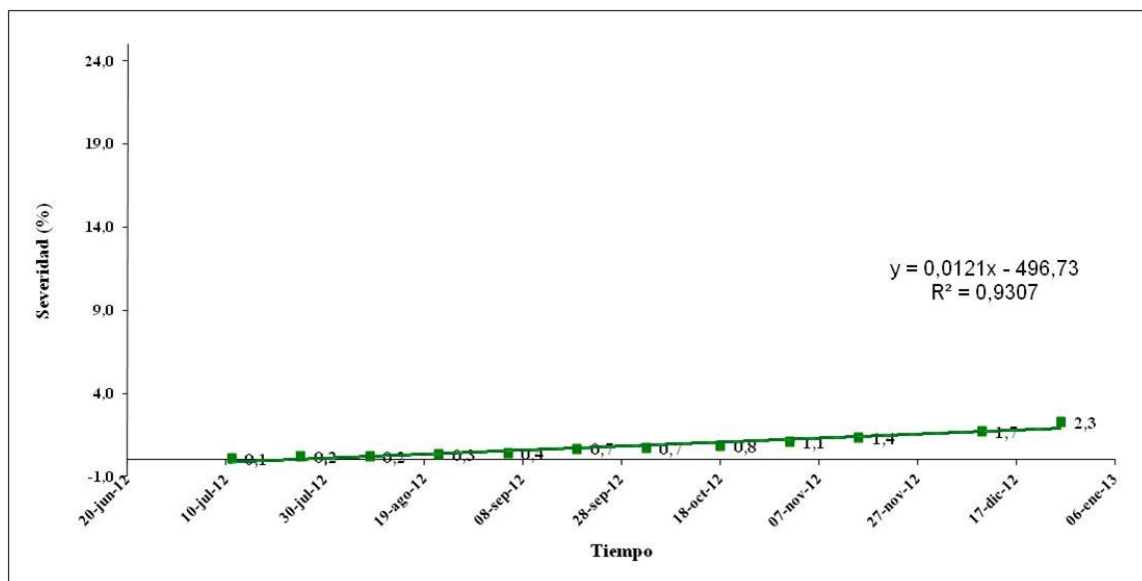


6b.

Figura 6. Incidencia de la muerte descendente del caféto *Phoma sp* en el Tratamiento 1: sistema de producción de café con fertilización y con la implementación del sombrío temporal de *Tephrosia* (*Tephrosia candida*) (L.) 6a. Incidencia en el primer semestre. 6b. incidencia en el segundo semestre.



7a



7b

Figura 7. Severidad de la muerte descendente del caféto *Phoma sp* en el Tratamiento 1: Sistema de producción de café con fertilización y con la implementación del sombrío temporal *Tephrosia* (*Tephrosia candida*) (L.). 7a. severidad en el primer semestre. 7b. severidad en el segundo semestre.

3.1.2 Tratamiento 2. Sistema de producción de café con cultivos intercalados.

En la figura 8 se presenta un aspecto del tratamiento 2 o sistema de producción de café con fertilización, sin control químico de *Phoma sp* y con la siembra intercalada de frijol y maíz.



8a



8b

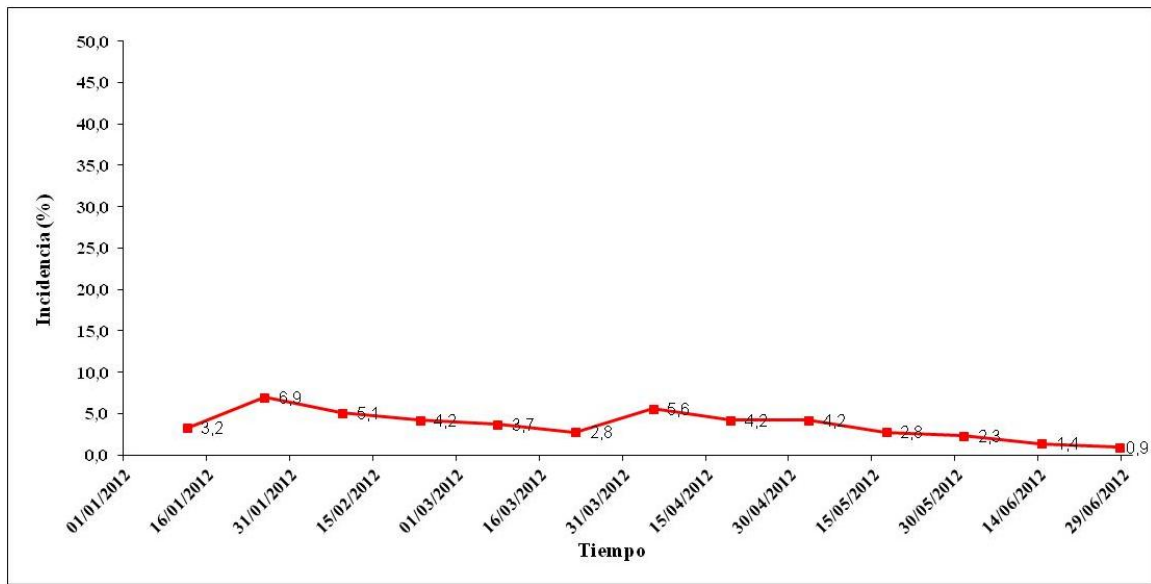
Figura 8. Tratamiento 2. Aspecto del sistema de producción de café (SPN2) con fertilización y con la siembra de cultivos transitorios de frijol y maíz. 8a y 8b, imágenes características de una planta de café de 16 meses de edad en asocio con cultivos intercalados de frijol y maíz.

En la figura 9 se presenta la incidencia de la enfermedad durante el año 2012. Los resultados muestran presencia de la enfermedad en todas las evaluaciones, pero de igual manera que en el tratamiento 1, se presenta mayor incidencia en el segundo semestre del año.

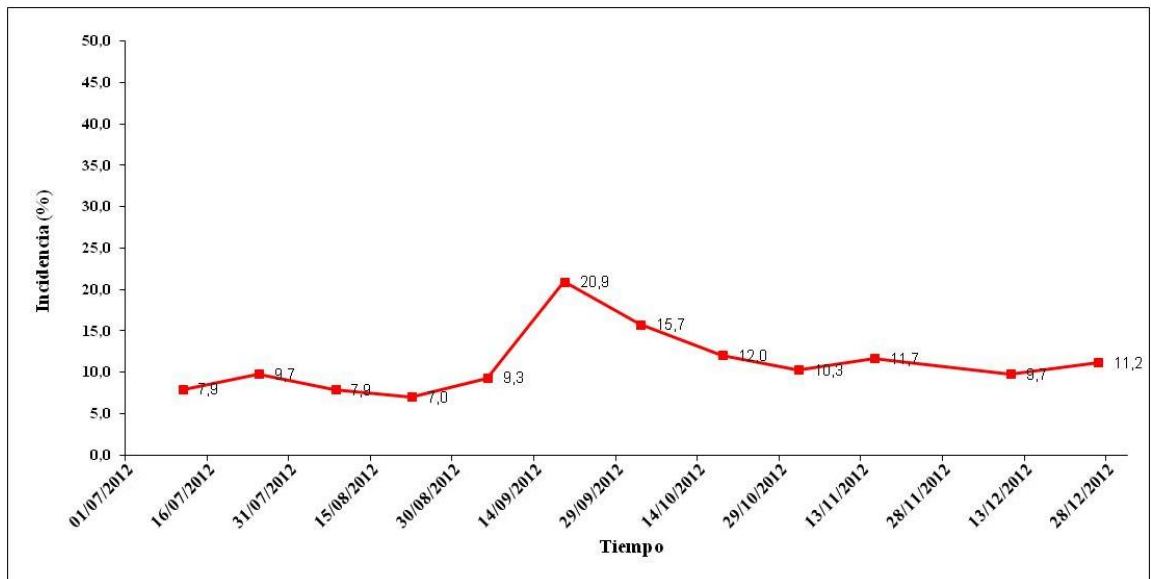
Durante el primer semestre del año, la mayor incidencia de la enfermedad se presentó en la segunda evaluación de enero con un 6,9% y la primera evaluación de abril con un 5,6%. Posteriormente, en las evaluaciones de mayo y junio se presentó una reducción de la enfermedad hasta del 0,9% al final del semestre (Figura 9a).

En el segundo semestre se encontró mayor incidencia en los meses de septiembre y octubre, con valores de 20,9% y 15,7% (Figura 9b). En julio y agosto la incidencia fue menor al 10%.

Cuando se evaluó la severidad, los resultados mostraron una pérdida progresiva de ramas por efecto del patógeno, con promedio de 4,7% en el primer semestre y de 3,5% en el segundo semestre (Figuras 10a y 10b). Lo anterior representó una severidad anual del 8,3% en este sistema de producción.

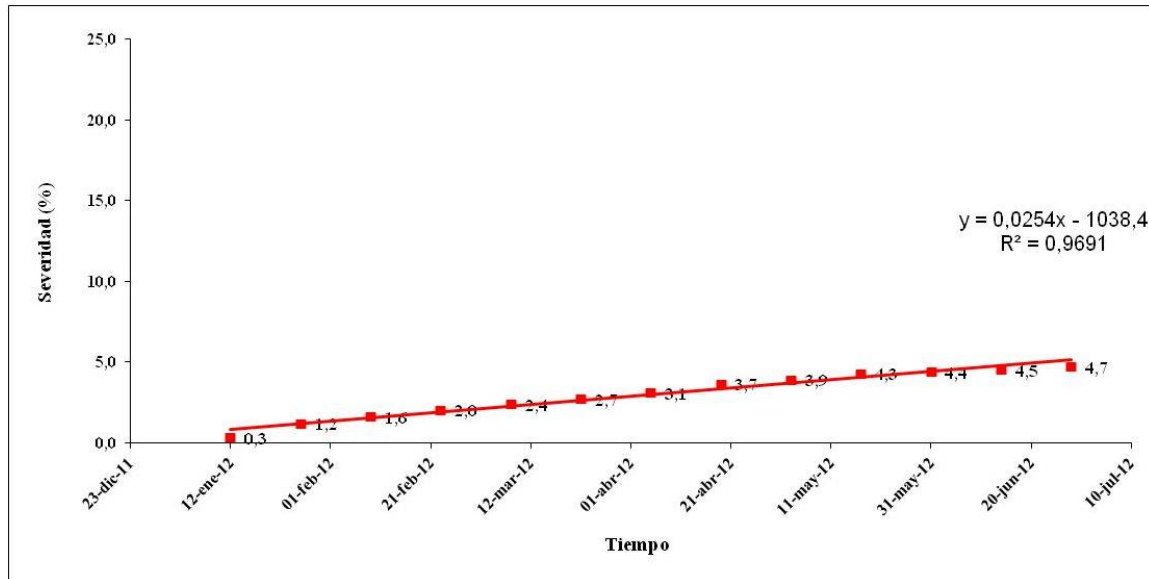


9a

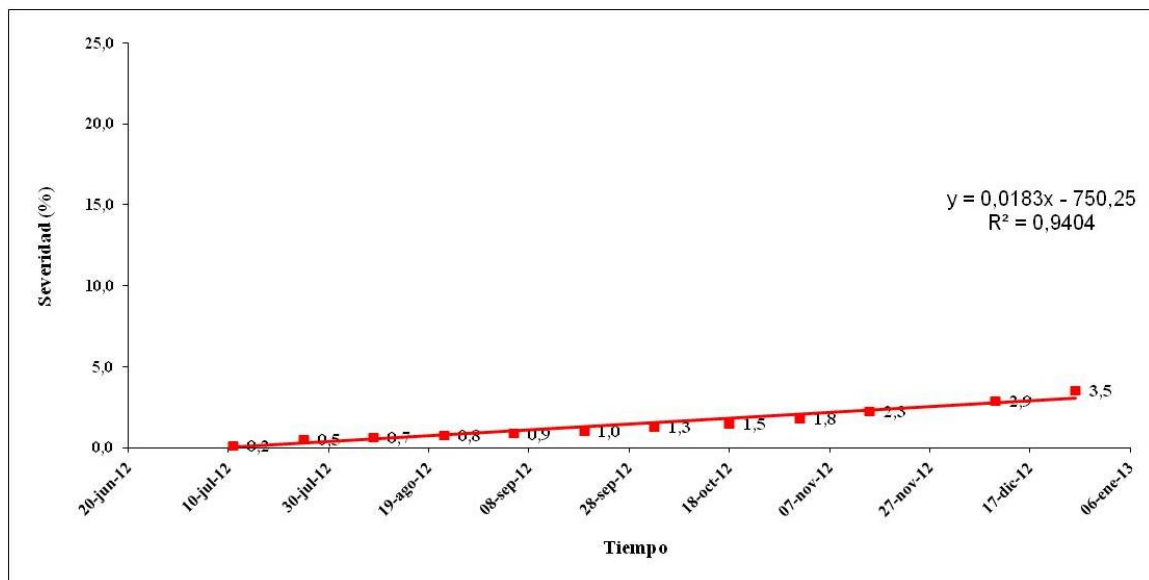


9b

Figura 9. Incidencia de la muerte descendente del caféto *Phoma* sp. En el Tratamiento 2: sistema de producción de café con fertilización y con siembra intercalada de frijol y maíz. 9a. Incidencia en el primer semestre. 9b. Incidencia en el segundo semestre.



