

**PERSISTENCIA DE FUNGICIDAS EN EL MANEJO PREVENTIVO DE MACANA DEL
CAFETO *Ceratocystis fimbriata* (Ellist and Halst) Hunt**

MONICA GABRIELA ENRIQUEZ ERASO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO - COLOMBIA
2002**

**PERSISTENCIA DE FUNGICIDAS EN EL MANEJO PREVENTIVO DE MACANA DEL
CAFETO *Ceratocystis fimbriata* (Ellist and Halst) Hunt**

MONICA GABRIELA ENRIQUEZ ERASO

Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo

**Presidente
BERTHA LUCÍA CASTRO CAICEDO I. A., M. Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO - COLOMBIA
2002**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado son responsabilidad exclusiva de su autor”. Artículo 1º del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1996, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Presidente

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

DIOS, guía y compañero.

Mi padre Pablo Enríquez y a mi madre María Elena Eraso por brindarme su apoyo en todo momento.

Mis hermanos Amanda y Byron.

Mis familiares.

MÓNICA GABRIELA ENRÍQUEZ ERASO

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

La Facultad De Ciencias Agrícolas De La Universidad De Nariño por su labor formadora.

La Federación Nacional De Cafeteros De Colombia, FEDERACAFÉ.

Centro Nacional de Investigaciones del café “Pedro Uribe Mejía”, CENICAFÉ.

Bertha Lucía Castro Caicedo, Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Investigador Científico I, Disciplina de Fitopatología, CENICAFE.

Esther Cecilia Montoya, Estadístico, M. Sc., Investigador Científico I, Disciplina de Biometría, CENICAFE.

Alvaro Jaramillo Robledo, Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Investigador Científico II, Disciplina de Agroclimatología; CENICAFE;

Alvaro León Gaitán B., Microbiólogo, Ph. D. Investigador Científico III. Líder de la disciplina de Fitopatología, CENICAFE.

Carlos A. González, Disciplina de Fitopatología; Edgar Hincapié, Disciplina de Conservación de Suelos; Gonzalo Hoyos, Divulgación; y demás personas por su colaboración.

Carlos Betancourth, Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Profesor de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Tito Bacca Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Profesor de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Lucio Legarda Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Profesor de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. MARCO TEORICO	20
1.1 GENERALIDADES SOBRE “LLAGA MACANA”	20
1.2 MANEJO DE LA ENFERMEDAD	24
1.3 TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN	26
1.4 NATURALEZA DE LOS FUNGICIDAS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE <i>Ceratocystis fimbriata</i>	28
1.4.1 Benzimidazoles	28
1.5 PERSISTENCIA DE FUNGICIDAS	30
1.6 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PERSISTENCIA DE PRODUCTOS APLICADOS	31
1.7 COADYUVANTES	32
1.7.1 Generalidades	32
1.7.2 Propiedades	33

1.7.3 Clasificación de coadyuvantes	34
1.7.4 Los aceites como coadyuvantes	35
2. METODOLOGIA	37
2.1 LOCALIZACIÓN	37
2.2 MATERIALES	37
2.2.1 Material biológico	37
2.2.2 Aplicador de contacto	37
2.2.3 Simulador de lluvia	38
2.2.4 Coadyuvantes evaluados	41
2.2.5 Fungicidas	42
2.2.6 Inóculo utilizado	44
2.2.7 Metodología	47
3. RESULTADOS Y DISCUSION	54
4. CONCLUSIONES	64
5. RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	73

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Evaluaciones Biológicas de persistencia de fungicidas para el control de <i>C. fimbriata</i>	33
Cuadro 2. Clasificación de coadyuvantes por tipo de acción	35
Cuadro 3. Tratamientos evaluados para el manejo preventivo de <i>C. fimbriata</i> en Laboratorio.	48
Cuadro 4. Promedios del porcentaje de zocas infectadas por <i>C. fimbriata</i> , observados tres horas después de la aplicación de los productos para las dos intensidades de lluvia.	56
Cuadro 5. Promedios del porcentaje de zocas infectadas por <i>C.fimbriata</i> , observados seis horas después de la aplicación de los productos y para las dos intensidades de lluvia.	59
Cuadro 6. Promedios del porcentaje de zocas infectadas por <i>C. fimbriata</i> , observados para nueve horas después de la aplicación de los productos y para las dos intensidades de lluvia.	59

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Estructuras de <i>Ceratocystis fimbriata</i> . (A) Endoconidias de cadena largas (B) Endoconidias de cadenas cortas (C) Clamidosporas (D) Peritecios (E) Ascosporas (Marín, 2000).	21
Figura 2. Peritecios de <i>C. fimbriata</i> formados entre los tejidos del floema. Foto al microscopio (40X).	23
Figura 3. Sintomatología de macana en café. A. Flacidez, pérdida de brillo, y marchitez de las hojas B. lesiones endurecidas, de forma irregular en el tronco C. Muerte de brotes en zoca (Castro, 1999).	25
Figura 4. Tecnología tradicional para la aplicación preventiva de fungicidas en zocas de café (Gómez, 2001).	27
Figura 5. Aplicador de contacto para la aplicación preventiva de fungicidas en zocas de café (Gómez, 2001).	28
Figura 6. Segmentos de tallo principal de café.	38
Figura 7. Aplicador de contacto para la aplicación de fungicidas en zocas de café, 2001.	39

Figura 8. Simulador de lluvia tipo Purdue (Spraying System Company) de aplicación Intermitente.	40
Figura 9. Metodología para obtener suspensiones del aislamiento 117 C. <i>fimbriata</i> . A) Tallos tiernos de café descortezados en agua destilada estéril y disposición de estos, en cámara húmeda en caja de Petri debidamente esterilizadas B) Inoculación de trozos de tallos tiernos de café, dispuestos en cámaras húmedas. C) Sellamiento con parafilm y rotulación de las cámaras húmedas para ser conservadas bajo condiciones de laboratorio por seis días. D) Crecimiento de peritecios con producción de masas de ascosporas E) Recolección de masas ascospóricas para llevarlas a una suspensión en una solución de agua destilada estéril y tritón X-100 (0.5% v/v). F) Sometimiento de la suspensión a ultrasonido (50-60 Hz) por espacio de un minuto con agitación constante. G) Conteo de ascosporas con la cámara de Neubauer. H) Ajuste de volumen a una concentración de 8.500 ascosporas/ ml. I) Inóculo para ser utilizado en las evaluaciones de efectividad biológica	46
Figura 10. Zoqueo y segmentación de tallos principales de café	49
Figura 11. Aplicación de los tratamientos sobre las unidades experimentales	50
Figura 12. Distribución de los tratamientos en el simulador de lluvia	51
Figura 13. Inoculación y disposición de los segmentos de tallo en las respectivas cámaras húmedas.	52

Figura 14. Disposición del material inoculado en condiciones de laboratorio 52

Figura 15. Testigo de referencia. Segmentos de tallo de café con crecimiento de *C. fimbriata* 55

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. _Materiales para construcción del Aplicador de Contacto.....	74
Anexo B. Ficha Técnica Inex-A	75
Anexo C. Ficha Técnica Derosal 500 S.C	76
Anexo D. Ficha Técnica Mertect 500 S.C	77
Anexo E. Mapa de campo	78
Anexo F. Análisis de varianza de los porcentajes de incidencia de <i>Ceratocystis fimbriata</i> en zocas de café variedad Colombia. Tres horas después de la aplicación.	79
Anexo G. Análisis de varianza de los porcentajes de incidencia de <i>Ceratocystis fimbriata</i> en zocas de café variedad Colombia. Seis horas después de la aplicación.	80
Anexo H. Análisis de varianza de los porcentajes de incidencia de <i>Ceratocystis fimbriata</i> en zocas de café variedad Colombia. Nueve horas después de la aplicación.	81

Anexo I. Coeficientes de variación del porcentaje de zocas infectadas por <i>C. fimbriata</i> , observados tres horas después de la aplicación de los productos	82
Anexo J. Coeficientes de variación del porcentaje de zocas infectadas por <i>C. fimbriata</i> , observados seis horas después de la aplicación de los productos	83
Anexo K. Coeficientes de variación del porcentaje de zocas infectadas por <i>C. fimbriata</i> , observados nueve horas después de la aplicación de los productos	84

RESUMEN

Ceratocystis fimbriata, hongo causante de la “Llaga macana del cafeto”, penetra por heridas en el tallo y raíces, ocasionando la muerte de la planta y repercutiendo directamente en la producción. Entre las causas del incremento de la enfermedad en los últimos años, está la renovación de los cafetales, siendo la aplicación de control preventivo durante dicha labor, la principal recomendación. Para mejorar el manejo de la enfermedad en cualquier época en que se realice el zoqueo, se evaluó en condiciones de laboratorio la persistencia de los fungicidas Derosal y Mertect solos y en mezcla con los coadyuvantes Carrier, Citrole e Inex-A, sometidos al efecto de dos intensidades de lluvia (5 y 10 mm/ 5 min.), bajo un diseño de parcelas divididas, utilizando segmentos de tallos de café, y aplicando los fungicidas con un “aplicador de contacto”. A tres, seis y nueve horas después de la aplicación, se simuló la lluvia, y sobre la periferia de la zoca se depositaron 200 µl de una suspensión de 8.500 ascosporas/ml del patógeno. Quince días después, se observó 100% de infección en el testigo. Los tratamientos que permitieron las menores incidencias de la enfermedad fueron; Mertect, Mertect + Inex-A y Derosal + Carrier, con infecciones de 36.3, 34.6% y 23.3 respectivamente. Estos resultados corroboran la eficiencia de los fungicidas Derosal (Carbendazim) y Mertect (Thiabendazol) en el control de Llaga macana.

Palabras claves: *Café*, *Ceratocystis fimbriata*, control preventivo, persistencia

ABSTRACT

Ceratocystis fimbriata, causal agent of the “Llaga macana of the coffee”, it penetrates for wounds in the stems and roots, causing the death of the plant and affecting directly the production. Between the causes of increment of disease in the last years, is renovation of the coffee plantations, being the application of preventive control during this practice, the main recommendation. To improve the management of disease in any time in that is cutting the tree, was evaluated the persistence of the fungicides Derosal (Carbendazim) and Mertect (Thiabendazole) and its mixture with Carrier, Citrole and Inex-A, submitted to the effect of two rain intensities (5 and 10 mm / 5 min.), under a design of divided parcels, using pieces of stems of coffee, and applying the fungicides with a “contact applier” at three, six and nine hours after the application, the rain was simulated, then, the treated material was inoculated with a 8.500 ascospores suspension. Fifteen days later, 100% infection was observed in the control. The treatments with disease incidence low were; Mertect, Mertect + Inex-A and Derosal + Carrier, with infections of 36.3, 34.6 and 23.3% respectively. These results corroborate the efficiency of the fungicides Derosal (Carbendazim) and Mertect (Thiabendazole), in the control of Llaga macana.

Keywords: Coffee, *Ceratocystis fimbriata*, preventive control, persistence

INTRODUCCIÓN

La “Llaga macana” es en la actualidad una enfermedad de gran importancia económica en el cultivo de café. Esta enfermedad es ocasionada por el hongo *Ceratocystis fimbriata* (Castaño, 1951; Castaño, 1953; Cadena *et al.*, 1985; Castro, 1991), considerado como un hongo saprófito facultativo que está presente en la mayoría de suelos, ubicados en altitudes que van desde 800 hasta 2.000 msnm (Castaño, 1951; Prieto *et al.*, 1987).