10a



10b

Figura 10. Severidad de la muerte descendente del cafeto *Phoma sp*. En el Tratamiento 2: sistema de producción de café con fertilización y con la siembra intercalada de frijol y maíz. 10a. Severidad en el primer semestre. 10b. Severidad en el segundo semestre.

3.1.3 Tratamiento 3. Sistema de producción de café con control químico.

En la figura 11, se presenta un aspecto del tratamiento 3.



11a



11b

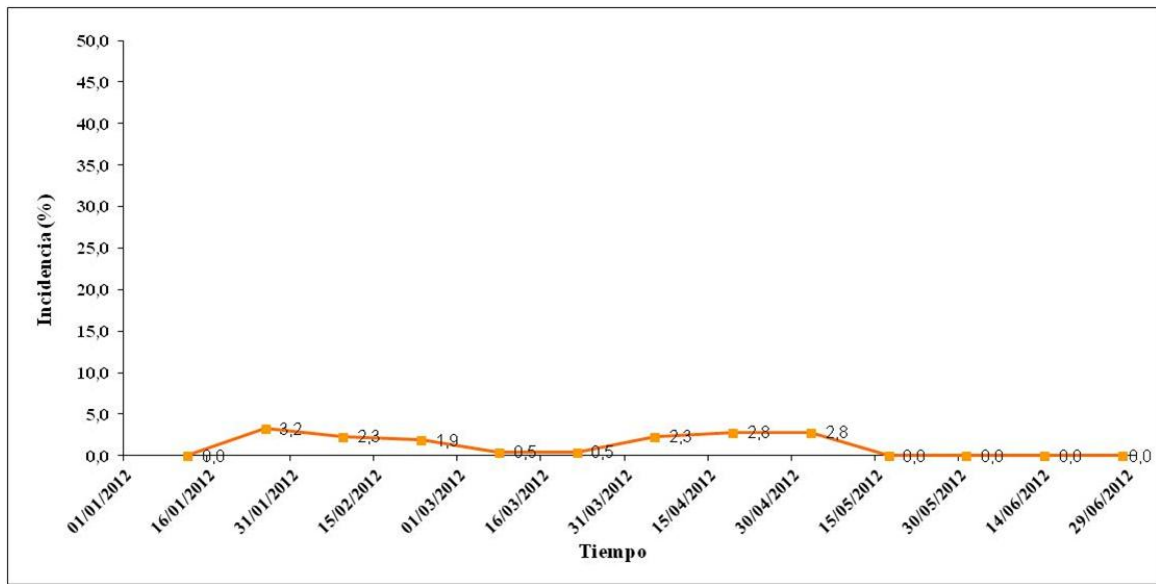
Figura 11. Tratamiento 3. Aspecto del sistema de producción de café (SPN3) con fertilización y con control químico de muerte descendente *Phoma sp.* 11a y 11b, imágenes características de una planta de café de 16 meses de edad del tratamiento 3.

En la figura 12 se observa la incidencia de la enfermedad en el Tratamiento 3 para el año 2012. De igual manera que en los tratamientos descritos anteriormente se presenta mayor incidencia en el segundo semestre del año. Durante el primer semestre del año se

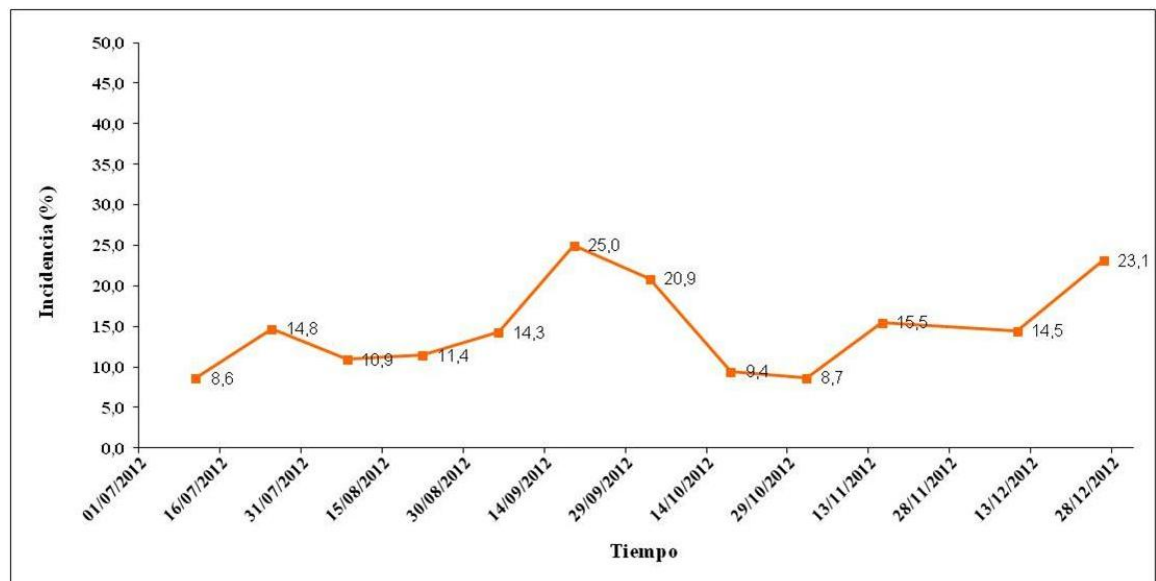
presentó una incidencia mínima del 0.5% en el mes de marzo y máxima del 3,2% en el mes de Enero. Durante mayo y junio no hubo presencia de síntomas en las plantas.

En el segundo semestre de 2012 se presentó una mayor incidencia de la enfermedad, alcanzando valores máximos de 25%, 20,9% y 23,1% en los meses de septiembre, octubre y diciembre respectivamente. Mientras que en el mes de julio se observó un mínimo del 8,6% (Figura 12b).

Cuando se evaluó la severidad, los resultados mostraron pérdida progresiva de ramas por efecto del patógeno, con promedio del 4.8% en el primer semestre y de 4,2% en el segundo semestre (Figuras 13a y 13b). Lo anterior representó una severidad anual del 9% en este sistema de producción.

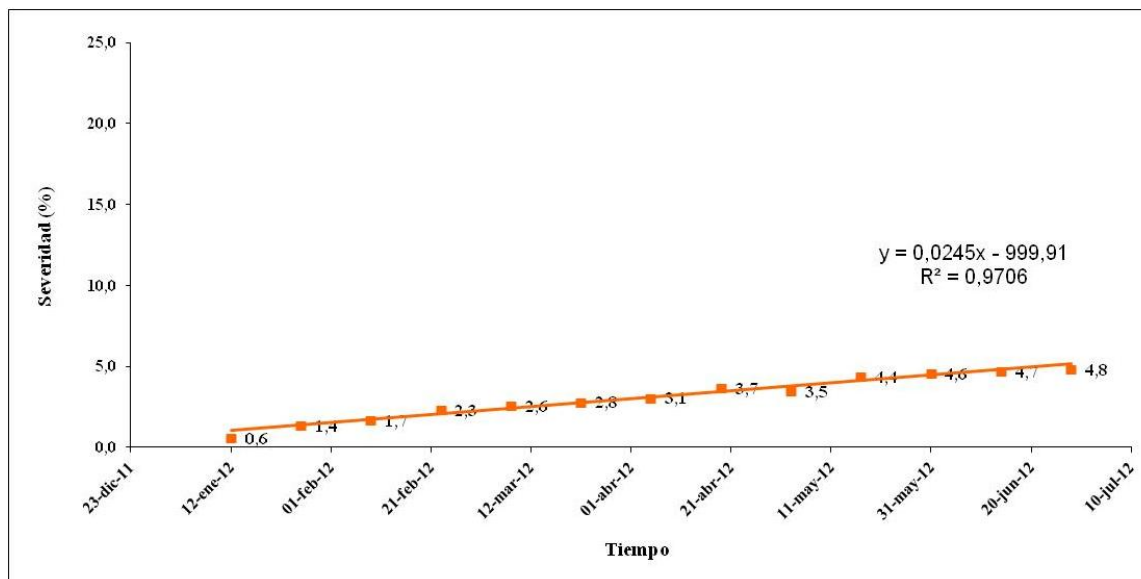


12a

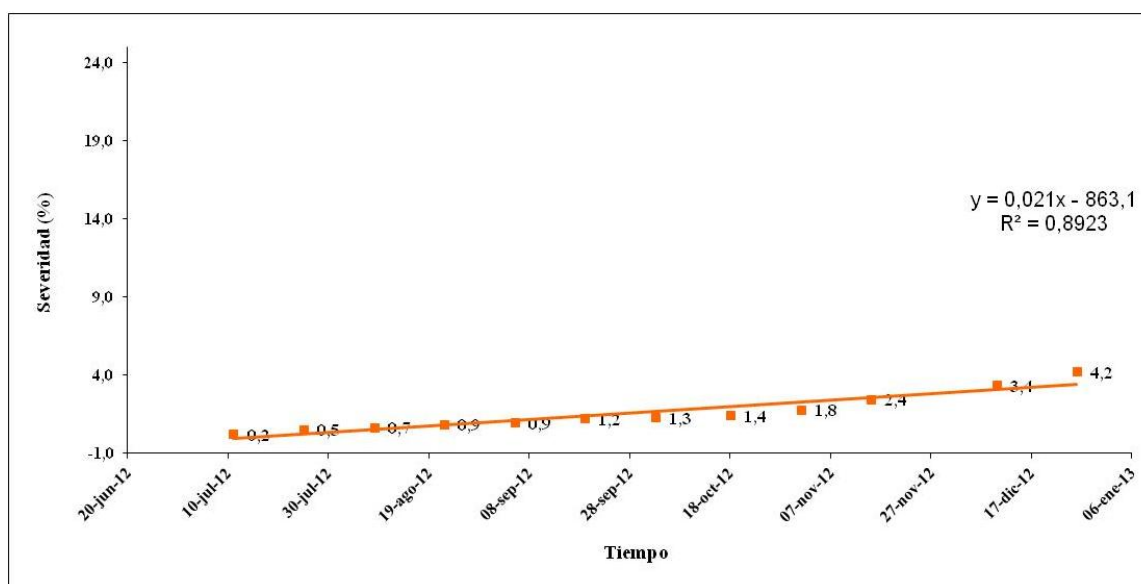


12b

Figura 12. Incidencia de la muerte descendente del café *Phoma sp.* En el Tratamiento 3: Sistema de producción de café con fertilización y con control químico. 12a. Incidencia en el primer semestre. 12b. Incidencia en el segundo semestre.



13a



13b

Figura 13. Severidad de la muerte descendente del cafeto *Phoma sp*. En el Tratamiento 3: sistema de producción de café con fertilización y con control químico. 13a. Severidad en el primer semestre. 13b. Severidad en el segundo semestre.

3.1.4 Tratamiento 4. Testigo relativo. Sistema de producción de café sin control.

En la figura 14 se presenta un aspecto del tratamiento 4 o sistema de producción de café convencional a plena exposición solar y con fertilización.



14a



14b

Figura 14. Tratamiento 4. Aspecto del sistema de producción de café convencional a plena exposición solar. 14a y 14b imágenes características de una planta de café de 16 meses del tratamiento 4.

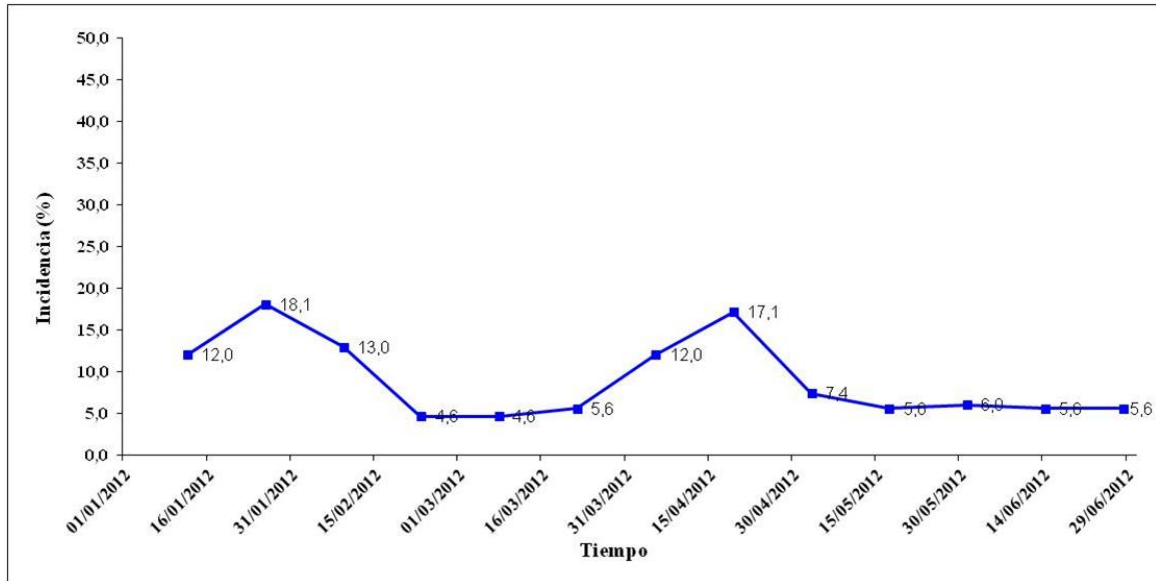
En la figura 15 se observa la incidencia de la muerte descendente en el Tratamiento 4 durante el año 2012. De igual manera que en los sistemas de producción anteriores, los

resultados muestran presencia de la enfermedad en todas las evaluaciones con mayor incidencia en el segundo semestre del año.