La presencia de la enfermedad en café es propiciada por diferentes factores que implican realizar heridas a la planta facilitando la penetración del patógeno, tales como: la poda de ramas bajas (4%), desyerbas (5%), descope (4%), zoqueo (21%) y en un 62% por las heridas hechas por los trabajadores al apoyar sus pies en la base del tallo principalmente en terrenos de alta pendiente (mayor 70%) (Castro y Chávez, 1999).

Aunque su presencia data de los años treinta en una caficultura tradicional, ha aumentado su incidencia y severidad en los últimos 10 años por la constante renovación de cafetales mediante el zoqueo, vislumbrándose así un peligro potencial de la enfermedad en el cultivo, de no poner en marcha las medidas de control preventivo en forma adecuada, ya que es durante esta práctica cuando ocurre la mayor incidencia de la enfermedad; toda esta situación ha contribuido a que las pérdidas sean cuantiosas en la agroindustria cafetera colombiana, debido a la reducción de la población de árboles sembrados, en cifras estimadas entre el 20 - 40 % (Castro y Chávez, 1999).

Una de las herramientas fundamentales para contrarrestar las pérdidas en la producción ocasionadas por la llaga macana es la protección de heridas mediante la aplicación de fungicidas preventivos. En época lluviosa esta medida no es lo suficientemente eficaz, permitiendo altos niveles de incidencia de la enfermedad.

Pese a que una de las recomendaciones para evitar ataques de *C. fimbriata* es mediante la realización del zoqueo en época seca (Castro y Montoya, 1997), las condiciones climáticas últimamente han variado de tal manera, que no hace posible determinar las épocas realmente secas y húmedas, impidiendo de esta manera cumplir dicha recomendación; así, el zoqueo de cafetales durante los años siguientes al “Fenómeno del Niño”, en época lluviosa, existiendo un alto riesgo de que las zocas adquieran la enfermedad, tanto por la disponibilidad de condiciones para un mayor desarrollo del hongo en el suelo, como por el salpique que causa la lluvia, llevando el patógeno hasta las zocas, así como también la mayor lentitud en el proceso de cicatrización de la herida y la menor persistencia de los fungicidas aplicados.

Considerando la creciente importancia de esta enfermedad, por las pérdidas que está ocasionando, se han desarrollado trabajos básicos que buscan mejorar la efectividad del control químico preventivo; entre ellos la tecnología de aplicación, cuyos resultados satisfactorios fueron complementados con el presente trabajo, cuyo objetivo fue evaluar la persistencia de algunos productos químicos sometidos al efecto de la lluvia, con el propósito de mejorar la recomendación para el control de “Llaga macana” *C. fimbriata* en el cafeto.

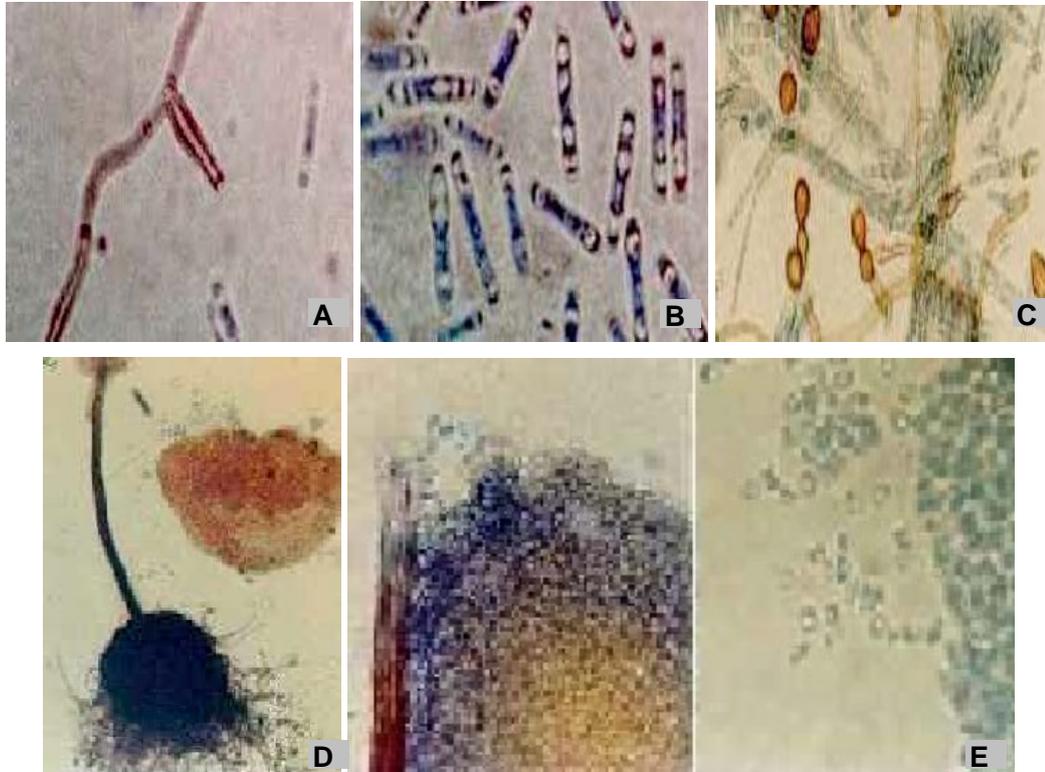
1. MARCO TEORICO

1.1 GENERALIDADES SOBRE “LLAGA MACANA”

La "Llaga macana del cafeto", "cáncer del tronco" o "macana", ocasionada por el hongo *Ceratocystis fimbriata*, se diagnosticó en Colombia desde los años 30, tomando progresivo auge con la renovación de cafetales por el sistema de zoqueo (Castro, 1999). Desde entonces, se reconoce que ocasiona cuantiosas pérdidas en la producción al reducir la población de árboles sembrados, en cifras estimadas entre el 20 - 40% (Castro y Chávez, 1999).

El hongo *C. fimbriata* es un Ascomycete que pertenece a la clase Pyrenomycetes, orden Ophiostomatales. Su anamorfo, o estado asexual corresponde al género *Chalara* (Galleti y Rezende, 1995) y está constituido por micelio, hifas, clamidosporas (Figura 1a) y endoconidias (Figuras 1b, c); siendo las formas de reposo y hábitat en el campo, estas estructuras dan la apariencia de hollín o tizne cuando hay infección avanzada en la planta. En estado teleomorfo, sexual o perfecto, el patógeno forma estructuras fructíferas como peritecios o ascocarpos (Figura 1d) (150 μm), de color café oscuro, globosos, con ostiolo alargado que posee en su extremo un poro por el cual emergen las ascosporas (6 μm), envueltas en una membrana mucilaginosa; estos peritecios se presentan cuando persisten condiciones de alta humedad. Las ascosporas son unicelulares, hialinas, achatadas y con forma de sombrero (Figura 1e) (Castaño, 1951; Galleti y Rezende, 1995).

Figura 1. Estructuras de *Ceratocystis fimbriata*. (A) Endoconidias de cadena largas (B) Endoconidias de cadenas cortas (C) Clamidosporas (D) Peritecios (E) Ascosporas



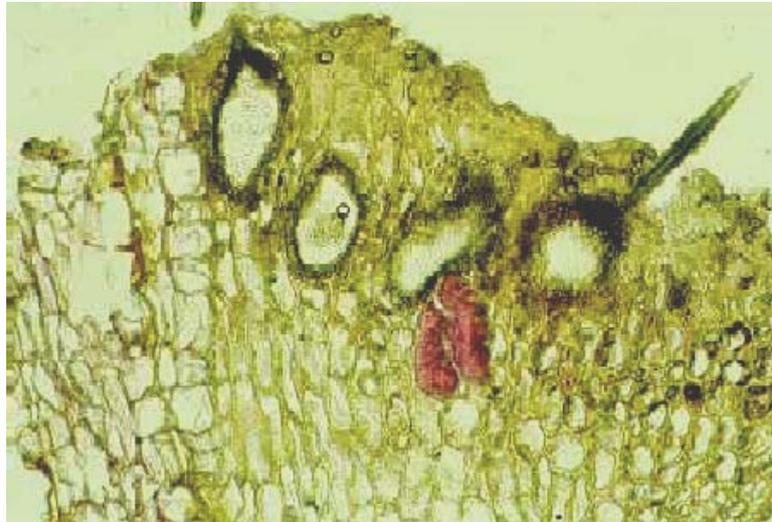
Fuente: Marín, 2000.

La penetración del hongo en las plantas de café ocurre a través de heridas principalmente en el tallo, las cuales pueden ser ocasionadas durante las prácticas de zoqueo, poda y selección de brotes o chupones, descope, poda de ramas bajas, desyerbas, poda calavera y pisoteo de la base de los árboles en terrenos con pendientes superiores al 70 %. Una vez penetra, coloniza los haces del floema (Figura 2) en forma longitudinal y radial, provocando la muerte de la planta al taponar los haces conductores mediante la producción de sustancias tóxicas (Prieto *et al*, 1987; Castro, 1999).

El patógeno puede ser diseminado por el viento, salpique del agua, por el hombre y las herramientas de trabajo (machetes, tijeras, serruchos y guadañas). Durante la época de invierno, el agua favorece la diseminación de fragmentos vegetales o suelo con esporas y micelio adheridos poniéndolos en contacto con heridas frescas. Por tal motivo, el zoqueo del cafeto se constituye en un riesgo de importante magnitud, ya que por medio del salpique de agua ocasionado por la lluvia y los movimientos del suelo y material vegetal de desecho, generados durante la limpieza, o por la contaminación de las herramientas de corte, puede ocurrir la inoculación del hongo en la planta e iniciar el proceso infectivo por la herida abierta (Castaño, 1951; Castaño, 1953; Cadena *et al.*, 1985; Castro, 1991; Castro y Montoya, 1997; Galleti y Rezende, 1995; Castro, 1999).

Los cafetos afectados por macana se encuentran generalmente diseminados en forma aleatoria en los lotes. Las plantas afectadas presentan flacidez, pérdida de brillo, y marchitez de las hojas las cuales se tornan amarillas; las ramas se secan del extremo hacia la base (Figura 3a). Las lesiones características de la enfermedad se presentan generalmente en el tronco, en la región próxima al nivel del suelo. El tronco aunque parezca externamente sano, al levantar la corteza presenta lesiones endurecidas, de forma irregular, de color marrón oscuro y de tamaño variable (Figura 3b) (Castaño, 1951; Fernández, 1964; Cadena, 1980; Trindade, 1995).

Figura 2. Peritecios de *C. fimbriata* formados entre los tejidos del floema. Foto al microscopio (40X)



El progreso de la enfermedad alrededor del tronco es lento y su avance más rápido es en sentido longitudinal; una vez las lesiones han rodeado completamente el tallo, la planta presenta los síntomas descritos inicialmente y posteriormente muere (Figura 3c) (Prieto *et al.*, 1987).

C. fimbriata presenta un amplio rango de hospedantes; café (*Coffea arabica*), conocida como "Llaga macana", caucho (*Hevea brasiliensis*); mango (*Mangifera indica*), batata (*Ipomeae batata*), cacao (*Theobroma cacao*), coco (*Cocos nucifera*), piña (*Ananas sativus*), cítricos (*Citrus spp.*), almendro (*Prunus persica*), albaricoque (*Prunus domestica*), ñame (*Colocasia antiquorum*), roble (*Quercus sp.*), álamo (*Populus sp.*), higo (*Ficus carica*). Además, se han encontrado evidencias de especialización patogénica, tal es el caso de *C. fimbriata* f sp. *platani*, este desarrollo de razas o formas adaptadas a hospederos específicos o a grupos de plantas determinadas, ocurre en especies

distribuidas ampliamente y/o de hábito polífago (Echandi, 1955; Kile, 1993; Wingfield *et al*, 1993).