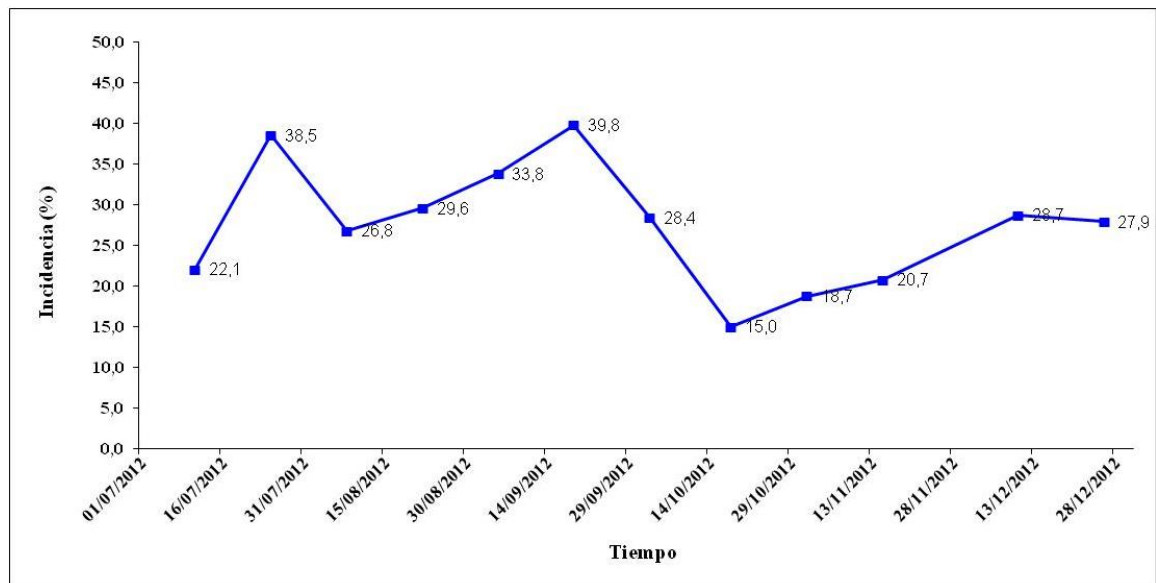
Durante el primer semestre del año se presentó mayor incidencia en los meses de enero y abril con valores de 18,1% y 17,1% respectivamente. Posteriormente en las evaluaciones de mayo y junio se presentó una reducción de la enfermedad hasta llegar al 6,6% al final del semestre (Figura 15a).

En el segundo semestre se presentó mayor incidencia de la enfermedad. En los meses de Julio, septiembre y diciembre la incidencia fue de del 38,5%, 39,8% y 28,7% respectivamente (Figura 15b).

En cuanto a severidad, los resultados mostraron pérdidas progresivas de ramas por efecto del patógeno, con promedios del 16,7% en el primer semestre y del 14,4% en el segundo semestre (Figuras 16a y 16b). Lo anterior representó una severidad anual del 31,1% en este sistema de producción.

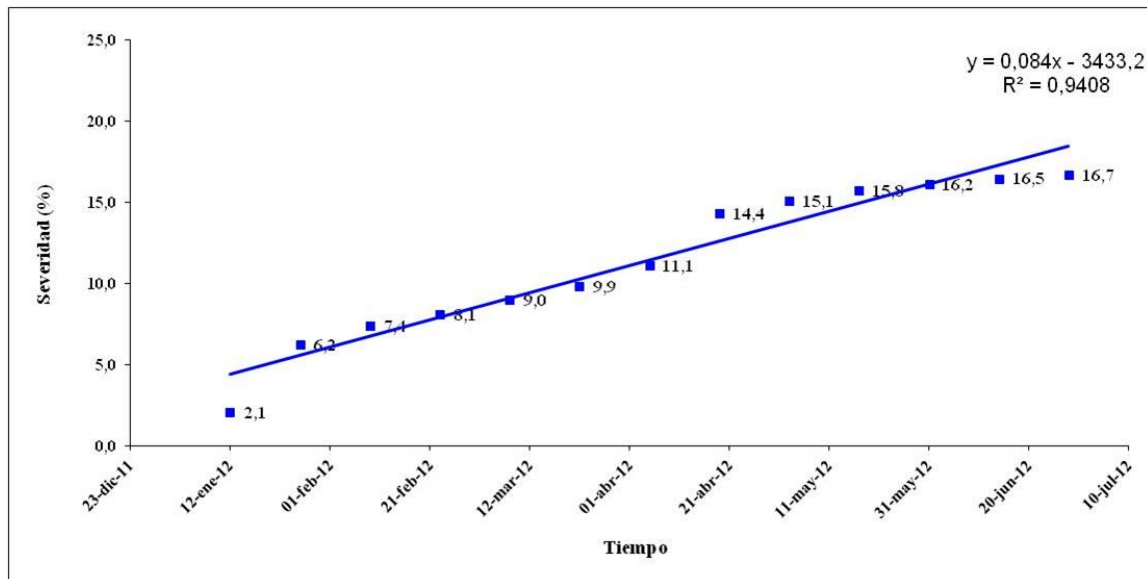


15a

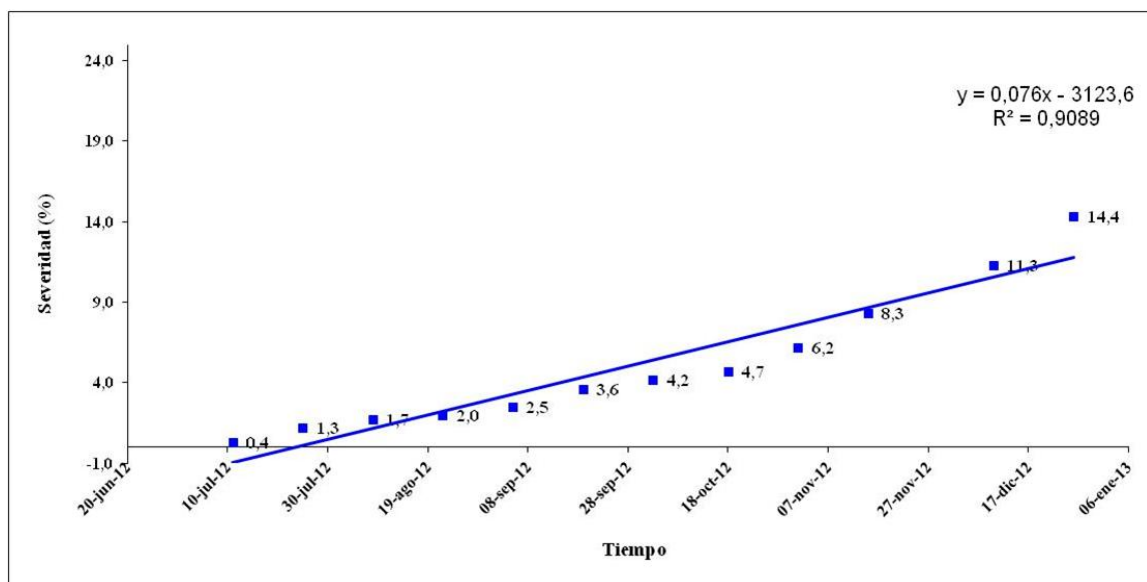


15b

Figura 15. Incidencia de la muerte descendente del cafeto *Phoma sp.* En el Tratamiento 4: Sistema de producción de café convencional e plena exposición solar y con fertilización. 15a. Incidencia en el primer semestre. 15b. Incidencia en el segundo semestre.



16 a



16 b

Figura 16. Severidad de la muerte descendente del cafeto *Phoma sp*. En el Tratamiento 4, sistema de producción de café convencional a plena exposición solar y con fertilización. 16a. Severidad en el primer semestre. 16b. severidad en el segundo semestre.

3.1.5 Tratamiento 5. Testigo absoluto. Cultivo de café sin fertilización y sin control químico.

La figura 17 presenta un aspecto del tratamiento 5, testigo absoluto, cultivo de café sin fertilización y sin control químico de muerte descendente *Phoma* sp.

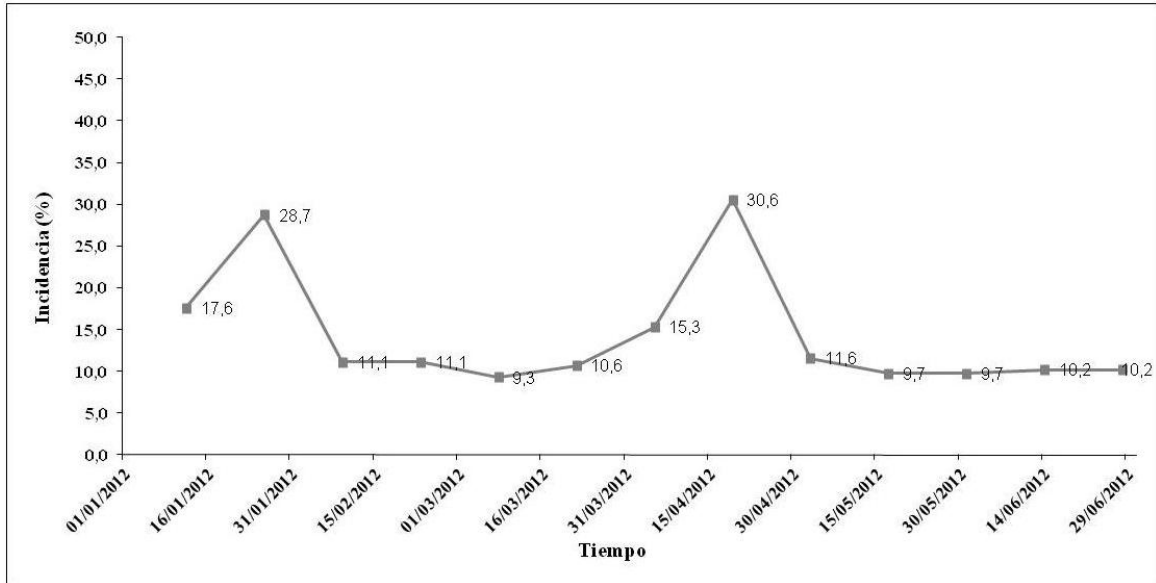


Figura 17. Tratamiento 5. Aspecto de las plantas correspondientes al testigo absoluto, cultivo de café sin fertilización y sin control químico. 17a y 17b, imagen característica de una planta de café de 16 meses del tratamiento 5.

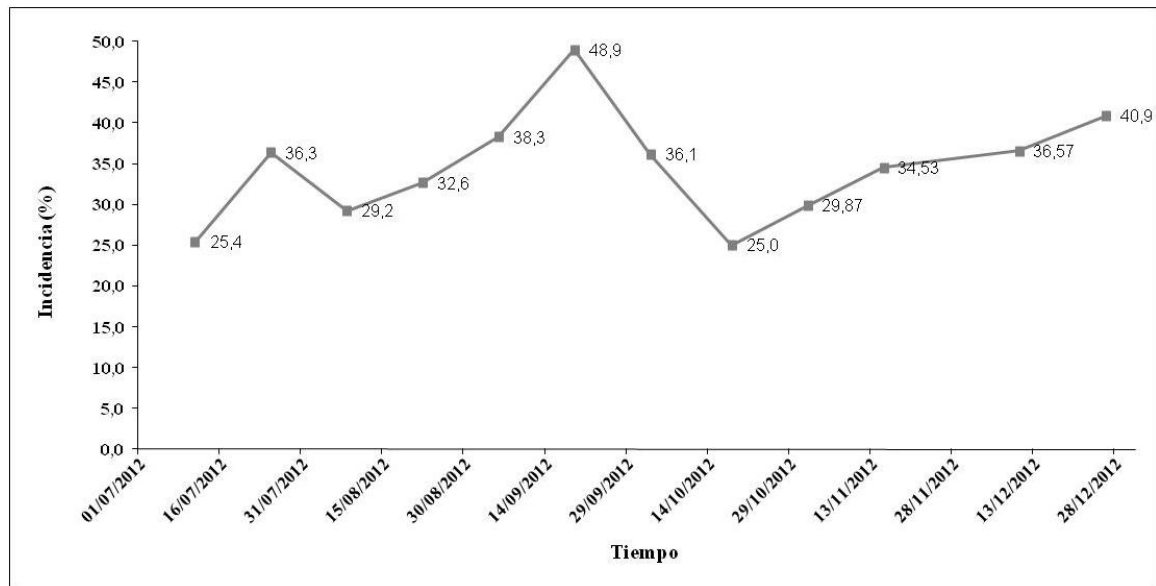
En la figura 18 se presenta la incidencia de la enfermedad en el tratamiento 5 durante el año 2012. Durante el primer semestre la mayor incidencia de la enfermedad se presentó en los meses de enero y abril con valores del 28,7% y 30,6% respectivamente (Figura 18a). Para el caso de los meses de febrero, marzo, mayo y junio se presenta una menor incidencia con valores máximos de 11,1%, 10,6%, 11,6% y 10,2% respectivamente.