1.2 MANEJO DE LA ENFERMEDAD

Como medidas generales de control preventivo se sugiere evitar cualquier tipo de labor que implique la realización de heridas en cualquier parte del tallo. También se deben desinfectar las herramientas que se utilizan en las labores de poda o cortes, en una solución de hipoclorito de sodio al 5%. Durante las prácticas de poda alta, zoqueo y posterior selección de brotes o chupones, se recomienda la aplicación inmediatamente se haga el corte de fungicidas como Benomyl (Benlate), Carbendazim (Derosal y Bavistin) y Thiabendazole (Mertect) en dosis de 4 cc/l de agua (Galleti y Rezende, 1995).

Según Gómez (2001), en ensayos de laboratorio realizados para evaluación biológica, se obtuvo que el aceite mineral Citrole® Total, Cloruro de bencilo (Belorán), Organosilicona (Silwett) y Benomyl (Benlate), no permitieron la infección del hongo en un 98.8; 92.5 y 100%, respectivamente. Además, los fungicidas Cyproconazol (Alto) 100 (3 cc p.c./l), Propioconazol (Tilt) (3 cc p.c./l), Carbendazim (Derosal) (4 cc p.c./l), y el aceite mineral Citrole previenen la infección de *C. fimbriata* desde un 93.3% hasta un 100%.

No existe ningún producto que detenga el avance del hongo, una vez que este invade los tejidos de la planta. Se sugiere que los árboles afectados sean eliminados, cortándolos a ras del suelo (sin incluir el sistema radical). La resiembra para sustituir árboles afectados puede hacerse en forma inmediata después de eliminar los árboles enfermos. En ningún

momento se sugiere la aplicación de fungicidas u otro tipo de producto al suelo (Castro, 1999).

Castro (1999), afirma que en caso de presentarse avance de la lesión en forma descendente, desde la copa de los árboles, o en algún otro punto en la parte alta del tallo, se puede recurrir a la cirugía, cortando el tallo principal unos 15 cm abajo de la lesión con el fin de evitar la muerte del árbol. Durante la práctica de renovación por medio de la denominada "poda calavera", así como durante la poda de ramas bajas o "desbajere", se sugiere cortar las ramas, dejando unos 2 cm de longitud sin causar daño directo sobre el tallo principal, lo que propicia la enfermedad.

Figura 3. Sintomatología de macana en café. A. Flacidez, pérdida de brillo, y marchitez de las hojas B. Lesiones endurecidas, de forma irregular en el tronco C. Muerte de brotes en zoca



Fuente: Castro, 1999

Además de las recomendaciones de prevención y control de llaga macana, en Cenicafé se han adelantado trabajos tendientes a obtener variedades comerciales de café con resistencia a la enfermedad. Dentro de este trabajo se han efectuado cruzamientos de la variedad Borbón resistente a macana con plantas de la variedad Caturra consideradas como susceptibles (Castillo y Castro, 1998). Se han seleccionado progenies avanzadas de este cruzamiento (F5), las cuales tienen alta resistencia a *C. fimbriata*, porte de Caturra y buenas características agronómicas y que pese a ser susceptibles a roya (*Hemileia vastatrix*) son una alternativa para los caficultores (Castro, 2001).

1.3 TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN

Los primeros trabajos de evaluación de fungicidas preventivos para el control de “Llaga macana” durante el zoqueo (Cadena *et al.*, 1985; Castro, 1991) han involucrado el uso de la tecnología tradicionalmente utilizada en aplicaciones al follaje (Figura 4). Estudios realizados por Castro y Chávez (1999), para determinar el daño económico por “Llaga macana”, demostraron que el 31.4% de los caficultores conocen el control, pero realmente en la práctica, únicamente el 18% aplican las recomendaciones sugeridas. No obstante y dado el incremento de la enfermedad durante los últimos años, pese a la aplicación del control preventivo, se vio la necesidad de mejorar la eficiencia de aplicación de fungicidas, evaluando la aplicación convencional (aspersión) y la aplicación con una tecnología de aplicación específica (diseño basado en el selector de arvenses), que pueda ser usada sobre zocas de café (Figura 5). Así, el trabajo realizado por Gómez (2001), demostró que el mayor cubrimiento se obtuvo con la aspersión, 99.9% de área cubierta de las zocas, utilizando la boquilla TX-3 (190ml/min), a la altura de 10 cm y con 3 segundos de aplicación, mientras que con el aplicador de contacto se obtuvo un 84.5% de área cubierta

realizando tres pases sobre la zoca. Una prueba biológica en laboratorio, utilizando el fungicida Carbendazim (Derosal) e inoculando *C. fimbriata*, indicó que la aspersion del fungicida logró un 93.75% de control con una dosis de 4 ml de producto comercial / litro de agua, mientras que con el aplicador el control fue del 100%, con una dosis de 12 ml de p.c / litro agua.

Gómez (2001), concluye que al comparar los dos métodos de aplicación, no se observan diferencias en cuanto al tiempo (jornales) de aplicación, pero si se demostró la bondad del aplicador de contacto, al disminuir en un 70% el volumen de mezcla utilizado, reduciendo considerablemente el costo de la aplicación en un 91%, con relación al control logrado con el equipo convencional que actualmente se utiliza.

Figura 4. Tecnología tradicional para la aplicación preventiva de fungicidas en zocas de café



Fuente: Gómez, 2001

Figura 5. Aplicador de contacto para la aplicación preventiva de fungicidas en zocas de café



Fuente: Gómez, 2001.

1.4 NATURALEZA DE LOS FUNGICIDAS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE *Ceratocystis fimbriata*

1.4.1 Benzimidazoles. Los fungicidas Benzimidazoles y dentro de estos, los Tiofanatos, los cuales son transformados a MBC (Methyl Benzimidazole Carbamato), representan una nueva era en el uso de fungicidas. Fueron introducidos en el mercado a partir del año 1960. Los más importantes miembros de este grupo son: Methyl -1- (Butylcarbamoil),

Benzimidazole -2- Carbamato o Benomyl, 2-(4'-Thiazolyl) Benzimidazole o Thiabendazole. Los fungicidas ubicados dentro de este grupo son de carácter sistémico y de amplio espectro (Cremllyn, 1991).

Los Benzimidazoles constituyen uno de los más importantes grupos de fungicidas sistémicos utilizados comercialmente; dentro de este grupo se incluyen fungicidas como el Benomyl (Benlate), Carbendazim (Derosal y Bavistin), Methyl Tiofanato (Topsin) y Thiabendazole (Mertect). Controlan un amplio grupo de hongos: Ascomycetes, algunos Basidiomycetes y Deuteromycetes son sensibles, pero ninguno de los hongos inferiores (Cremllyn, 1991; Bergamin, 1995; Lyr *et al.*, 1996). Estos fungicidas presentan una alta actividad selectiva, es decir, tienen un sitio de acción específico sobre los hongos, razón por la cual han generado problemas de resistencia (Lyr, 1987).

Los Benzimidazoles inhiben la polimerización de la tubulina, disturbando de esta manera un gran número de procesos celulares, donde los microtúbulos están involucrados, entre ellos la mitosis, meiosis y transporte de moléculas intracelularmente. Además, estos compuestos interfieren tanto en la síntesis del ADN como en la reducción del crecimiento micelial, impidiendo de esta manera una alta producción de toxinas (Cremllyn, 1991; Lyr, 1987).

Es importante mencionar que los cuatro fungicidas actualmente recomendados para el control de *C. fimbriata*, no ejercen un efecto sistémico sobre la herida tratada, siendo su acción sobre el patógeno netamente de contacto.

1.5 PERSISTENCIA DE FUNGICIDAS

El control químico de una enfermedad está íntimamente relacionado con la presencia de depósitos de fungicidas en la época de mayor ocurrencia, y en cantidad suficiente para inhibir la germinación de las estructuras reproductivas del hongo (Faria, 1976).

La presencia de depósitos sobre la superficie tratada, después de un tiempo considerable, indica que existe persistencia del producto aplicado, es decir, el principio activo del producto fungistático permanece a un nivel satisfactorio para inhibir la acción del patógeno contando a partir del momento de su aplicación (Faria, 1976).

Se puede considerar, que existe mayor persistencia cuando los depósitos son capaces de resistir la remoción por agentes atmosféricos. Sin embargo, un depósito sobre una superficie vegetal, se encuentra expuesto a un sin número de fenómenos atmosféricos; siendo la lluvia el factor más potencial que interviene en la eliminación de estos, esta situación ha permitido la búsqueda de formulaciones y métodos de aplicación adecuados. Las formulaciones pueden ser mejoradas agregando un adherente, pero se debe cuidar de no proteger los depósitos al grado de que se reduzca su disponibilidad. En la actualidad las formulaciones microencapsuladas permiten lograr dos propósitos, obtener un tamaño pequeño y liberar lentamente el plaguicida. Dentro de los métodos de aplicación es importante lograr aspersiones de partículas finas (gotas < 200 μm), que no son arrastradas con facilidad, debido a que estas se mantienen adheridas a la superficie tratada por fuerzas electrostáticas (Faria, 1976; Echeverri, 1976; Matthews, 1988; Primo *et al.*, 1990).

Otros factores que determinan la presencia de depósitos son; adherencia, insolubilidad del fungicida, naturaleza de la superficie y naturaleza del agente atmosférico. Además hay que considerar que factores físicos como el tamaño de la gota (un menor tamaño de gota se logra una mayor efectividad), forma de las partículas, presencia de agregados, tensión superficial y uniformidad en la cobertura afectan la eficiencia de los fungicidas en condiciones de campo (Faria, 1976; Echeverri, 1976).

La actividad de cualquier depósito de fungicida depende de la cantidad de ingrediente activo y productos aditivos que estén presentes en su composición y de su distribución respecto al patógeno. En teoría es posible modificar estos factores con la adición de humectantes y fijadores. Esto permite concluir que los depósitos son proporcionales a la concentración del producto aplicado en la aspersion pero independiente del volumen que se aplica (Echeverri, 1976; Matthews, 1988).

1.6 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE PERSISTENCIA DE PRODUCTOS APLICADOS

Heuberger *et al.*, (1940) citados por Echeverri (1976), consideran que para evaluar la persistencia de los productos químicos existen dos métodos; el primero consiste en determinar químicamente la cantidad de residuos remanentes de un depósito inicial conocido sometido a la acción de la intemperie, de esta manera se mide o se determina el depósito que permanece sobre la superficie. El segundo método se trata de la determinación biológica o el valor fungistático de los depósitos ante la acción de la intemperie, en este caso se mide el decrecimiento del valor fungistático.

En evaluaciones biológicas de persistencia de fungicidas sobre zocas de café para el control de *C. fimbriata*, realizadas en laboratorio por Gómez (2001), se determinó el efecto de la lluvia (10.9 mm/5 min.), la cual fue simulada empleando una aspersora convencional. De aquí, que los resultados encontrados fueron los siguientes (Cuadro 1).

Donde se concluye que los productos aplicados solos o en mezcla con coadyuvantes, sometidos al efecto de la lluvia, ejercen un control preventivo de la enfermedad, entre el 94 y 98%. El alto control ejercido está relacionado con el mínimo impacto ejercido por las gotas suministradas por la aspersion convencional, permitiendo la permanencia de los productos aplicados.

1.7 COADYUVANTES

1.7.1 Generalidades. En Colombia la definición oficial de coadyuvante esta dada en la resolución No. 1.000 del ICA, la cual dice: “toda sustancia que se adiciona a un plaguicida, defoliante o regulador fisiológico para facilitar su acción o conservar sus características físicas o químicas” (Umaña, 1989).

Un coadyuvante es una combinación de químicos capaces de mejorar la calidad biológica de un plaguicida gracias a las interacciones físico-químicas con el plaguicida. Los coadyuvantes actúan sobre distintos espectros de la operación de aplicación, los cuales pueden ir desde la mezcla inicial de tanque hasta la actividad final del agroquímico después de la aplicación (Acorbat, 2000).

Cuadro 1. Evaluaciones Biológicas de persistencia de fungicidas para el control de *C. fimbriata*

TRATAMIENTOS	DOSIS (g ó cc p.c./l)	CONTROL (%)
Benomyl (Benlate)	4	98
Carbendazim (Derosal)	4	98
Citrole	4	98
Benomyl (Benlate) + Organosilicona (Silwett)	4:2	98
Carbendazim (Derosal) + Organosilicona (Silwett)	4:2	98
Cloruro de Bencilo (Belorán) + Organosilicona (Silwett)	5:2	98
Carbendazim (Derosal) + Citrole	4:4	98
Carbendazim (Derosal) + Triona	4:2	94
Carbendazim (Derosal) + correo	4:2	94
Carbendazim (Derosal) + pintura vinílica	4:500	95

Fuente: Gómez, 2001.

1.7.2 Propiedades. Los coadyuvantes son productos que se fundamentan en principios de emulsión, humectación, esparcimiento, adherencia y penetración. Son considerados para el mejoramiento de las condiciones físicas de aplicación al conseguir una mayor fragmentación de las gotas, lográndose una mejor cobertura, distribución y adherencia. Además proveen de un recubrimiento a la gota asperjada, evitando de esta manera la rápida evaporación, favoreciendo la penetración de los plaguicidas de acción sistémica y facilitando su acción.

Estas sustancias reducen la tensión del líquido que contiene el agroquímico mejorando la distribución y el mojado al disminuir el ángulo de contacto de las gotas con la superficie sobre la que se depositan (Laquinsa, 2000). Los coadyuvantes son considerados productos que permiten lograr emulsiones estables y homogéneas gracias al contenido de un agente tensoactivo, esto permite una distribución uniforme sobre la zona tratada.

Además, se encargan de acidificar y amortiguar el agua que se emplea para las aspersiones, evitando de esta manera el proceso de destrucción de agroquímicos (hidrólisis alcalina). Al evitar este proceso se aumenta la eficiencia de los agroquímicos; también incrementan la compatibilidad de mezclas, sin alterar la composición química, y aumentan la velocidad de penetración (Rizobacter Argentina S.A., 1998).

Los coadyuvantes pueden actuar bajo dos efectos; **secuestrante**, que consiste en la inmovilización de cationes libres en el agua (Ca y Mg) permitiendo que el producto sea aprovechado al máximo. El otro efecto es el **tensoactivo-adhesivo**, que asegura la retención y absorción del producto al establecer un mayor contacto con la superficie de aplicación y una mayor permanencia sobre la misma (Rizobacter Argentina S.A., 1998).

1.7.3 Clasificación de coadyuvantes. Los coadyuvantes de acuerdo al tipo de acción se encuentran clasificados en tres grupos: activadores, modificadores de aspersión y modificadores utilitarios (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de coadyuvantes por tipo de acción

TIPO DE COADYUVANTE	DESCRIPCIÓN	FUNCION
Activadores	Aceites minerales o vegetales Surfactantes Adherentes	Mejoran la actividad o efectividad de los productos. Son los de uso más generalizado.
Modificadores de aspersión	Formadores de película Formadores de depósitos Antideriva	Modifican el comportamiento de los líquidos antes y después de depositado sobre una superficie.
Modificadores utilitarios	Agentes de acoplamiento Agentes antifloculantes Agentes compatibles Antiespumantes Humectantes Dispersantes Emulsiones Tampones	Modifican propiedades básicas para que los productos puedan ser usados o incorporados en los tanques de aplicación. Estos coadyuvantes muy frecuentemente se encuentran como componentes originales en muchas formulaciones, pero es necesario que se incorporen en cantidades adicionales.

Fuente: Industrias Químicas Oleosol, 2001.

1.7.4 Los aceites como coadyuvantes. A partir de 1954-1955 el uso de aceites minerales en mayor proporción como coadyuvantes, vehículos o portadores de fungicidas, creció ampliamente debido a que garantizan una mejor cobertura aumentando el control. Además, las partículas de aceite ejercen un efecto hidrofóbico (Beltrán, 1996).

El aceite mineral se presenta como una alternativa para aumentar la adherencia de los fungicidas. El aceite debe tener un elevado contenido de compuestos no sulfonables lo que asegura una baja fitotoxicidad. Las características que se deben tener en cuenta dentro de la elección de un coadyuvante son: densidad, viscosidad, volatilidad, punto de

escurrimiento y poder solvente; estas determinan la permanencia, desplazamiento y capacidad de penetración (Industrias Químicas Oleosol, 2001).

Dentro de la elección de un aceite mineral se deben manejar unos parámetros que aseguran la máxima eficacia y la ausencia de fitotoxicidad; entre ellos: rango de destilación, punto medio de destilación 50%, residuo insulfonable, contenido en parafina, distribución de átomos de carbono y biodegradabilidad. El equilibrio adecuado de estos parámetros permite el desarrollo de un aceite de óptimas condiciones para controlar la enfermedad, debido a que se incrementa la duración de contacto y la penetración del fungicida, a la vez que forma una película oleosa que impide el desarrollo del hongo (Acorbat, 2000).

Un aceite agrícola de calidad debe conseguir un balance óptimo entre el rango de destilación y el punto medio de destilación 50%, ya que un aceite con un rango estrecho y con un punto medio 50% alto es indicativo de un aceite homogéneo pero de baja volatilidad, por tanto de mayor persistencia sobre el lugar de aplicación con el consiguiente riesgo de acumulación y fitotoxicidad. El grado de fitotoxicidad causado por el uso de aceites agrícolas depende además de otros factores; la época de tratamiento, dosis de aplicación, tipo de cultivo y climatología (Primo *et al*, 1990).

El aceite agrícola debe disminuir el desarrollo de la enfermedad alargando el período de incubación del hongo (efecto fungistático), por esta razón debe presentar un contenido en parafinas lo más elevado posible ya que mayor es el efecto del plaguicida, incrementando así, el intervalo de tiempo necesario para la evolución de un estado a otro, sin ocasionar, por otro lado, efectos nefastos al crecimiento de la planta y al rendimiento (Acorbat, 2000).

2. METODOLOGIA

2.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en condiciones de laboratorio, en el Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFÉ, ubicado en el Municipio de Chinchiná (Caldas) a 5°01' de latitud norte, 75°36' longitud oeste; 1.425 msnm, con una temperatura promedio de 19,9°C, humedad relativa 84,1% y precipitación anual de 2.833 mm (CENICAFE, 1999).

2.2 MATERIALES

2.2.1 Material biológico. Se emplearon tallos principales de árboles de café variedad Colombia de 5 años de edad, los cuales fueron cortados en segmentos de 5 cm de largo y 7 cm de diámetro aproximadamente (Figura 6). Estos segmentos se cortaron con motosierra tratando de obtener un corte uniforme, con el propósito de facilitar las labores de aplicación de los productos preventivos.

2.2.2 Aplicador de contacto. El denominado “Aplicador de Contacto” es un equipo diseñado y evaluado en el trabajo realizado por Gómez (2001) (Figura 7), siendo una modificación del “Selector de Arvenses” adaptado para la aplicación de fungicidas en zocas de café. El principio de este equipo consiste en frotar la superficie de las zocas, realizando 3 pases con movimiento pendular para permitir la salida de la mezcla fungicida.

Figura 6. Segmentos de tallo principal de café



El aplicador consiste en un tubo alimentador de PVC de un metro y una zona aplicadora de 15 cm. Posee una manguera plástica para regular el flujo de salida del líquido, dispuesta internamente a lo largo del tubo alimentador, desde el tapón superior. Sobre la parte superior-central de la zona aplicadora hay un orificio perforado con una aguja de pelo; esta zona se encuentra cubierta con una toalla absorbente de algodón, una espuma y un tapete, todos estos materiales (Ver Anexo A) están sujetos con fibra sintética.

2.2.3 Simulador de lluvia. El simulador de lluvia que se empleó para este proyecto es el existente en las instalaciones de la Granja de Cenicafé. Es un simulador de lluvia tipo Purdue (Spraying System Company) de aplicación intermitente (Figura 8).

Figura 7. Aplicador de contacto para la aplicación de fungicidas en zocas de café



Fuente: Gómez, 2001.

El equipo se compone de las siguientes partes: fuente de agua (tanque de 1.000 l), fuente de potencia (motobomba 0,5 HP), sistema de control de presión, dos boquillas Vee Jet 80-100, sistema de recirculación de agua, soporte de aluminio de altura graduable, PC con VARSIM 7, caja de control de encendido y motor.

Figura 8. Simulador de lluvia tipo Purdue (Spraying System Company) de aplicación Intermitente



El simulador tiene una fuente de agua y una fuente de potencia para subir el agua desde el tanque hasta las boquillas. Además, cuenta con un sistema de recirculación de agua compuesto por un canal que recoge el agua que no es utilizada en la simulación y por medio de un tubo vuelve nuevamente al tanque para ser reutilizada. Este aparato cuenta con dos boquillas que permiten realizar dos simulaciones sobre muestras distintas al mismo tiempo, sin embargo, en un momento dado puede ser suspendida cualquiera de las dos para realizar simulación sobre una sola muestra (CENICAFE, 1998).

Presenta un sistema de control de presión conformado por un manómetro y dos llaves que regulan la presión entre 0 y 20 PSI. Para el control de las oscilaciones por minuto y el tiempo de la simulación de lluvia, ya sea continua o variable, cuenta con un programa

previamente instalado en el PC. El equipo no permite obtener la intensidad de lluvia deseada directamente, por ello existe la necesidad de calibrar la intensidad de lluvia relacionando los factores variables que son, la presión dada en pulgadas por centímetro cuadrado (PSI) y las oscilaciones por minuto. La intensidad de lluvia que se puede obtener con el simulador varía entre 30 y 130 mm/hr, distribuidas espacialmente en un área de 2,5 m², con un coeficiente de uniformidad del 89,55% (CENICAFE, 1998).

2.2.4 Coadyuvantes evaluados

2.2.4.1 Carrier. Coadyuvante a base de aceites vegetales y antioxidantes; formulado para mejorar la acción de agroquímicos, ya que es portador del producto químico.

Este producto se encarga de disminuir la volatilización, lográndose así una proporción de 30-45 % más de cubrimiento en la aplicación, permitiendo un mayor ancho de pasada efectivo. Dentro de su composición se tiene como ingrediente activo ácidos carboxílicos insaturados y glicéridos saturados (862 g/l) e ingredientes activos inertes (68 g/l). No es fitotóxico (Agro, 2001).

2.2.4.2 Inex-A. Es un producto concentrado soluble. Este es un coadyuvante encargado de reducir la tensión superficial; además dentro de sus propiedades están la penetrante, emulsificante y antiespumante. Este producto en la mezcla asegura la disponibilidad del ingrediente activo. La capacidad humectante y penetrante hace que el agua penetre en las partículas del ingrediente activo mojándolo, para que se distribuya rápidamente en la mezcla. Es no iónico, no fitotóxico y biodegradable (Ver Anexo B). Con la reducción de la

tensión superficial permite obtener mezclas homogéneas, lográndose así una mejor cobertura (Cosmoagro, 1999).