En los meses de julio, septiembre y diciembre se registraron valores de incidencia del 36,3%, 48,9% y 40,9% respectivamente (Figura 18b). En todas las evaluaciones se registraron porcentajes de incidencia superiores al 25%.

Cuando se evaluó la severidad, los resultados mostraron pérdidas progresivas de ramas por efecto del patógeno del 22,6% en el primer semestre y del 19,9 % en el segundo semestre (Figura 19a y 19b). Lo anterior representó una severidad anual del 42,5% para este sistema de producción.

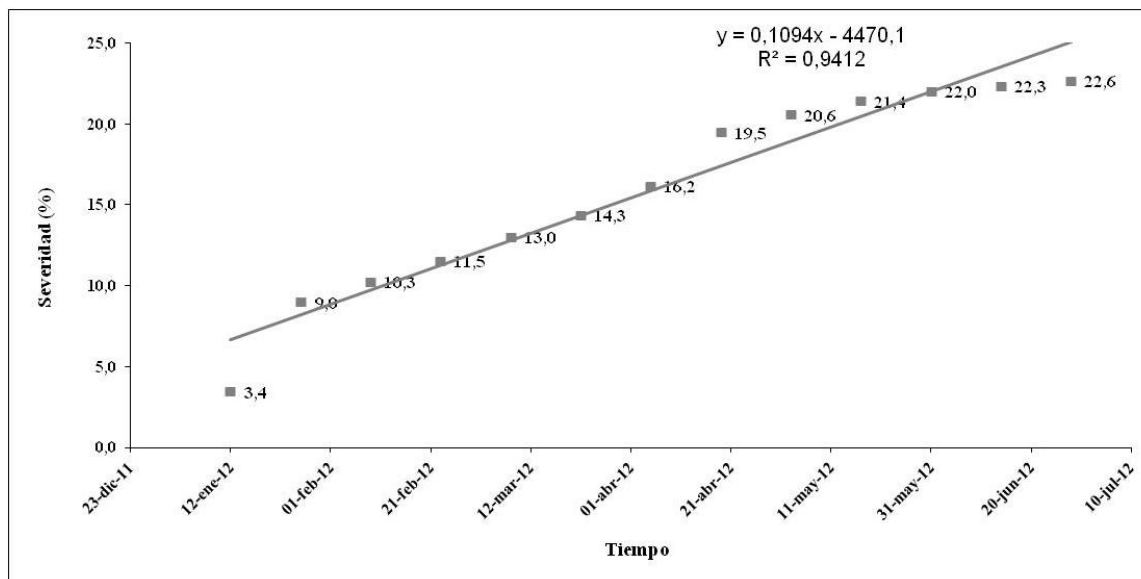


18a

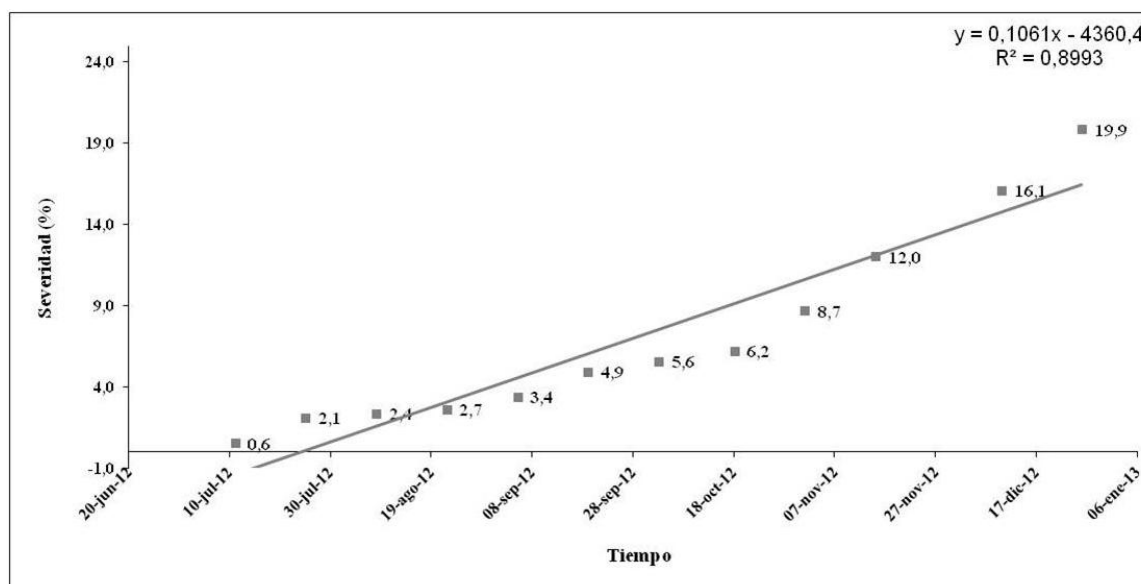


18b

Figura 18. Incidencia de la muerte descendente del cafeto. En el Tratamiento 5. Testigo absoluto. 18a. Incidencia en el primer semestre. 18b. Incidencia en el segundo semestre.



19a



19b

Figura 19. Severidad de la muerte descendente del café. En el Tratamiento 5. Testigo absoluto. 19a. Severidad en el primer semestre. 19b. Severidad en el segundo semestre.

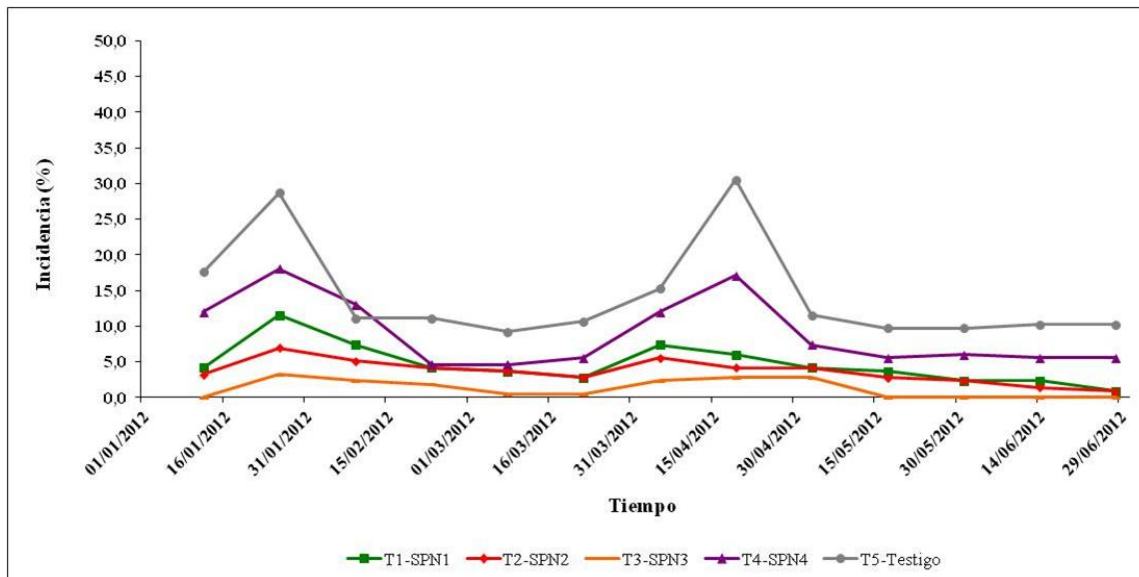
3.2 Comparación del comportamiento de la enfermedad.

3.2.1 Incidencia

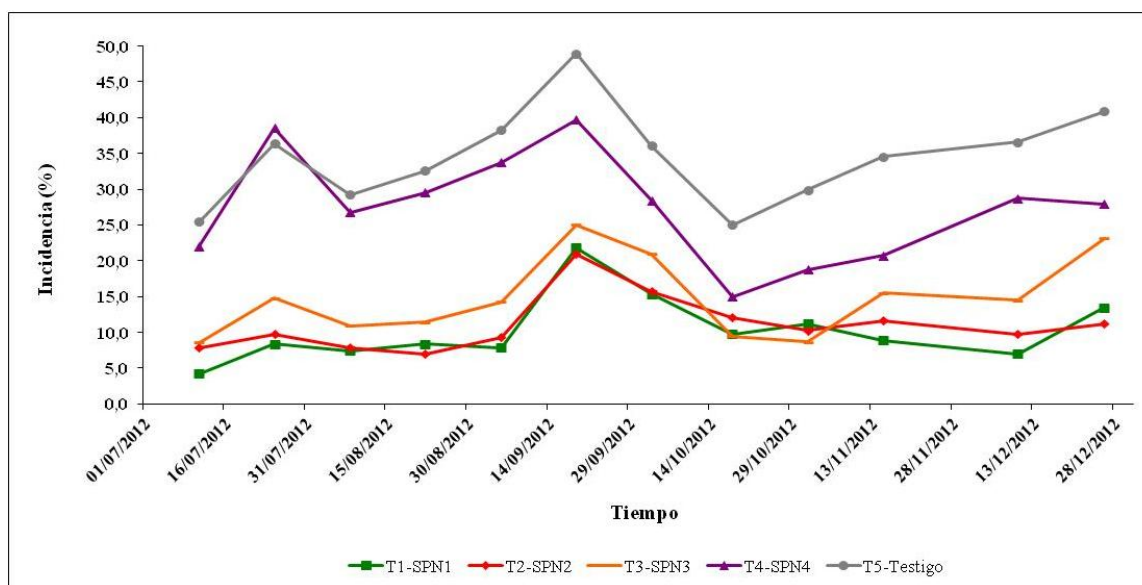
El análisis de varianza mostró efecto de los tratamientos y/o los sistemas de producción sobre la variable incidencia en cada una de las fechas evaluadas; por tanto se aplicó la prueba Tukey al 5% para determinar las diferencias estadísticas en la incidencia de la enfermedad entre los tratamientos o sistemas de producción.

En las Figuras 20 se presentan las curvas de incidencia del patógeno en los dos semestres del año en todos los tratamientos evaluados. Para el primer semestre (Figura 20a), el Tratamiento 4 (Testigo relativo) fue el de mayor incidencia, siendo diferente estadísticamente a los tratamientos 1, 2 en los meses de enero y abril, época en la cual se presentó mayor incidencia de la enfermedad (Anexo1). Este comportamiento fue similar al encontrado en el segundo semestre (Figura 20 b), donde los Tratamientos 1 y 2 presentaron una incidencia menor y diferente estadísticamente a dicho Tratamiento, en todas las Evaluaciones realizadas (Anexo 2).

Estos resultados nos muestran que, los sistemas de producción de café con el establecimiento del sombrío temporal de tephrosia 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 convencional a plena exposición solar. Esta información concuerda con lo reportado por Mouen redimo *et al.*, 2007 quienes plantean que 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.*, 2007 manifiesta que las plantas bajo sombra atenúan las variaciones en la temperatura y efecto de las precipitaciones, ya que la sombra puede inducir un aumento en el tamaño de la gota de lluvia que cae sobre las plantas de cultivo y por tanto la reducción en su energía cinética.



20a.



20b.

Figura 20. Incidencia de la muerte descendente del café en el año 2012 en los diferentes tratamientos o sistemas de producción evaluados. a. Incidencia en el primer semestre; b. Incidencia en el segundo semestre.

Por otra parte Salgado y Pfenning, 2000 menciona 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 rompevientos pueden atenuar el ataque de la enfermedad.

El sombrío temporal y los cultivos transitorios cumplen una función de barrera rompevientos la cual busca reducir el impacto del viento, la lluvia y la temperatura que por lo general son los principales agentes dispersores de hongos de acuerdo a lo mencionado por Mouen bedimo *et al.*, 2012; además las variaciones en los factores climáticos afectan en gran medida el desarrollo de las enfermedades, variando en incidencia y severidad con el tiempo, de acuerdo a las preferencias climáticas del patógeno y la dinámica de desarrollo de los tejidos. Sin embargo tal acción climática sigue dependiendo de las particularidades del patosistema o sistema productivo en el que se producen las infecciones (Zadocks, 1979).

Por otra parte la menor incidencia de la enfermedad en el tratamiento 2 o sistema de producción de café en asocio con cultivos intercalados de frijol y maíz se deben al efecto que tiene los policultivos en los sistemas de producción. Altieri y Letourneau, 1982 mencionan que este tipo de sistema de producción crean un microclima que favorece el cultivo principal de condiciones climáticas adversas como bajas temperaturas o alta precipitación que pueden favorecer la incidencia de enfermedades. De igual manera Stukenbrock y Mcdonald, 2008 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.