2.2.4.3 Citrole. Es un nuevo insecticida formado por un complejo parafínico biodegradable desarrollado para el control de plagas de los cítricos. Se presenta en forma de concentrado emulsionable, muy práctico para su empleo. Citrole forma una película homogénea que recubre la plaga bloqueando la respiración y provocando la muerte por asfixia. La especificidad de su modo de acción se caracteriza por un efecto de choque sobre la plaga, un amplio espectro de acción y la ausencia de resistencia al producto (Extension Unit Regional Administration South, 2001).

Este producto ha permitido reducir el número de intervenciones gracias a la utilización de un producto polivalente, preservar la fauna auxiliar para restablecer su equilibrio natural en el campo y eliminación del problema de residualidad. Citrole ofrece un método de lucha complementario a los programas de tratamientos químicos que tienen el riesgo de desarrollar resistencia de los productos. Además, este producto es empleado como coadyuvante, debido a que sus características son como adherente y penetrante (Extension Unit Regional Administration South, 2001).

2.2.5 Fungicidas

2.2.5.1 Derosal (Carbendazim). Este fungicida se ha incluido dentro del control químico preventivo de *C. fimbriata* debido a que presenta buenos resultados de control de la enfermedad, así como también por el bajo costo del ingrediente activo, situación que

permite que los costos de producción sean menores, favoreciendo de esta manera la situación económica de los productores ¹ .

Derosal 500 SC es un fungicida sistémico, a base de Carbendazim que pertenece al grupo de los Benzimidazoles (Ver Anexo C). Su formulación viene dada como suspensión concentrada (SC), sus partículas muy pequeñas facilitan la penetración a la planta y además facilitan la distribución en la superficie de la misma, permitiendo así una mejor cobertura. Su formulación es de fácil manejo para la dosificación, suspensión y mezcla (Aventis, 2001).

Su comportamiento en la planta se basa en tres principios; absorción en la superficie, penetración a la planta y la acción sistémica translaminar. Su modo de acción es curativo, protectante y también inhibe la mitosis del hongo, debido a que causa degradación de ARN y proteína. Este producto es de amplio espectro, ya que actúa muy bien en hongos como: *Rhizoctonia*, *Cercospora*, *Rhynchosporium*, *Acrocyldrum*, *Ceratocystis*, entre otros (Aventis, 2001).

2.2.5.2 Mertect (Thiabendazole). Este fungicida ha sido incluido en el presente estudio ya que en evaluaciones realizadas por Castro y Montoya (1994), se encontró que el control preventivo fue de 94 - 100%.

Es un fungicida versátil, de amplio espectro sistémico, altamente efectivo contra un amplio rango de hongos patógenos (Ver Anexo D). Resiste la acción de los agentes

¹ ENTREVISTA CON Bertha L. Castro, Investigador Científico I de la Disciplina de Fitopatología, CENICAFE. Chinchiná, 10 de Marzo de 2001.

atmosféricos, no es dañino a los tejidos de las plantas, a los humanos o a los animales. El amplio espectro antifúngico del thiabendazole y su alto margen de seguridad en plantas, hacen que este fungicida sea utilizado en muchos cultivos. Este producto ayuda a prevenir y controlar las infecciones de las plantas mediante tratamientos de aplicación foliar. Se tiene que dentro del amplio rango de hongos que controla el thiabendazole están: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Gibberella*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Botrytis*, *Leptosphaeria*, *Erysiphe*, *Ceratocystis*, *Monilia*, *Cercospora*, *Colletotrichum*, y *Phoma*, entre otros (Novartis, 2001)

El thiabendazole aplicado al suelo es absorbido por las raíces y translocado hasta las hojas sin sufrir hidrólisis. Este presenta un amplio espectro de acción antifúngica y es uno de los pocos productos permitidos en tratamientos poscosecha de frutas (Bergamin, 1995; Lyr *et al*, 1996).

El mecanismo antifúngico del thiabendazole, envuelve la inhibición de la cadena transportadora de electrones en la mitocondria y por tanto la respiración (Bergamin, 1995; Lyr *et al*, 1996).

3.2.6 Inóculo utilizado. Para la evaluación de la efectividad biológica se empleó el aislamiento 117 de *C. fimbriata*, procedente de una planta de café de Quinchía, Risaralda, considerado como el más patógeno (100 % de infección) dentro de 50 aislamientos del hongo obtenidos en 11 departamentos del país (Marín, 2000).

Para la obtención de suspensiones de este aislamiento se siguió el procedimiento sugerido por Castro (1993) (Figura 9). A partir de la suspensión que se tiene almacenada en agua destilada estéril a -4°C .

Figura 9. Metodología para obtener suspensiones del aislamiento 117 *C. fimbriata*. A) Tallos tiernos de café descortezados en agua destilada estéril y disposición de estos, en cámara húmeda en caja de Petri debidamente esterilizadas B) Inoculación de trozos de tallos tiernos de café, dispuestos en cámaras húmedas. C) Sellamiento con parafilm y rotulación de las cámaras húmedas para ser conservadas bajo condiciones de laboratorio por seis días. D) Crecimiento de peritecios con producción de masas de ascosporas E) Recolección de masas ascospóricas para llevarlas a una suspensión en una solución de agua destilada estéril y tritón X-100 (0.5% v/v). F) Sometimiento de la suspensión a ultrasonido (50-60 Hz) por espacio de un minuto con agitación constante. G) Conteo de ascosporas con la cámara de Neubauer. H) Ajuste de volumen a una concentración de 8.500 ascosporas/ ml. I) Inóculo para ser utilizado en las evaluaciones de efectividad biológica



2.2.7 Metodología. Los fungicidas solos y en mezcla con los coadyuvantes, fueron evaluados con diferentes intensidades de lluvia y tiempos de ocurrencia de la misma, después de su aplicación.

Las intensidades de lluvia que se utilizaron fueron seleccionadas con base en registros históricos efectuados por la Disciplina de Agroclimatología, indicando que son las más frecuentes dentro de la zona cafetera colombiana. Estas intensidades fueron: 5 y 10 mm, durante 5 minutos ².

El tiempo de ocurrencia de la lluvia se refirió al tiempo transcurrido entre la aplicación del producto y la ocurrencia de la lluvia. Por lo tanto, los tiempos evaluados fueron: 3, 6 y 9 horas después de la aplicación de los tratamientos, los cuales están descritos en el Cuadro 3.

Se hicieron tres ensayos, uno para cada tiempo de ocurrencia de la lluvia (3, 6 y 9 horas); cada ensayo se realizó en una fecha diferente. En cada uno de estos, se evaluó el efecto de los tratamientos, bajo un diseño de parcelas divididas, de tal manera que: el factor de bloqueamiento lo constituyó el día; la parcela principal la conformó la intensidad (una intensidad fue aplicada en la mañana y la otra en la tarde, según asignación aleatoria) y las subparcela fueron los productos a evaluar más el testigo, los cuales fueron asignados aleatoriamente en el sitio del simulador. Además, se tuvieron cinco repeticiones, para cada ensayo (ver Anexo E).

² ENTREVISTA CON Alvaro Jaramillo, Investigador Científico II de la Disciplina de Agroclimatología, CENICAFE, Chinchiná, 9 de Febrero de 2001.

Cuadro 3. Tratamientos evaluados para el manejo preventivo de *C. fimbriata* en Laboratorio.

TRATAMIENTOS	INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/5min)	TIEMPO DE OCURRENCIA DE LLUVIA (hr.)	DOSIS FUNGICIDA cc/ l	DOSIS COADYUVANTE cc/ l
T0 Testigo	5	3 6 9	-	
	10	3 6 9		
T1 Carbendazim (Derosal)	5	3 6 9	12	
	10	3 6 9		
T2 Thiabendazole (Mertect)	5	3 6 9	12	
	10	3 6 9		
T3 Carbendazim (Derosal) + Citrole	5	3 6 9	12	4
	10	3 6 9		
T4 Carbendazim (Derosal) + Carrier	5	3 6 9	12	2
	10	3 6 9		
T5 Carbendazim (Derosal) + Inex-A	5	3 6 9	12	2
	10	3 6 9		
T6 Thiabendazole (Mertect) + Citrole	5	3 6 9	12	4
	10	3 6 9		
T7 Thiabendazole (Mertect) + Carrier	5	3 6 9	12	2
	10	3 6 9		
T8 Thiabendazole (Mertect) + Inex-A	5	3 6 9	12	2
	10	3 6 9		

El procedimiento para cada bloque (día), en cada ensayo, fue el siguiente:

En horas de la mañana fueron cortados en la Subestación Naranjal , 180 trozos de tallos principales de café, por cada tiempo de ocurrencia de lluvia (90 por intensidad), con una longitud aproximada de 8 cm (Figura 10), estos se colocaron en bandejas plásticas, las cuales contenían toallas de papel humedecidas.

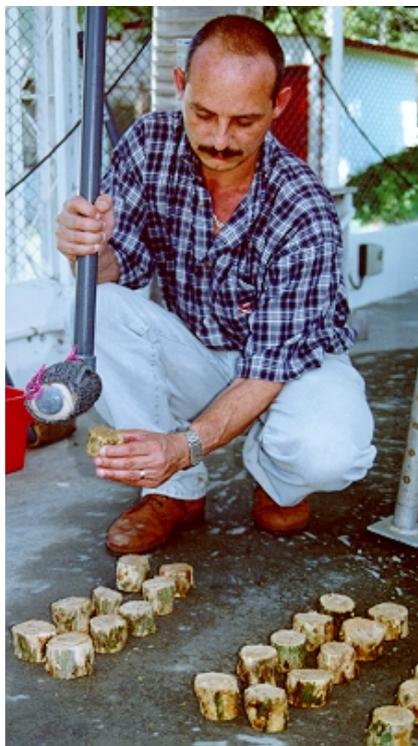
Figura 10. Zoqueo y segmentación de tallos principales de café



Inmediatamente fueron trasladados a Cenicafé, donde por cada una de las intensidades a trabajar se asignaron 90 trozos de tallo, distribuyéndose 10 trozos por cada tratamiento, quedando de esta manera, constituida la unidad experimental. El testigo consistió en segmentos de tallo sin ningún producto, sobre los cuales se hizo la simulación de lluvia en el tiempo respectivo y la inoculación del patógeno, después de aplicada la lluvia.

Para la aplicación de los tratamientos, fue necesario la acción de ocho operarios, con el fin de que dicha aplicación ocurriera simultáneamente en todas las unidades experimentales (Figura 11). Cada unidad experimental estuvo conformada por 10 tallos y estas a su vez, fueron asignadas aleatoriamente para la aplicación de los tratamientos.

Figura 11. Aplicación de los tratamientos sobre las unidades experimentales



Luego de aplicados los tratamientos, cada unidad experimental, fue colocada en una bandeja, la cual tenía unas perforaciones en su base, con el propósito de evacuar el exceso de agua durante la simulación de la lluvia. Estas bandejas fueron ubicadas en forma aleatoria en el área demarcada bajo el simulador (Figura 12), para efectuar la simulación de lluvia, de acuerdo al tiempo establecido.

Después de aplicada la lluvia, se procedió a efectuar la inoculación del patógeno, preparado a una concentración de 8.500 ascosporas/ml, depositando 200 μ l sobre el área borde del segmento de tallo (haces del floema). Posteriormente, los segmentos de tallo de cada unidad experimental y tratamiento fueron colocados en una cámara húmeda,

construida en una bandeja plástica de 35 x 25 x 10 cm, en cuya base se extendieron toallas de papel humedecidas con agua destilada estéril (Figura 13).