Cuando se evaluó la epidemiología de la muerte descendente en el tratamiento 3, se encontró que en todo el tiempo de evaluación la incidencia de la enfermedad fue menor y diferente estadísticamente a la incidencia del tratamiento 4 (Figura 20). Esta información nos permite determinar que el sistema de producción de café convencional a plena exposición solar con el control químico de la muerte descendente del cafeto con el fungicida carbendazim, ayuda a reducir la incidencia de la enfermedad, en comparación con un sistema de producción de café convencional sin control químico.

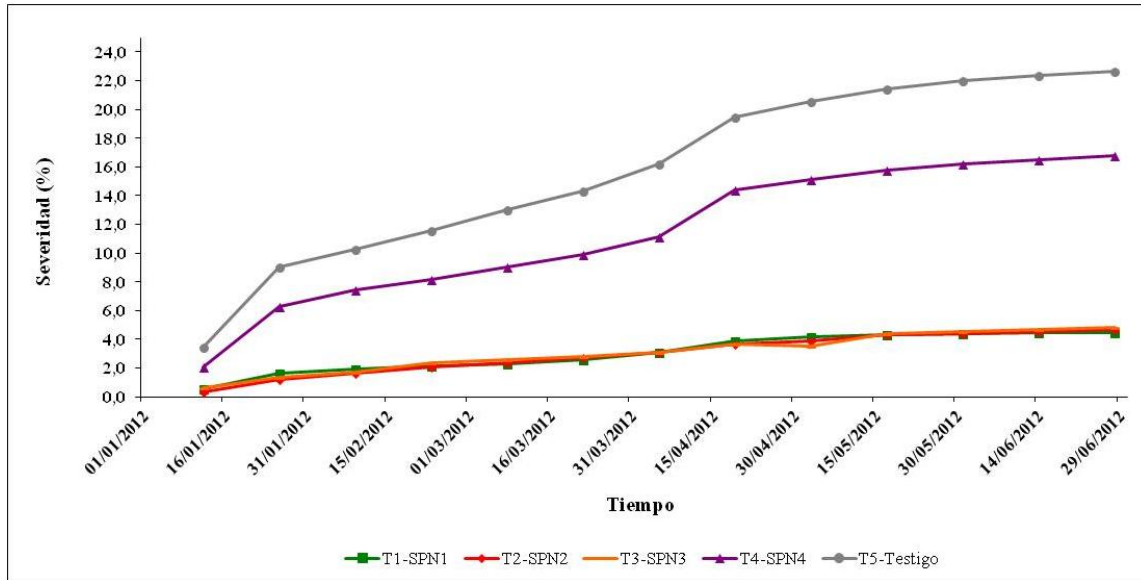
Cuando se evaluó la epidemiología de la muerte descendente en el tratamiento 5 o testigo absoluto, se observó que la incidencia de la enfermedad fue mayor y diferente estadísticamente a la encontrada en el tratamiento 4 en las épocas de mayor incidencia de la enfermedad en el primer semestre (Figura 20a). En el segundo semestre también se encontró que la incidencia de la enfermedad fue mayor en el tratamiento 5, sin embargo no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Figura 20b). Lo anterior permite determinar que un sistema de producción de café con una adecuada fertilización, ayuda a disminuir la incidencia de la muerte descendente del cafeto *Phoma sp*, esta información concuerda con lo mencionado por Sadeguián, 2008 quien manifiesta que una adecuada fertilización disminuye la presencia de enfermedades.

3.2.2 Severidad

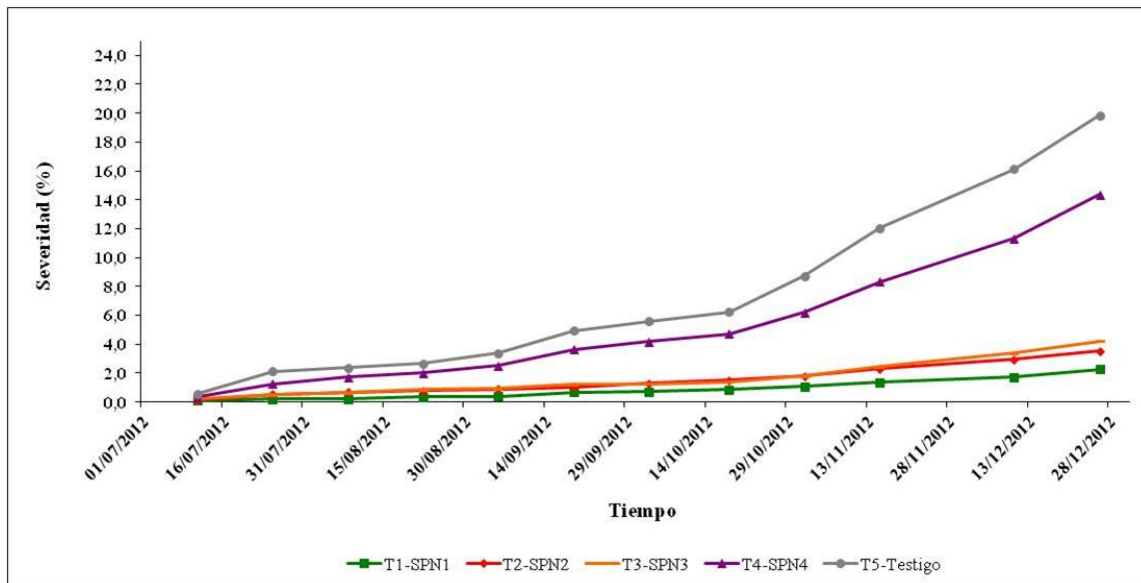
El análisis de varianza mostró efecto de los tratamientos o los sistemas de producción sobre la variable severidad, por tanto se aplicó la prueba Tukey al 5% para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos o sistemas de producción.

En la figura 21 se presenta la severidad generada por muerte descendente del cafeto en los diferentes tratamientos o sistemas de producción. Para el primer semestre (Figura 21a), la severidad en los tratamientos 1 y 2 fue de 4,4% y 4,7% respectivamente, estos valores fueron menores y diferentes estadísticamente al 16,7% de severidad encontrada en el tratamiento 4 o sistema de producción de café convencional a plena exposición solar (Anexo 3). En la evaluación del segundo semestre (figura 21b) el comportamiento fue similar, donde, los tratamientos 1 y 2 presentaron una severidad de 2,2% y 3,5% respectivamente, valores menores y diferentes estadísticamente al encontrado en el tratamiento 4 con 14,3% (Anexo 4). Con base a lo anterior podemos determinar que la implementación de sistemas de producción de café bajo el sombrío temporal *Tephrosia* o con la siembra de cultivos intercalados como frijol y maíz permite reducir 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 concuerda con lo reportado por Schnitze *et al.*, 2011 y Cook *et al.*, 2012 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.*, 2006 menciona

que los sistemas de sombrero o policultivos en un sistema de producción crean un microclima que desfavorece el desarrollo de los patógeno.



21a.



21b.

Figura 21 . Severidad de la muerte descendente del café en el año 2012 en los diferentes tratamientos o sistemas de producción evaluados. a. Severidad en el primer semestre; b. Severidad en el segundo semestre.

Por otra parte Granada *et al.*, 2007 y Jiménez *et al.*, 2005 reportan los beneficios de los cultivos intercalados y el sombrío temporal con la especie *Tephrosia* en los sistemas de producción de café, donde también encontraron además que no hay efectos negativos en la producción del café, siempre y cuando se le realice manejo independiente al cultivo transitorio o al sombrío temporal.

En el tratamiento 3 se presentó una severidad del 4,8%, este valor fue menor y diferente estadísticamente al encontrado en el tratamiento 4 durante el primer semestre del año (Figura 21 a). En el segundo semestre, la severidad en el tratamiento 3 fue del 4,2%, valor menor y diferente estadísticamente al tratamiento 4 (Anexo 4). Lo anterior permite establecer, que el sistema de producción de café con control químico empleando el fungicida carbendazim cada 30 días reduce la severidad de la muerte descendente del cafeto, donde el valor en los 2 semestre evaluados es menor al reportado por Cáceres, 1999 en Centroamérica empleando los ingrediente activos ipridione, ciproconazole y folpet con valores medios de severidad del 8,2%, 8,3% y 8,6% respectivamente.

El tratamiento 5 o testigo absoluto presentó una severidad del 22,6% este valor fue mayor y diferente estadísticamente al encontrado en el tratamiento 4 durante el primer semestre del año (Anexo 3). En el segundo semestre (Figura 21b) la severidad en el tratamiento 5 fue del 18,8%, valor mayor y diferente estadísticamente al tratamiento 4 (Anexo 4). Este resultado me permite determinar que una adecuada fertilización ayuda a reducir la severidad de la muerte descendente *Phoma sp*. Lo anterior concuerda con lo reportado por Valencia, 1979 y Almedia y Mantiello, 1989 quienes reportan incremento de la enfermedad cuando se establecen cultivos de café sin fertilización o con fertilizaciones desequilibradas, lo que influye de manera directa en las reservas de carbohidratos en la planta que son fundamentales para su crecimiento, producción y mantenimiento del vigor. Por otra parte Quintero y Buritica, 1976 encontraron que las plantas sin aplicaciones de N, P, K, Ca, Mg y B, presentaron una incidencia del 90% hasta la muerte total de la planta. También Escalona, 2002 concluyó que bajo condiciones controladas plantas de café inoculadas con micorriza presentaron una menor severidad de *Phoma sp* con relación a una planta no tratada. También Lima *et al.*, 2010 concluye que el desequilibrio de la relación Nitrógeno/Potasio promueven alteraciones en el estado nutricional de la planta que favorecen la infección de la muerte descendente. Así mismo el manejo

adecuado y equilibrado de la nutrición puede contribuir a reducir el número de aplicaciones con fungicida para el control de *Phoma sp.* Sin embargo la fertilización debe proyectarse como una práctica que contribuye a la disminución de la severidad de la muerte descendente, pero no debe convertirse en una única práctica de manejo.

En la Figura 22 se presenta el estado de desarrollo de una planta de café de 16 meses de edad representativa de cada uno de los tratamientos y/o sistemas de producción; donde se aprecia una menor severidad en términos de menor pérdida de futuras ramas productivas en los tratamientos 1, 2 y 3; con relación a los tratamientos 4 y 5.

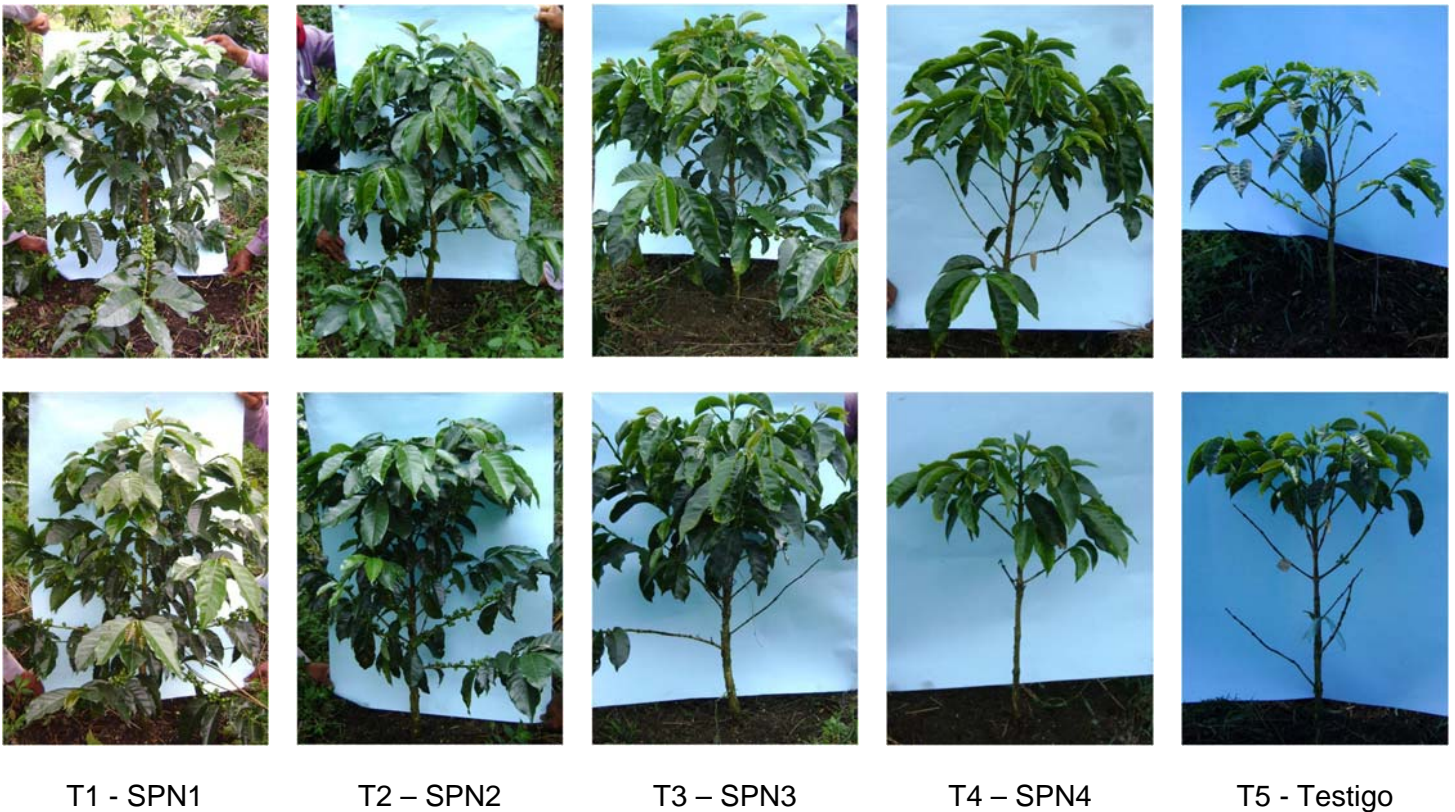


Figura 22. Plantas de café de 16 meses de edad, representativas de los diferentes tratamientos y/o sistemas de producción.