Figura 12. Distribución de los tratamientos en el simulador de lluvia



Luego el material fue llevado a condiciones de laboratorio (Figura 14), durante 15 días, al cabo de los cuales, por unidad experimental, se hizo la calificación del número de tallos que presentaron infección, caracterizada por la formación de micelio y/o peritecios en el área inoculada.

Figura 13. Inoculación y disposición de los segmentos de tallo en las respectivas cámaras húmedas.



Figura 14. Disposición del material inoculado en condiciones de laboratorio



Con la información del número de segmentos infectados se obtuvo la variable de respuesta, porcentaje de infección, expresado como la relación en porcentaje, entre el número de segmentos de tallo infectados con respecto al total de segmentos por unidad experimental. Para el análisis estadístico la información del porcentaje de infección fue transformada a raíz cuadrada.

El análisis estadístico fue el siguiente:

1. Estimación del promedio y coeficiente de variación por tratamiento.
2. Se realizó el análisis de varianza bajo el diseño experimental propuesto, parcelas divididas.
3. Los promedios de los tratamientos fueron comparados con la prueba de Tukey al 5%.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

En general algunos tratamientos, presentaron coeficientes de variación para el porcentaje de segmentos de tallos infectadas, mayores del 50% (Ver Anexos I, J, K), esta variación se atribuye posiblemente a que en un mismo tratamiento, se observaron unidades experimentales sin zocas infectadas (0%) y otras con 100% de infección. Otros posibles factores que pueden haber contribuido a esta variación, es la manera en que se efectuó la evaluación (presencia o ausencia), la cantidad de operarios, la superficie de la zoca (por efecto del corte), entre otros.

A pesar de que no se encontraron diferencias entre las intensidades de lluvia, a través de los tiempos evaluados, si se pudo notar el efecto de ésta en la aparición de *C. fimbriata* sobre los trozos de tallo.

Efecto de la lluvia sobre trozos de tallos de café inoculados, tres horas después de la aplicación de los productos. El análisis de varianza (Ver Anexo F) detectó diferencias altamente significativas entre las intensidades de lluvia, tratamientos evaluados e interacción intensidades de lluvia por tratamientos. En el Cuadro 4, se muestra la prueba de comparación de promedios por Tukey al 5%. El tratamiento testigo (trozos de tallo de café sin aplicación de productos, sometidos al efecto de la lluvia), presentó la mayor incidencia de la enfermedad (100%) (Figura 15), esto ratifica la afirmación de Castro y Chávez (1999), la renovación de cafetales mediante el zoqueo, es un peligro potencial de la enfermedad en el cultivo, al no proteger la herida con los fungicidas preventivos recomendados, ya que es durante esta práctica cuando ocurre la

mayor incidencia de la enfermedad, principalmente en zonas donde la presión del inóculo es alta y las condiciones ambientales son favorables para su desarrollo.

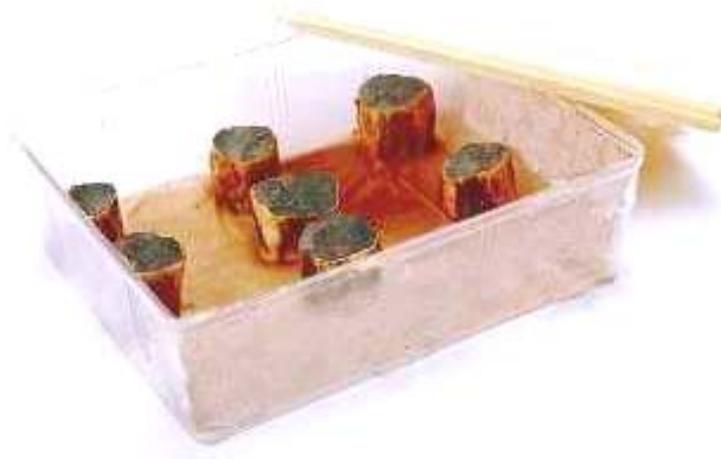


Figura 15. Testigo de referencia. Segmentos de tallo de café con crecimiento de *C. fimbriata*

Se encontraron diferencias significativas entre el testigo y los demás tratamientos, los cuales presentaron niveles de incidencia de la enfermedad por debajo de 58%. Estos resultados indican el efecto de la aplicación de los fungicidas en el control de *C. fimbriata*. Biológicamente, el tratamiento que mejor resultó al momento de proteger la herida, cuando ocurrió la lluvia tres horas después de la aplicación fue: Mertect + Inex-A, el cual presentó un control de 77%, bajo presión de inóculo artificial, el cual se aplicó en gran concentración (8.500 ascosporas / ml) y alta cantidad (200 μ l), además, las altas intensidades de lluvia simuladas y las condiciones de cámara húmeda en que permanecieron las unidades experimentales.

Al igual que el tratamiento Mertect + Inex-A, existen otros tratamientos con bajas incidencias de la enfermedad, tal es el caso de Derosal + Carrier y Mertect, con promedios de infección del 30 y 29%, comparativamente.

Es decir la protección química preventiva se muestra como una alternativa eficiente, en el evento en que se presenten menores intensidades de lluvia y menor cantidad de inóculo.

Por el contrario, los tratamientos Derosal, Derosal + Citrole, Mertect + Carrier, Derosal + Inex-A y Mertect + Citrole, fueron los que menor control proporcionaron (48%). Esto difiere con el trabajo de Gómez (2001), quien encontró que los tratamientos Derosal y Derosal + Citrole, en laboratorio presentaron un control del 98%, mientras que en condiciones de campo la protección fue de 85% (época seca). Sin embargo, un 48% de protección es bueno, teniendo en cuenta las condiciones experimentales.

Efecto de la lluvia sobre trozos de tallos de café inoculados, seis horas después de la aplicación de los productos. Según el análisis de varianza (Ver Anexo G) se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados e interacción intensidades de lluvia por tratamientos. La prueba de medias por Tukey ($P < 0.05$) (Cuadro 5), presentó al tratamiento testigo con el mayor porcentaje de zocas infectadas (100%), esto demuestra que al no aplicar un fungicida, el patógeno se establece libremente sobre la superficie de la zoca, debido a que no encuentra una barrera que impida su establecimiento. Se presentaron diferencias entre el testigo y los demás tratamientos, lo que corrobora la eficiencia de los productos aplicados en el control de *C. fimbriata*. Además, es importante mencionar que estadísticamente el tratamiento

Cuadro 4. Promedios del porcentaje de zocas infectadas por *C. fimbriata*, observados tres horas después de la aplicación de los productos para las dos intensidades de lluvia.

Tratamientos	Descripción	% infección *	% infección	% control
T0	Testigo	10 ± 0 ^b	100	0
T1	Derosal	6.024 ± 35,4 ^a	45	55
T2	Mertect	5.228 ± 18,9 ^a	30	70
T3	Derosal + Citrole	5.464 ± 41,8 ^a	41	59
T4	Derosal + Carrier	5.127 ± 18 ^a	29	71
T5	Derosal + Inex-A	7.023 ± 37,4 ^a	54	46
T6	Mertect + Citrole	6.061 ± 35,5 ^a	43	57
T7	Mertect + Carrier	7.087 ± 34,3 ^a	58	42
T8	Mertect + Inex-A	4.186 ± 29,8 ^a	23	77

* Datos transformados a raíz cuadrada. Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente. Prueba de comparación de medias por Tukey (5%)

Derosal + Carrier, el cual permitió un control del 84%, fue igual a los tratamientos Derosal + Inex-A, Mertect y Mertect + Inex-A, que permitieron un control de la enfermedad en un 59, 59 y 60% respectivamente. Con respecto a los tratamientos restantes (Mertect + Carrier, Mertect + Citrole, Derosal + Citrole y Derosal), se encontró diferencias al momento de compararlos con el tratamiento Derosal + Carrier.

De aquí que al presentarse una lluvia 6 horas después de la aplicación de los productos, el tratamiento que mejor respondió en la protección de la herida fue, Derosal + Carrier. Esto asegura que de 100 plantas cultivadas, 84 de ellas estarán protegidas del ataque del patógeno. Sin embargo, no hay que descartar el uso de los tratamientos, Mertect y

Mertect + Inex-A, quienes permitieron un control promedio del 60%, bajo presión de inóculo artificial, altas intensidades de lluvia y en condiciones de cámara húmeda; la decisión dependerá también de los costos de los productos.

Efecto de la lluvia sobre trozos de tallos de café inoculados, nueve horas después de la aplicación de los productos. Al realizar el análisis de varianza (Ver Anexo H) se halló diferencia entre los tratamientos evaluados e interacción intensidades de lluvia por tratamientos. La prueba de comparación de promedios por Tukey al 5% (Cuadro 6) realizada para tratamientos, mostró que la mayor incidencia de la enfermedad se presentó en el tratamiento testigo (100%), en comparación con los demás tratamientos, quienes presentaron promedios de infección por debajo del 60%. Lo anterior indica una vez más, el efecto de aplicar productos fungicidas al momento de proteger la herida contra el ataque de *C. fimbriata*, es bastante eficiente. Se puede afirmar que el tratamiento Derosal + Carrier, al igual que en el tiempo anterior, presentó el mejor control de la enfermedad (75%) en comparación con los tratamientos, Mertect + Carrier y Derosal + Citrole, quienes permitieron controles entre 47 y 40 %. Estos resultados contrastan nuevamente con el trabajo de Gómez (2001), quien encontró que la mezcla de Derosal y Citrole, permitió un control mayor del 90%, posiblemente las diferencias halladas entre los dos trabajos, tengan mucho que ver con las cantidades de inóculo empleadas, las cuales fueron: en el trabajo de Gómez entre 80 y 100 μ l, y en la presente investigación de 200 μ l. Además. Cabe destacar que tratamientos como Derosal, Mertect y Mertect + Inex-A, presentaron controles de 66, 62 y 59%, respectivamente, que son buenos en comparación con el testigo y pueden tenerse en cuenta para aplicaciones en época seca (ausencia de lluvia).

Cuadro 5. Promedios del porcentaje de zocas infectadas por *C. fimbriata*, observados seis horas después de la aplicación de los productos y para las dos intensidades de lluvia.

Tratamientos	Descripción	% infección *	% infección	% control
T0	Testigo	10 ± 0^c	100	0
T1	Derosal	$6.4052 \pm 27,5^a$	44	56
T2	Mertect	$6.0803 \pm 25,5^{ab}$	41	59
T3	Derosal + Citrole	$6.6616 \pm 38,2^a$	51	49
T4	Derosal + Carrier	$3.3484 \pm 22,7^b$	16	84
T5	Derosal + Inex-A	$5.8905 \pm 40,8^{ab}$	41	59
T6	Mertect + Citrole	$6.7750 \pm 18,6^a$	47	53
T7	Mertect + Carrier	$7.1432 \pm 33,8^a$	55	45
T8	Mertect + Inex-A	$6.1132 \pm 22,5^{ab}$	40	60

* Datos transformados a raíz cuadrada. Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente. Prueba de comparación de medias por Tukey (5%)

Cuadro 6. Promedios del porcentaje de zocas infectadas por *C. fimbriata*, observados para nueve horas después de la aplicación de los productos y para las dos intensidades de lluvia.