3.3 Relación de las variables climáticas con el desarrollo de la enfermedad.

Para determinar el efecto de las variables climáticas sobre el desarrollo de la epidemia de muerte descendente se utilizó la información de incidencia ocurrida en las parcelas correspondientes al Tratamiento 4, considerado como testigo de referencia.

3.3.1 Precipitación

En la Figura 23 se presenta la incidencia de la muerte descendente del cafeto *Phoma sp* y su relación con la precipitación en el año 2012. Se encontró una correlación directa ($r = 0.5$) y significativa ($p < .0001$) entre la precipitación y la incidencia de la enfermedad, lo anterior indica que en periodos de mayor precipitación se presentó mayor incidencia de la enfermedad. Esta información concuerda con lo reportado por Gil *et al.*, 2003 quienes manifiestan que el agua que el agua es indispensable para la germinación del hongo y para su proceso infectivo. Por otra parte Castaño, 1984; y Bucker *et al.*, 2012 mencionan que la lluvia es uno de los principales diseminadores de esta enfermedad causando cantidades de pequeñas lesiones que facilitan la penetración del hongo. Por otra parte en los meses julio, agosto y septiembre se presentó una escasa precipitación y una mayor incidencia de la enfermedad, lo anterior indica que en este periodo hay otras variables climáticas que pueden estar incidiendo directamente en el incremento de la enfermedad a pesar de la escasa o baja precipitación. Sin embargo Gomez, 1976 y Bucker *et al.*, 2012 mencionan que el óptimo de germinación en *Phoma sp* se consigue con una película de agua alrededor de las conidias, lo cual no necesariamente requiere altas o abundantes precipitaciones.

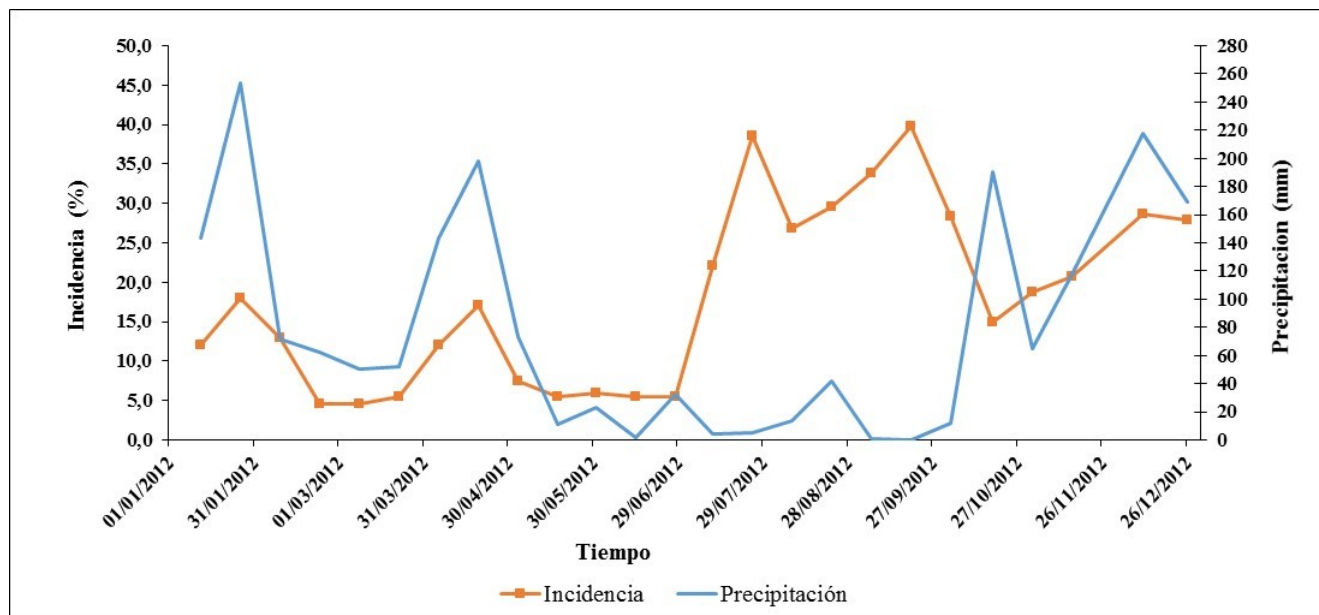


Figura 23. Relación de la precipitación con la incidencia de la muerte descendente del café *Phoma sp* en el año 2012.

3.3.2 Temperatura

En la figura 24 se muestra el comportamiento de la muerte descendente y su relación con la temperatura media en el año 2012, la cual osciló entre 19 y 20 °C este es un rango óptimo para el desarrollo de la enfermedad de acuerdo a lo mencionado por Gil *et al.*, 2003; Gomez y Bustamante, 1977 y Gómez, 1976. De igual manera Salgado *et al.*, 2003 reportan también una temperatura óptima para el desarrollo de los conidios a 20 °C. Sin embargo no se encontró una correlación significativa entre la temperatura media y la incidencia de la muerte descendente del café *Phoma sp*.

Cuando se relacionó la temperatura mínima con la incidencia de la enfermedad, se encontró una correlación inversa ($r = -0.54$) y significativa ($<.0001$), en donde en periodos de menor temperatura mínima se presentó mayor incidencia de la enfermedad y viceversa (Figura 24). Este resultado concuerda con lo reportado por Fernández, 1961; Chalarca y Muñoz, 1974; Gómez, 1976; Vidal, 1977; Cadena, 1980; Rajendran *et al.*, 1983 y Salgado *et al.*, 2003 en donde mencionan que a temperaturas mínimas inferiores a 14 °C se generan un incremento en el desarrollo de la enfermedad.

Cuando se relacionó la diferencia entre la temperatura promedio máxima y la temperatura promedio mínima quincenal (amplitud térmica) con la incidencia de la enfermedad (figura 25), se encontró una correlación directa ($r = 0,51$) y significativa ($p < .0001$). Lo anterior indica un aumento en la incidencia de la enfermedad en los periodos donde se presentó mayor amplitud térmica. Con base a lo anterior se puede determinar que en los periodos como julio, agosto y septiembre, a pesar de las bajas precipitaciones se presentó una mayor incidencia de la enfermedad correlacionada directamente con el aumento en la amplitud térmica con valores superiores a $11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

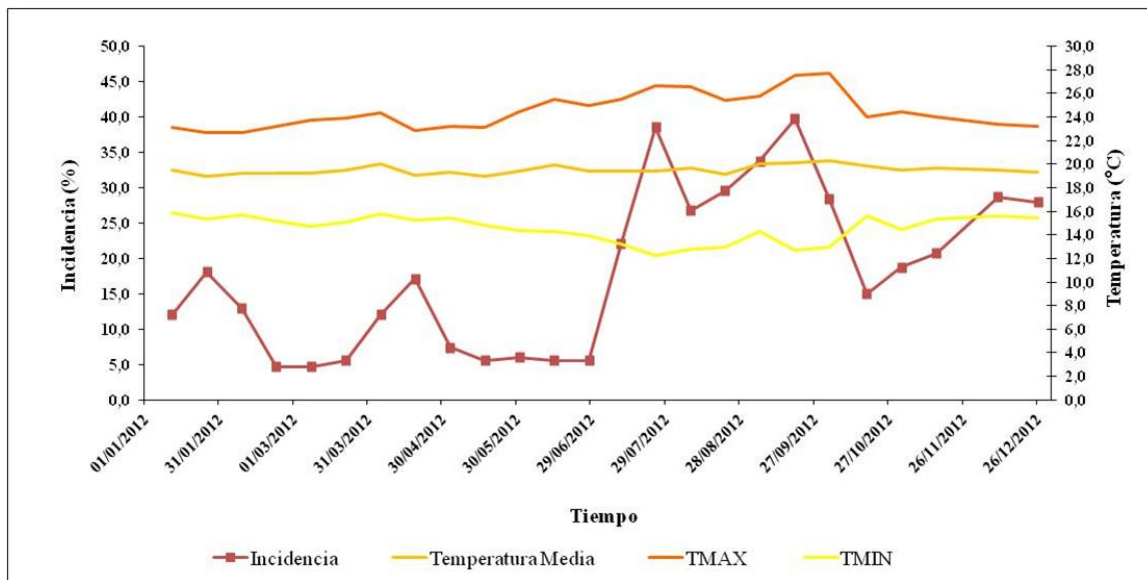


Figura 24. Relación de la Temperatura con la incidencia de la muerte descendente del caféto.

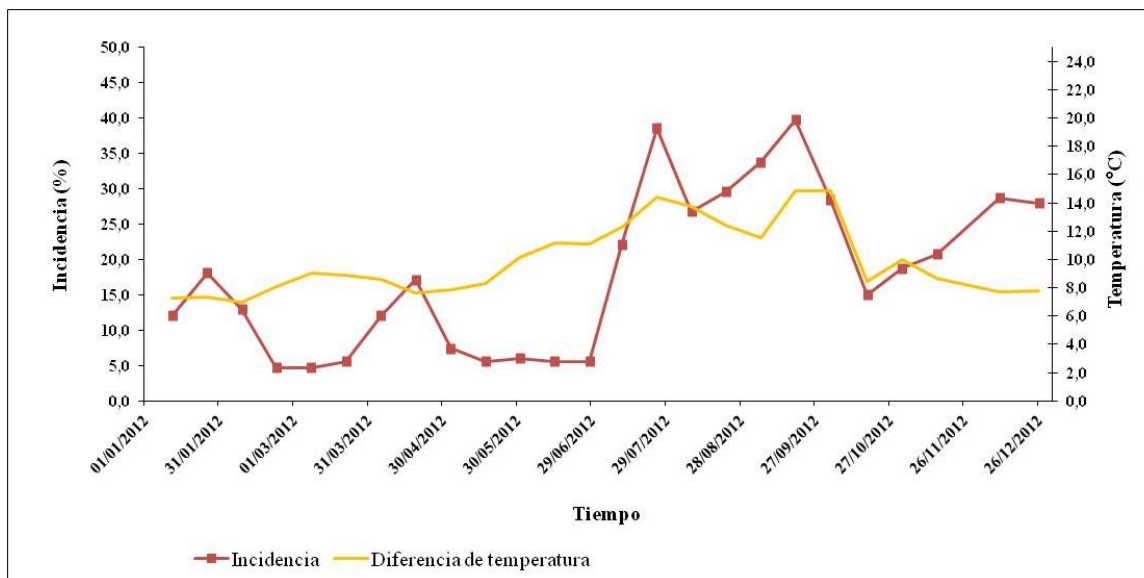


Figura 25. Relación de la amplitud térmica con la incidencia de la muerte descendente del café.

3.3.3 Humedad relativa

Con relación a la humedad relativa se encontró una correlación inversa ($r = -0,59$) y significativa ($<.0001$) con la incidencia de la enfermedad. En la Figura 26 se presenta el comportamiento de la muerte descendente del café y su relación con la humedad relativa, donde se puede apreciar que para el primer semestre el comportamiento de esta variable fue superior al 80% hasta mediados del mes de mayo, posteriormente descendió al 75% en el mes de junio. Para el segundo semestre del año no superó el 70% en los meses de julio, agosto y septiembre y finalizó el último trimestre del año con valores superiores al 80%. Sin embargo los resultados encontrados en esta investigación no coinciden con lo reportado por Gómez, 1976 y Lima, *et al.*, 2010 quienes manifiestan que el desarrollo de la enfermedad es mayor a una humedad relativa superior al 80%.

Lo anterior nos permite determinar que las condiciones de humedad relativa en el primer semestre del año son óptimas para el desarrollo e incremento en la incidencia de la muerte descendente del café de acuerdo a lo planteado por Gómez, 1976; y que para el segundo semestre a pesar de que la humedad relativa se disminuye en ciertos periodos, hay otras variables climáticas como la temperatura mínimas y la amplitud térmica que hacen que la incidencia de la enfermedad se incremente.

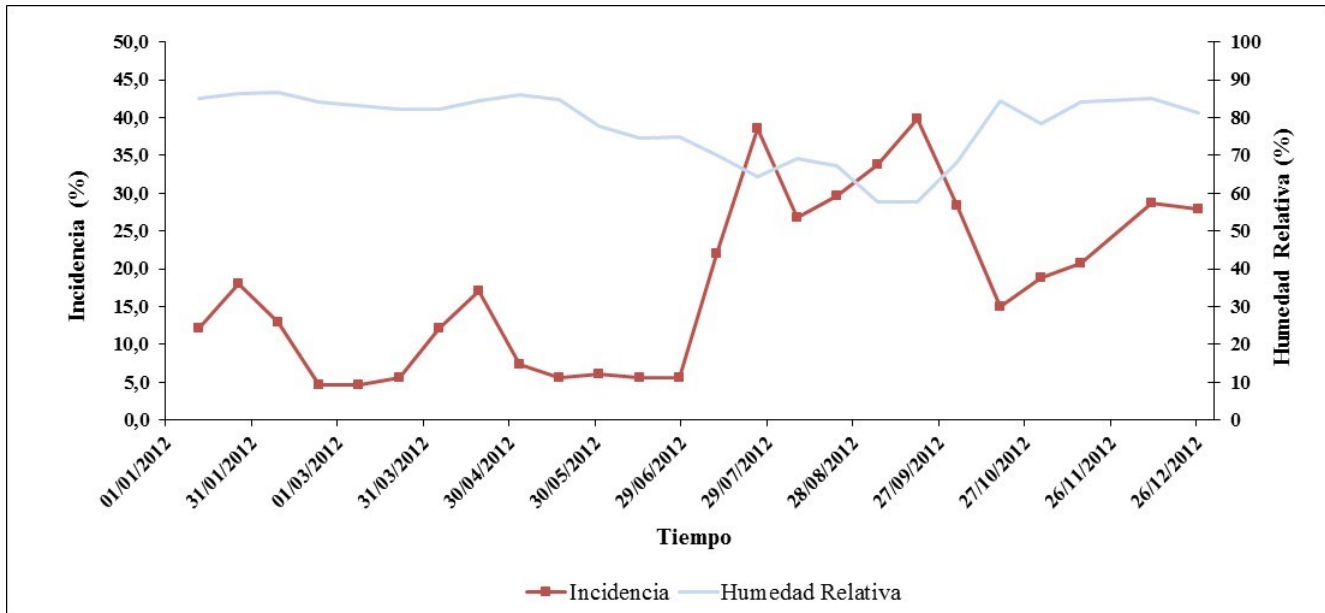


Figura 26. Relación de la humedad relativa con la incidencia de la muerte descendente del caféto.

3.3.4 Brillo solar

El brillo solar presentó una correlación directa ($r = 0,51$) y significativa ($<.0001$) con la incidencia de la muerte descendente del caféto *Phoma sp*. Donde en periodos de mayor brillo solar se presentó mayor incidencia de la enfermedad (Figura 27).

En el primer semestre del año se encontraron periodos de brillo solar entre 2,7 y 5 horas luz/día los cuales son rangos óptimos para el desarrollo de la enfermedad de acuerdo a lo reportado por Gómez y Bustamante, 1977 y Gil *et al.*, 2003. Quienes manifiesta que la mejor expresión del hogo se presenta entre las 3 y las 6 horas luz. Sin embargo difiere en su resultados en que estos autores reportan que las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad se da a las 3 horas luz, y en esta investigación se encontró que a mayor brillo solar es mayor la incidencia de la enfermedad.

En el segundo semestre se presentaron en promedio entre 2,7 y 6 horas de brillo solar, los cuales son de igual manera rangos óptimos para el desarrollo de la enfermedad.

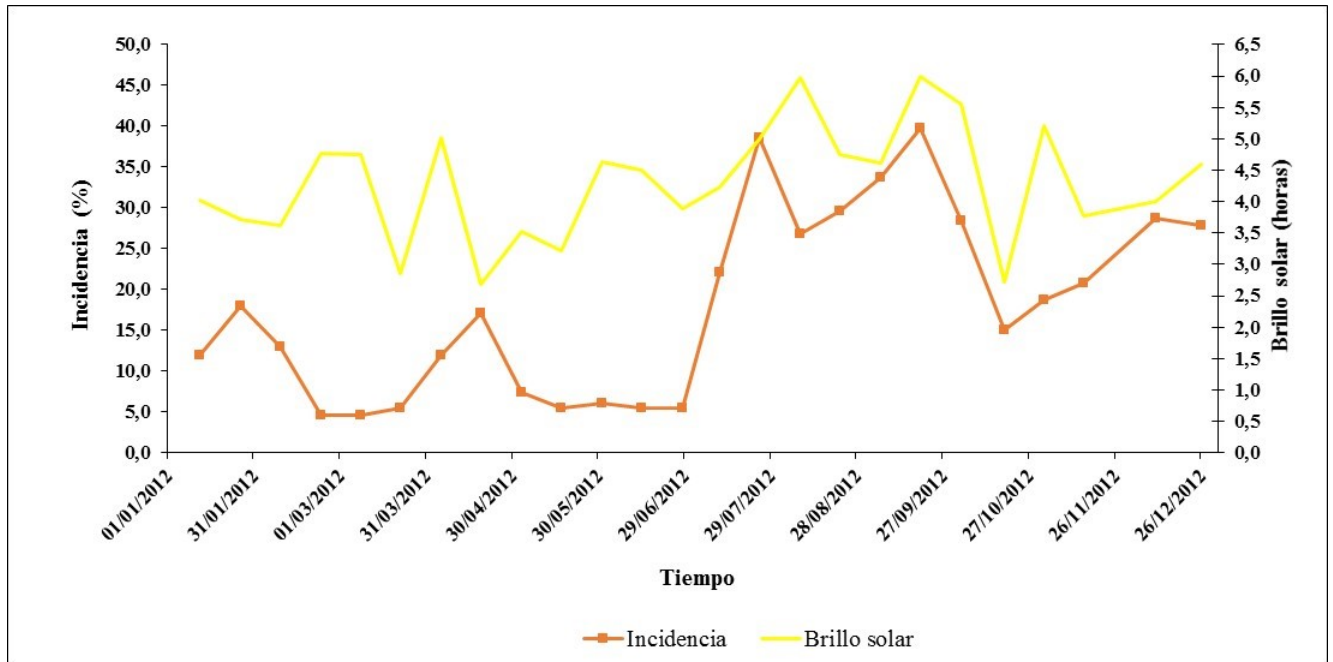


Figura 27. Relación del brillo solar con la incidencia de la muerte descendente del cafeto.

Se deben incluir tantos capítulos como se requieran; sin embargo, se recomienda que la tesis o trabajo de investigación tenga un mínimo 3 capítulos y máximo de 6 capítulos (incluyendo las conclusiones).

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Los sistemas de producción de café durante la etapa vegetativa, con la implementación del sombrío temporal *Tephrosia* (*Tephrosia candida*) (L.) o la siembra de cultivos intercalados de frijol y maíz, redujeron significativamente la incidencia y la severidad de la muerte descendente del cafeto *Phoma* sp en comparación con un sistema de producción de café a plena exposición sin control.

El sistema de producción de café a libre exposición con la aplicación del fungicida carbendazim redujo significativamente la incidencia y la severidad de la muerte descendente del cafeto.

La fertilización ayuda a reducir la incidencia y la severidad de la muerte descendente del cafeto, sin embargo no se puede convertir en una única medida de control dentro del sistema productivo.

La amplitud térmica mostró una relación directa con la incidencia de la enfermedad, en la cual periodos con una amplitud térmica superior a 11,5 °C se presentó mayor incidencia de la enfermedad específicamente en los meses julio, agosto y septiembre. Hay una correlación inversa entre la temperatura mínima diaria y la incidencia de la enfermedad, en donde en periodos de menor temperatura mínima se presenta mayor incidencia de la enfermedad.

4.2 Recomendaciones

En zonas de prevalencia de muerte descendente, se sugiere establecer sistemas de producción de café intercalado con cultivos transitorios como frijol y maíz, o bajo el sombrío temporal con Tephrosia.

Evaluar con más detalle el fungicida carbendazim como alternativa de control químico de la muerte descendente del cafeto, ya que se comprobó que este reduce la incidencia y la severidad de la enfermedad.

Implementar planes de fertilización y nutrición adecuados, de acuerdo al análisis de suelos como una práctica cultural importante en la disminución de la incidencia y severidad de la muerte descendente del cafeto *Phoma sp.*

A. Anexo: Valores medios y coeficientes de variación para la variable incidencia (%) 2012 A.

FECHA	TRAT.	Incidencia (%)	CV (%)	FECHA	TRAT.	Incidencia (%)	CV (%)
12-ene-12	5	17,6 a*	39,5	19-abr-12	5	30,5 a	12,9
	4	12,0 a	18,8		4	17,1 b	34,7
	1	4,2 b	81,6		1	6,0 c	45,4
	2	3,2 b	64,5		2	4,1 c	36,5
	3	0,0 b	0,0		3	2,7 c	89,4
26-ene-12	5	28,7 a	13,2	03-may-12	5	11,5 a	35,3
	4	18,0 b	33,4		4	7,4 ab	38,7
	1	11,6 bc	44,0		1	4,1 b	69,9
	2	6,9 cd	42,0		2	4,1 b	69,9
	3	3,2 d	35,0		3	2,7 b	89,4
09-feb-12	4	12,9 a	29,3	17-may-12	5	9,7 a	43,3
	5	11,1 ab	22,4		4	5,5 ab	70,7
	1	7,4 bc	61,2		1	3,7 bc	61,2
	2	5,0 cd	63,8		2	2,7 bc	63,2
	3	2,3 d	49,0		3	0 c	0,0
23-feb-12	5	11,1 a	44,7	31-may-12	5	9,7 a	35,0
	4	4,6 b	31,0		4	6,0 ab	34,7
	1	4,1 b	36,5		1	2,3 bc	90,3
	2	4,2 b	36,5		2	2,3 bc	90,3
	3	1,8 b	77,5		3	0 c	0,0
08-mar-12	5	9,2 a	41,0	14-jun-12	5	10,1 a	22,3
	4	4,6 b	49,0		4	5,5 b	70,7
	1	3,7 b	61,2		1	2,3 bc	118,0
	2	3,7 b	61,2		2	1,3 bc	109,5
	3	0,4 b	244,9		3	0 c	0,0
22-mar-12	5	10,6 a	25,6	28-jun-12	5	10,1 a	33,0
	4	5,5 b	70,7		4	5,5 ab	83,7
	1	2,7 bc	63,2		1	0,9 bc	154,9
	2	2,7 bc	63,2		2	0,9 bc	154,9
	3	0,46 c	244,9		3	0 c	0,0
05-abr-12	5	15,2 a	41,1				
	4	12,0 ab	57,8				
	1	7,4 bc	45,4				
	2	5,5 bc	54,8				
	3	2,3 c	118,0				

*Para cada fecha de evaluación, letras no comunes indican diferencias estadísticas entre tratamientos o sistemas de producción según la prueba de Tukey al 5 %.

B. Anexo: Valores medios y coeficientes de variación para la variable incidencia (%) 2012B.

FECHA	TRAT.	Incendencia	C.V	FECHA	TRAT.	Incendencia	C.V
		(%)	(%)			(%)	(%)
11-jul-12	5	25,4 a	14,3	03-oct-12	5	36,1 a	51,0
	4	22,0 a	26,9		4	28,4 ab	29,0
	3	8,5 b	47,6		3	20,9 ab	22,0
	2	7,8 b	34,3		2	15,7 b	28,8
	1	4,1 b	69,9		1	15,3 b	18,8
25-jul-12	4	38,5 a	10,6	18-oct-12	5	25,0 a	26,3
	5	36,3 a	18,3		4	14,9 ab	21,4
	3	14,7 b	13,8		2	12,0 b	43,0
	2	9,7 b	42,9		1	9,7 b	42,9
	1	8,3 b	46,9		3	9,4 b	88,6
08-ago-12	5	29,2 a	8,9	01-nov-12	5	29,8 a	36,0
	4	26,7 a	19,9		4	18,7 ab	61,8
	3	10,9 b	25,2		1	11,1 b	35,2
	2	7,8 b	51,6		2	10,2 b	45,5
	1	7,4 b	30,7		3	8,6 b	95,5
22-ago-12	5	32,6 a	17,9	15-nov-12	5	34,5 a	21,0
	4	29,5 a	17,9		4	20,7 b	39,5
	3	11,4 b	35,1		3	15,4 bc	20,6
	1	8,3 b	29,3		2	11,6 bc	36,1
	2	6,9 b	42,1		1	8,8 c	68,3
05-sep-12	5	38,2 a	9,1	10-dic-12	5	36,5 a	27,0
	4	33,7 a	15,9		4	28,7 a	27,8
	3	14,2 b	28,0		3	14,4 b	55,3
	2	9,3 bc	16,3		2	9,7 b	38,9
	1	7,8 c	26,0		1	6,9 b	54,8
19-sep-12	5	48,9 a	32,0	26-dic-12	5	40,8 a	30,5
	4	39,7 ab	51,2		4	27,9 b	21,4
	3	25,0 bc	50,6		3	23,1 bc	16,1
	1	21,8 c	46,4		1	13,4 cd	45,8
	2	20,9 c	39,3		2	11,1 d	22,3

*Para cada fecha de evaluación, letras no comunes indican diferencias estadísticas entre tratamientos o sistemas de producción según la prueba de Tukey al 5 %.