Tratamientos	Descripción	% infección *	% infección	% control
T0	Testigo	10 ± 0^b	100	0
T1	Derosal	$5.174 \pm 32,9^a$	34	66
T2	Mertect	$5.754 \pm 25,9^a$	38	62
T3	Derosal + Citrole	$7.058 \pm 39,9^a$	60	40
T4	Derosal + Carrier	$4.707 \pm 18,2^a$	25	75
T5	Derosal + Inex-A	$6.038 \pm 35,6^a$	43	57
T6	Mertect + Citrole	$6.291 \pm 36,1^a$	46	54
T7	Mertect + Carrier	$6.846 \pm 26,9^a$	53	47
T8	Mertect + Inex-A	$5.802 \pm 36,7^a$	41	59

* Datos transformados a raíz cuadrada. Tratamientos con la misma letra no difieren significativamente. Prueba de comparación de medias por Tukey (5%)

DISCUSIÓN

La aparición de *C. fimbriata* sobre los trozos de tallo, esta estrechamente relacionada con la cantidad y distribución de la lluvia. Esto se puede sustentar con los trabajos de Castro y Montoya (1997), quienes afirman que la susceptibilidad de la herida a ser atacada por el patógeno, como la persistencia de los productos aplicados, están estrechamente relacionados con las condiciones de humedad tanto del suelo como de la lluvia, presentándose el riesgo de que la protección de la zoca sea infructuosa por la pérdida del producto, ya sea por lavado o por causa de los exudados de la herida. Además, la lluvia es un agente de diseminación del hongo, ya que provoca salpique en el suelo, permitiendo movimiento de éste y material vegetal infectado, que fácilmente puede establecerse sobre la herida e iniciar su proceso infectivo.

Dado que las alteraciones climáticas suscitadas durante los últimos años por fenómenos naturales, caracterizados por extensos períodos húmedos, incrementan el riesgo de infección de los árboles, es necesario disponer de una recomendación para proteger la herida efectuada durante la práctica de zoqueo. En términos prácticos, se encontró que independientemente del tiempo en que sucedió la lluvia, los tratamientos que garantizaron un buen control al momento de proteger la zoca, bajo presión de inóculo artificial, altas intensidades de lluvia y condiciones óptimas para el desarrollo del hongo (condiciones de cámara húmeda, temperatura óptima), fueron los tratamientos Derosal + Carrier, Mertect + Inex-A y Mertect, con controles de 76,7, 65,4 y 63,7%. Estos resultados corroboran la eficiencia de los fungicidas Derosal y Mertect, en el control de Llaga macana, encontrada en trabajos realizados por Gómez (2001) y Castro y Montoya (1997), quienes hallaron controles del 94 y 85%, en época seca (sin presencia de lluvia. Por tanto, estos productos

(Carbendazim y thiabendazole tanto solos como en mezcla con coadyuvantes) deben tenerse en cuenta en programas o estrategias de manejo de la enfermedad en cualquier época.

Los resultados encontrados en este trabajo, contrastan con los encontrados por Gómez (2001), quien halló porcentajes de control por encima del 94% en condiciones similares. Este hecho probablemente se atribuye a variaciones en la metodología seguida, diferencias en la cantidad de inóculo y método de aplicación o en último caso la forma en que se efectuó la simulación de lluvia.

También es importante destacar que se encontró cierto efecto de los coadyuvantes. Observaciones similares experimentó Coto (1999), al agregar a determinados plaguicidas coadyuvantes o aditivos con los cuales aumentó la eficiencia, redujo los riesgos de fitotoxicidad, lavado del agroquímico, además aumento la estabilidad de mezclas de agroquímicos.

A pesar de que las condiciones en que fueron evaluados los productos, son extremas, se considera que los tratamientos mencionados presentan un grado considerable de persistencia sobre la zoca. Esto contrasta con los trabajos de persistencia en hojas de café, realizados por Echeverri (1976), quien prueba que lluvias con intensidades de 2.6 mm/ 5 min., reducen los niveles de las concentraciones fungistáticas en un 85 – 95%.

Teniendo en cuenta que *C. fimbriata*, es un habitante natural de todos los suelos, la enfermedad se encuentra en toda la Zona Cafetera Colombiana, siendo un problema de relevada importancia a causa de la muerte de árboles afectando severamente la

producción e incrementando los costos por las resiembras que el caficultor realiza durante el año (Castro y Chávez, 1999; Castro y Montoya, 1997). Este trabajo se presenta como una alternativa al momento de contrarrestar las pérdidas ocasionadas por la presencia del patógeno y lograr un control mayor del 60%, en condiciones de alta precipitación y con presencia del patógeno en el lote, además, es una gran ayuda al momento de evitar pérdidas en la producción. Al aplicar los tratamientos, Derosal + Carrier, Mertect + Inex-A y Mertect se garantiza que de cada 10.000 plantas de café, 6000 plantas estarían protegidas del ataque del patógeno, mientras que si no se aplica ningún producto se correría el riesgo de que en casos extremos se pierda la totalidad de plantas establecidas.

A pesar de que existe un buen control, se considera que éste debe ser mayor, con el propósito de disminuir notablemente las pérdidas en la producción. Frente a esta situación se debe tener en cuenta, que al ocurrir una lluvia (independiente de la intensidad), transcurridas nueve horas de la aplicación de los tratamientos, Derosal + Carrier, Mertect + Inex-A y Mertect, se hace necesario efectuar una nueva aplicación, esto garantizaría un aumento en la eficiencia de la aplicación y por supuesto una reducción en el número de plantas muertas por el ataque del hongo. Sumado a esto el incremento de la persistencia de los productos fungicidas sobre la superficie de las zocas, requiere abarcar, todos los posibles factores, que influyen sobre la efectividad de los productos aplicados. Entre éstos: la presencia de exudados de la herida que impiden su cicatrización y a la vez afectan la permanencia de los productos aplicados, creando gran susceptibilidad al ataque del patógeno (Castro y Montoya, 1997); las condiciones climáticas entre ellas la lluvia, considerado como el agente atmosférico que afecta los depósitos de fungicidas, actuando por disolución del ingrediente activo o por la acción mecánica ejercida por el impacto de las gotas (Echeverri, 1976) y a la vez favorece el

desarrollo del patógeno, la naturaleza de la superficie donde se efectúa la aplicación; la humedad del ambiente; el viento; la temperatura y la radiación solar.

4. CONCLUSIONES

4.1 Independientemente de la intensidad de lluvia y de los tiempos transcurridos después de la aplicación, el tratamiento Derosal + Carrier presentó la menor incidencia de *C fimbriata*; siguiendo en su orden Mertect + Inex-A y Mertect; en comparación con el testigo, los cuales son importantes para implementarlos en estrategias de manejo de la enfermedad.

4.2 De acuerdo a las condiciones de realización del trabajo se recomienda la aplicación de Derosal + Carrier, Mertect + Inex-A o Mertect en las dosis mencionadas, teniendo en cuenta que si ocurren lluvias transcurridas hasta nueve horas después de la aplicación, es prudente efectuar una nueva aplicación, para permitir y garantizar un mejor control y no arriesgar un porcentaje importante de árboles al ataque del patógeno.

4.3 Las dos intensidades de lluvia registradas normalmente en la zona cafetera, son capaces de remover parte de los depósitos de fungicidas aplicados, hasta nueve horas después de efectuada esta operación.

4.4 Continua siendo válida la premisa de realizar la práctica de zoqueo en época seca más que en tiempos lluviosos, ya que no hay un tratamiento que funcione al 100 % de protección a la enfermedad en tales condiciones.

4.5 Los coadyuvantes utilizados no funcionan al 100% cuando se busca mantener la adherencia del producto a la superficie de la zoca, susceptible al ataque del patógeno.

5. RECOMENDACIONES

5.1 Para posteriores trabajos considerar tratamientos sin someter al efecto de la lluvia, con el objetivo de tener un comparador para condiciones no extremas.

5.2 Evaluar el efecto de los fungicidas y coadyuvantes que menor incidencia de la enfermedad presentaron, en condiciones de campo.

5.3 Evaluar tiempos de ocurrencia de lluvia mayores a nueve horas, intensidades intermedias entre 5 y 10 mm/ 5 min y menores concentraciones de inóculo.

5.4 Evaluar precipitaciones de lluvia, considerando tiempos mayores a 5 minutos (5 mm/1 hr., 10 mm/1 hr., 10 mm/4 hr.).

5.5 Evaluar la eficacia del coadyuvante Carrier e Inex-A en comparación con otros coadyuvantes.

BIBLIOGRAFÍA

ACORBAT. Aceites minerales: influencia sobre la calidad de producción y el medio ambiente. Puerto Rico: s.e., 2000. 12p.

AGRO. Guía técnica de Carrier portador. s.l: s.n., 2001

AVENTIS. Manual técnico Derosal 500 S.C. s.l: s.n., 2001

BELTRAN SANTA, José. Evaluación del coadyuvante Cosmo Flux 411f, en la eficacia y reducción de dosis de seis insecticidas químicos para el control de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleóptera: Scolytidae). Palmira, 1996. 74p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía.

BERGAMIN, Filho *et al.* Manual de Fitopatología. Sao Paulo, Brasil: Agronômica Ceres, 1995. 920p.

CADENA, Gabriel. Selección de métodos de inoculación para evaluar resistencia *Ceratocystis fimbriata* en plántulas de café. En: CONGRESO ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FITOPATOLOGÍA Y CIENCIAS AFINES (4º : 1980: Medellín). Memorias del IV Congreso Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines. Medellín: ASCOLFI, 1980.

CADENA, Gabriel *et al.* Combata la llaga macana del cafeto. En: Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 123 (1985); p.1-2

CASTAÑO, Jairo. Interpretación de los síntomas y los signos de la enfermedad de la macana en café para el establecimiento de la diagnosis. En: Cenicafé Vol. 2, No. 19 (1951); p.27-32.

----- . La llaga macana o cáncer del tronco y de los tallos del cafeto. En: Boletín Técnico Cenicafé Vol.1, No. 10 (1953); p. 1-26.

CASTILLO, Jaime y CASTRO, Bertha L. Resistencia a *Ceratocystis fimbriata* Ell. Halst. Hunt, en progenies F3 del cruzamiento entre café Borbón resistente a macana por Caturra. Chinchiná: CENICAFE, 1998. (mimeografiado)

CASTRO CAICEDO, Bertha L. Nuevas recomendaciones para el control de la llaga macana del cafeto. Chinchiná: CENICAFE, 1991. p.1-4. (Avances Técnicos N°. 160).

----- . Aspectos metodológicos para preparar inóculo de *Ceratocystis fimbriata* (Ellist, Halst) Hunt. En: Fitopatología Colombiana, Vol.17, No. 1-2 (1993); p. 56-61.

----- . Las llagas del cafeto. Chinchiná: CENICAFE, 1999. p.1-8. (Avances Técnicos No. 268).

----- . Resistencia genética a Llaga macana. En: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe Anual de Actividades 2000 - 2001. Chinchiná, CENICAFE, 2001. p. 69-70.

CASTRO CAICEDO, Bertha L. y CHAVES, Bernardo. Evaluación del daño económico ocasionado por la macana del cafeto *Ceratocystis fimbriata* (Ellist, Halst) Hunt. En: CONGRESO NACIONAL DE FITOPATOLOGÍA Y CIENCIAS AFINES (20 : 1999 : Manizales). Memorias del XX Congreso Nacional de Fitopatología y Ciencias Afines. Manizales: ASCOLFI, 1999. p.65

CASTRO CAICEDO, Bertha L y MONTOYA, Esther C. Evaluación de fungicidas para el control de *Ceratocystis fimbriata* en café. En: Cenicafé Vol. 45, No. 4 (1994); p.137-153.

----- . El zoqueo de los cafetales y su relación con la infección por llaga macana. Chinchiná: CENICAFE, 1997. p.1-8. (Avances Técnicos N°. 240).

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DEL CAFÉ. COLOMBIA. Guía práctica para el manejo del simulador de lluvias tipo Purdue (Spraying System Company) de aplicación intermitente. Chinchiná: CENICAFE, 1998. (mimeografiado)

----- . Anuario meteorológico cafetero. Chinchiná: CENICAFE, 1999. 520 p.