C. Anexo: Valores medios y coeficientes de variación de severidad (%) 2012A.

FECHA	TRATAMIENTO	Severidad (%)	C.V
28-jun-13	5	22,6 a	14,6
	4	16,7 b	25,3
	3	4,8 c	17,5
	2	4,7 c	28,0
	1	4,4 c	21,6

*letras no comunes indican diferencias estadísticas entre tratamientos o sistemas de producción según la prueba de Tukey al 5 %.

D. Anexo: Valores medios y coeficientes de variación de severidad (%) 2012B.

FECHA	TRATAMIENTO	Severidad (%)	C.V
26-dic-13	5	19,8 a	13,3
	4	14,3 b	12,8
	3	4,2 c	30,9
	2	3,5 c	34,2
	1	2,2 c	18,2

*letras no comunes indican diferencias estadísticas entre tratamientos o sistemas de producción según la prueba de Tukey al 5 %.

Bibliografía

AGRIOS, G. N. 1996. Fitopatología, 2 ed. Mexico, Limusa, 838p.

ALMEIDA, S. R.; MANTIELLO, J. B. Estudo de novos produtos para controle químico a *Phoma spp.* Em cafeeiros, a nível de campo. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 15. Maringá, Setembro 26 – 29, 1989. Trabalhos apresentados. Rio de Janeiro, IBC, 1989. p. 145 – 146.

ALTIERI, M.A; LETOURNEAU. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. Crop. Prot. 1: P 405 – 430.

ALVAREZ, M.; GARCIA, M.; TRETO, E. Los abonos verdes: una alternativa natural y económica para la agricultura. Cultivos tropicales 16(3): 9-24. 1995.

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

BARNETT, H. L. Illustrated genera of imperfect fungi. 2. ed. Minneapolis, Burgess Publishing Co., 1960. p. 351 – 352.

BOEREMA, G.H; GRUYTER, J. NOORDELOOS, M.E; HAMERS, M.E.C. *Phoma* identification manual. Differentiation of specific and infra – specific taxa in culture. 1 ed. Massachusetts. Cabi Publishing. 2004. ISBN 0851997430.

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.

CACERES P., V. R. Evaluación de tres fungicidas en el control del derrite del cafeto (*Phoma sp.*) municipio de pueblo nuevo viñas, departamento de Santa Rosa. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Pueblo Nuevo Viñas, 1999. 44 p. (Tesis: Ingeniero agrónomo).

CADENA G., G. Muerte Descendente (*Phoma sp.*). In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe anual sección de Fitopatología Chinchiná, Cenicafe, 1980. p. 8-20.

CADENA G., G. Enfermedades foliares del cafeto. *Avances Técnicos cenicafe* N° 106: 1-4. 1982.

CALEGARI, A. Leguminosas para adubacao verde de verao no Paraná. Londrina, Instituto agronómico de paranà, 1995. 117p.

CALDERON, V.P.J., MONTERROSO, S.D. 1992. Estudio epidemiológico de las enfermedades dl cafeto en tres niveles tecnologicos existentes en la IV region de Nicaragua. In Simposio sobre cafcultura latinoamericana, 15. Xalapa, Veracruz (Mexico), Julio 21-24, 199. Memoria. Vol. 1. 67p.

CASTAÑO, J.J. 1984. Muerte descendente (Die-Back) en cafetos de toda edad en varias regiones del departamento del Cauca. *Boletín Informativo (Colombia)* N° 73: 12-20p.

CASTAÑO, C.; OSPINA, J.; PELUHA, C.; ECHAVARRIA, D.; GUZMAN, G. Informe final del proyecto capacitación en producción de frijol con tecnologías mas limpias. Urrao, Federación Nacional de cultivadores de Cereales y leguminosas – FENALCE, 2003. 108p.

CASTAÑO J., J. Muerte descendente (Die-Back) en cafetos de toda edad en varias regiones del departamento del Cauca. Revista Cafetera de Colombia 12 (128): 4245-4253. 1956.

CASTAÑO J., J. Investigaciones sobre una enfermedad de los cafetos en el departamento de Nariño. Revista cafetera de Colombia 10 (123): 3813-3820. 1951.

Catalogue of life. 2011. [citado el 1 de Octubre de 2013]. Disponible en línea: <www.catalogueoflife.org>.

CHALARCA C., A.; MUÑOZ V., A. Muerte Descendente de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* Ech. Y *Colletorichum coffeanum* Noack. Y su control. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas. Sede Medellín, 1974. 63 p. (Tesis: Ingeniero agrónomo).

CHALFOUN, S.M; CARVALHO, V.L ANGELICO, C.L. Identificacao, epidemiologia e controle dos fungos /Ascochyta coffeae/, /Phoma/ sp. e /Phoma costarricensis/ na regioao cafeeira do sul do estado de Minas Gerais. 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.

CIBA-GEIGY. Manual para ensayos de campo en protección vegetal. 2a. ed. Basilea, Suiza. 1981.

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.

DECOGNET, V; CERCEAU, V; JOUAN, B. Control of *Phoma exigua* var *linicola* on flax by seed and foliar spray treatments with fungicides. Crop Protection. 13 (2): 105 – 108. 1994.

DEGRUYTER, J., AND NOORDELOOS, N.E. Contributions towards a monograph of *Phoma (Coelomyces)*. 1992. Persoonia 15. 71-92p.

DUEÑAS, G.; MUÑIZ, O.; SÁNCHEZ, T.; GÓMEZ, L.; ÁLVAREZ, H. Reciclaje de nitrógeno en una sucesión frijol-maíz-frijol en suelo ferralítico usando el Método Isotópico. Terra Latinoamericana 20 (1): 45-50. 2002.

ECALONA, A., M.A. Interacción de plantas de café fertilizadas con fósforo e inoculadas con hongos micorrizicos arbusculares y *Phoma costaricensis* Echandi. Tecoman, México. Universidad de Colima, Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. 2002. 106p.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC. BOGOTA. COLOMBIA; COMITÉ DE CAFETEROS DEL QUINDIO. ARMENIA. COLOMBIA. Café. Armenia. Comité de Cafeteros del Quindío, 2001. 227p.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFE. Disciplina de Agroclimatología. Archivos climáticos 1953 – 2011. Enero de 2012.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFE. Estación Experimental El Tambo. Archivos de precipitación 2007 - 2011. Enero de 2012.

FERNANDEZ B., O. Muerte descendente de los brotes del cafeto causada por especies de *Phoma* y *Colletotrichum*. Cenicafe 12 (3): 127 – 140. 1961.

FIGUEROA N., G.A. Descripción y control del agente Causal de phoma, *Phyllosticta coffeicola*. Revista cafetera de Guatemala No 253: 19 – 23. 1985.

GIL, V. L. F.; CASTRO, C. B. L.; CADENA G. G. Enfermedades del cafeto en Colombia. Medellín, 2003. p. 115-119.

GIL, V. L.F.; LEGUIZAMON, C. J.E. La muerte descendente del cafeto (*Phoma sp.*). Avances Técnicos Cenicafe No. 278: 1 – 4. 2000.

GOMEZ Q., R. Influencia de algunos factores ambientales sobre el agente causal de la Muerte Descendente del cafeto y sobre la interacción patógeno susceptible. Bogota, Universidad Nacional de Colombia – ICA, 1976. 68 p. (Tesis: Maestría en Fitopatología).

GOMEZ Q., R.; BUSTAMANTE A., E. Influencia de la luz y la temperatura en el desarrollo de la muerte descendente del cafeto, causada por *Phoma sp.* Fitopatología Colombiana. Vol 6: 73 – 80p. 1977.

GRANADA D., D.; MORENO B., A. M.; GARCIA A., J.; MEJIA M., J. W. Sistema: Frijol relevo maíz intercalado en zocas de café una opción para diversificar la producción. Avances técnicos Cenicafe N° 375: 1-4. 2008.

GRANADA D., D.; MORENO B., A. M.; GARCIA A., J.; MEJIA M., J. W. Estudio del sistema de producción frijol relevo maíz, intercalado en zocas de café. Cenicafe 58 (2): 111-121. 2007.

HERNANDEZ T., T. A. Epidemiología. Fundamento de análisis y manejo sistémico de epidemias de cultivos tropicales. Incades, 2006. 65p.

JAMES, C.W. Assesment of plant disease lasses. Ann. Rev. Phytop. 12: 27-48. 1974.

JIMENEZ 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. Cenicafe 56 (2): 93-109. 2005.

KEESING, F; HOLT, R.D; OSTFELD, R.S. Effects of species diversity on disease risk. Ecol. Lett. 9: 485 - 498. 2006.

LIMA, L.M. DE; POZZA, E.A.; TORRES, H.N. Relacao nitrogenio potássio com mancha de phoma e nutricao de mudas de cafeeiro em solucao nutritiva. *Tropical plant pathology* 35(4):223-228. 2010.

MORENO B., A. M.; NARRO L., L. A.; VANEGAS A., H.; MOLINA G., C. E.; OSPINA R., J. G. Fertilización del maíz en la zona cafetera colombiana. *Avances técnicos Cenicafe* N° 369: 1-4. 2008.

MOUEN BEDIMO, J.A; BIEYSSE D; NJIAYOUOM I; DEUMENI JP; CILAS C; NOTTEGHEM J.L. Effect of cultural practices on the development of Arabica

coffee berry disease, caused by *Colletotrichum kahawae*. *Plant Pathology*. 119: 391 – 400. 2007.

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.

QUINTERO G, H; BURITICA, C.P. Efecto de la nutrición en la precencia de muerte descendente del caféto *Phoma sp.* En plantulas de caféto. *Noticias fitopatologicas Colombia*. 5 (2): 1 – 10. 1976.

RAJENDRAN, C., AHMED, A., AND RAO, K.M. 1983. Coffee blight – a new disease of coffee in India. *Journal of Coffee Research* 13 (2): 35 – 39.

REGALADO, O.A. 1982. El requemo del caféto *Phoma costaricensis* Ech. Y su combate químico en plantaciones recepadas en la región central de Veracruz. *In Simposio Latinoamericano sobre Caficultura*. San Salvador (El Salvador) IICA-PROMECAFE. 50-70p.

RIVAS, S; MOSQUERA, P. Laboratorio de microscopía electrónica. Universidad del Cauca. Popayán. Julio de 2013.

SADEGHIAN, K., S. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia. Guía practica. Boletín técnico N° 32. Chichina: Cenicafé, 2008. 43p.

SALGADO, M; PFENNING, L.H. Identificacao e caracterizacao morfológica de espécies de /Phoma/ do cafeeiro 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 Abastecimiento, 2000. 4p.

SALGADO, M; POZZA E.A; BERGER, R.D; PFENNING, L.H. Influencia da temperatura e do tempo de incubao no crescimento micelial e producao de conidios in vitro de especies de phoma de cafeeiro. Trabalho apresentado no Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (3. : 2003 : Porto Seguro, BA). Resumos. Brasília, D.F. : Embrapa Café, 2003.

SCHNITZER, S.A; KLIRONOMOS, J.N; HILLERISLAMBERS, J; KINKEL, L.L; REICH, P.B; XIAO, K. Microbes drive the classic plant diversity-productivity pattern. Ecology. 92: 296 – 303. 2011.

SICA - SISTEMA DE INFORMACION CAFETERA. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Comité Departamental De cafeteros del cauca. Julio de 2013.

STUKENBROCK, E.H; MCDONALD, E.H. The origins of plant pathogens in agroecosystems. Annu. Rev. Phytopathol. 46: 75 – 100. 2008.

VALENCIA A. G. El paloteo del cafeto. Avances técnicos Cenicafé N° 82. Colombia. 2p. 1979.

VALENCIA A., G. Deficiencias minerales en el cafeto y manera de corregirlas. Boletín Técnico Cenicafé N° 1: 1-16. 1987.

VIDAL C., G. M. Estudio sobre el agente causal de la Muerte Descendente en el cafeto *Coffea arabica* L y comportamiento e cuatro variedades comerciales. Bogota, Universidad Nacional – ICA. 1977. 67p. (Tesis: Maestría en Fitopatología).

ZADOCKS, J.C; SCHEIN, R.D. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford University Press,. 1979. 427 p.

ZAMBOLIN, L., CHAVES, G.M., VALE, F.X., PEREIRA, A.A. 1996. Manejo Integrado das doenças do cafeeiro em cultivo adensado. Coffee diseases management in high density plantings. Simposio Internacional sobre café Adensado. Londrina, PR. (Brasil). P. 15. 1-182.