COSMOAGRO. Inex-A: coadyuvante, surfactante, humectante, penetrante, dispersante, emulsificante y antiespumante. Manizales: 1999. 2 p. (Hoja Técnica N° 311).

COTO, B. Los coadyuvantes en las aplicaciones de agroquímicos. Raíces Agropecuarias (Ecuador). N° 35 (1999); p. 22-23

CREMLYN, Richard J. Agrochemicals: Preparation and mode of action. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, 1991. 386p.

ECHANDI, E. La llaga macana del tronco del cafeto. En Revista de Biología Tropical (Costa Rica). Vol.3, No. 2 (1955); p. 237-241

ECHEVERRI, Jorge H. Ação de fatores do ambiente sobre a efetividade biológica do Maneb aplicado em folhas de cafeeiro. Vicososa, Brasil, 1976. 42 p. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Universidad Federal de Viçosa.

EXTENSION UNIT REGIONAL ADMINISTRATION SOUTH. The Citrus Blackfly (C.B.F); a farmer's guide to identification and control. [Online]:[http://: www. Procicaribe.org](http://www.Procicaribe.org). 2001.

FARIA, Josias. Efeito de diferentes proporcoes de oleo mineral emulsionado sobre a tenacidade de tres fungicidas cúpricos em folhagem do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

Vicosa, Brasil, 1976. 42 p. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Universidad Federal de Viçosa.

FERNANDEZ BORRERO, O. Patogenicidad de *Ceratocystis fimbriata* Ell. Halst. Hunt. Y posible resistencia en café variedad Borbón. En: Cenicafé Vol.15, No. 1(1964): p 3-17.

GALLETI, Silvia R. y REZENDE, Jorge A. Doenças da figueira (*Ficus carica*). En: BERGAMIN, Filho *et al.* Manual de Fitopatología, Sao Paulo, Brasil. Vol.2, (1995). 920p.

GOMEZ DELGADO, Dina. Evaluación de dos métodos de aplicación de fungicidas, para el control preventivo de llaga macana, *Ceratocystis fimbriata*, Ellist and Halst Hunt, en zocas de café. Pasto, 2001. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agronómica.

INDUSTRIAS QUIMICAS OLEOSOL S.A. Emulsionantes, coadyuvantes, humectantes. [Online]: <<http://www.oleosol-sa.com.ar>> 2001.

KILE, Glen. Plant diseases caused by species of *Ceratocystis sensu stricto* and *Chalara*. P. 173-183. En: WINGFIELD, Michael *et al.* *Ceratocystis* and *Ophiostoma*: Taxonomy, Ecology and pathogenicity. St. Paul: APS, 1993. 293 p.

LAQUINSA. Coadyuvantes. [Online]:<<http://www.laquinsa.com>> 2000.

LYR, Horst. Modern selective fungicides: properties, applications and mechanisms of action. Essex, Inglaterra: Longman Scientific and Technical, 1987. 383 p.

----- *et al.* Modern fungicides and antifungal compounds. Andover, Inglaterra: Intercept, 1996. 578 p.

MARIN, Mauricio. Variabilidad fenotípica y molecular de aislamientos de *Ceratocystis fimbriata* Ellist & Halst. En la zona cafetera colombiana. Manizales, 2000. 201p. Trabajo de grado (Magister en Fitopatología). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Postgrados.

MATTHEWS, Graham A. Métodos para la aplicación de pesticidas. México: Compañía Continental, 1988. 365 p.

NOVARTIS DE COLOMBIA S.A. Manual técnico Mertect 500 S.C. s.l.:s.n., 2001

PARRA, Diego F. El uso de los coadyuvantes en la formulación de agroquímicos. En: CURSO INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN VEGETAL (1995: Palmira). Memorias del Curso Internacional de Protección Vegetal. Palmira: Cosmoagro, 1995. p. 89-129.

PRIETO, D. *et al* . *Ceratocystis fimbriata* como causa de la llaga macana del cafeto. Revista de Protección Vegetal Vol. 2, No. 1 (1987); p. 16-21

PRIMO YUFERA, Eduardo *et al*. Química Agrícola 2. Plaguicidas y fitoreguladores. Madrid, España: Alhambra Longman, 1990. 639 p.

RIZOBACTER ARGENTINA S.A. Coadyuvantes. [Online]: <<http://www.satlink.com>> 1998.

TRINDADE, Dinaldo *et al*. Doenças da seringueira (*Hevea brasiliensis*). En: BERGAMIN, Filho *et al*. Manual de Fitopatología, Sao Paulo, Brasil. Vol.2, (1995). 920p.

UMAÑA, A. Coadyuvantes "no son todos iguales ni cumplen el mismo fin". Bogotá, 1989. p.20.

WINGFIELD, Michael; SEIFERT, Keitha y WEBBER, Joan. Introduction: *Ceratocystis* and *Ophiostoma*. En: WINGFIELD, Michael; SEIFERT, Keitha y WEBBER, Joan. *Ceratocystis* and *Ophiostoma*: Taxonomy, Ecology and pathogenicity. St. Paul: APS, 1993. 293 p.

ANEXOS

Anexo A. Materiales para construcción del Aplicador de Contacto

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	CANTIDAD
Tubo de PVC de	1.00 m * 1"	1
Manguera plástica transparente	1.00m * 1/8 "	1
Tubo de PVC de	15 cm * 1"	1
Tapón roscado de PVC	1"	1
Tapón liso de PVC	1"	1
Adaptador macho para tapón roscado	1"	1
Codo de PVC	1"	1
Paño absorbente	26*11.5 cm	1
Tapete argollado de tráfico pesado	28.5*15 cm	1
Espuma	Diámetro 11 *14 cm	1

Anexo B. Ficha Técnica Inex-A

Propiedades	Coadyuvante, surfactante, humectante, penetrante, dispersante, emulsificante y antiespumante
Biodegradabilidad	Mayor del 98%
Clasificación Toxicológica	IV, Ligeramente Tóxico

Especificaciones:

CLASIFICACION	SURFACTANTE
Descripción química	Mezcla de alcoholes etoxilados de poliglicol y aril polietoxietanol. De carácter no iónico
Ingredientes activos	Alquil polieter alcohol Alquil poliglicol Aril polietietanol
Ingrediente aditivo	Agua

Características Generales:

PARAMETRO	METODO	ESPECIFICACION
Apariencia a 25°C	visual	Líquido azul claro
Punto de llama (flash point)		No aplica
Gravedad especifica a 20°C	picnometría	1.01 a 1.08 g/ml
Tensión superficial a 20 ° C	Tensiometría Cenco-du Nouy	25-27 dinas/cm
pH solución acuosa al 10%	potenciometría	6.8-7.8

Solubilidad:

Aceites minerales	dispersable
Aceites vegetales	dispersable
Solventes orgánicos (usados en la formulación de agroquímicos)	dispersable
Agua	soluble

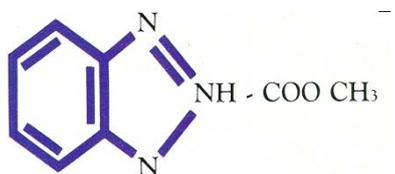
Características de las mezclas generadas con Inex-A:

Homogeneidad	Excelente
Persistencia	Normal
Compatibilidad Con Ingredientes Activos	Compatible
Velocidad De Mezcla	Rápida
Adherencia	Excelente

Fuente: Cosmoagro, 1999

Anexo C. Ficha Técnica Derosal 500 S.C

Nombre: Carbendazim (MBC)
formula Molecular: C₉H₉N₃O₂
Peso molecular: 191.19
Estado físico: sólido
Fórmula estructural:



Categoría Toxicológica: categoría III, moderadamente tóxico.

VALOR	MEDIO	TEMP°C	pH
Punto de ebullición			
Punto fusión 302-307			
Hidrólisis (por día) ESTABLE	Agua	25	5,7,9
Fotólisis (por día) ESTABLE	Agua	25	5,7,9
Solubilidad (ppm) 28 (pH4) 8 (pH7) 7 (pH8)		20	
Solubilidad orgánica (ppm)			
5000	Dimethylformamida	24	
300	Acetona	24	
300	Etanol	24	
100	Cloroformo	24	
135	Acetato del etilo	24	
68	Dicloroetano	24	
36	Benceno	24	

Fuente: Aventis, 2001

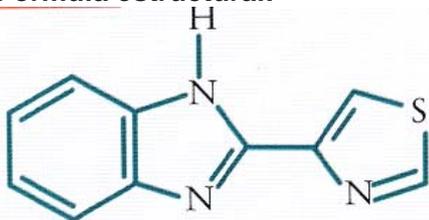
Anexo D. Ficha Técnica Mertect 500 S.C

Categoría Toxicológica: IV. Ligeramente tóxico.

Propiedades Físico-Químicas:

Ingrediente activo	Thiabendazol (500 gramos por litro de formulación a 20°)
Ingredientes aditivos	57.2% p/p
Nombre químico (IUPAC)	2-(4-tiazolil)- bencimidazol
Formulación	Suspensión concentrada (SC)

Fórmula estructural:



Formula empírica	C10H7N3S
Peso molecular	201.2
Descripción	Polvo blanco inodoro
Estabilidad	Estable a altas y bajas temperatura en agua y en soluciones ácidas y básicas
Volatilidad	No volátil a temperatura ambiente. Se sublima con temperatura superior a 310 ° C.
Solubilidad	Esencialmente insoluble en agua. La solubilidad en agua depende del pH Temperatura 25°C PH 5-12 (solubilidad menor a 0.05 mg/l) PH 2 (solubilidad 10 g/l)
Punto de fusión	304-305 °C

Fuente: Novartis, 2001

Anexo F. Análisis de varianza de los porcentajes de incidencia de *Ceratocystis fimbriata* en zocas de café variedad Colombia. Tres horas después de la aplicación.

FUENTES DE VARIACION	G.L	S.C	CM	Fc.	Ft	
BLOQUES	4	391,84				
INTENSIDADES DE LLUVIA	1	457,87	457,87	28,98**	7,71	21,2
ERROR (a)	4	63,17	15,79			
TRATAMIENTOS	8	422,4	52,8	7,02**	2,25	3,15
INTERACCION AB	8	467,3	58,41	7,77**	2,25	3,15
ERROR (b)	32	240,57	7,51			
TOTAL	89	1162,9				
C.V= 71.8						

ns: no significativo

** : diferencias altamente significativas

* : diferencias significativas

Anexo G. Análisis de varianza de los porcentajes de incidencia de *Ceratocystis fimbriata* en zocas de café variedad Colombia. Seis horas después de la aplicación.

FUENTES DE VARIACION	G.L	S.C	CM	Fc.	Ft	
BLOQUES	4	179				
INTENSIDADES DE LLUVIA	1	0.9	0.9	0.4297ns	7,71	21,2
ERROR (a)	4	8.377	2.094			
TRATAMIENTOS	8	396.4	49.55	4.10116**	2,25	3,15
INTERACCION AB	8	428.5	53.56	4.4333**	2,25	3,15
ERROR (b)	32	386.62	12.082			
TOTAL	89	1002.5				
C.V= 66.4						

ns: no significativo

** : diferencias altamente significativas

* : diferencias significativas

Anexo H. Análisis de varianza de los porcentajes de incidencia de *Ceratocystis fimbriata* en zocas de café variedad Colombia. Nueve horas después de la aplicación.

FUENTES DE VARIACION	G.L	S.C	CM	Fc.	Ft	
BLOQUES	4	152,44				
INTENSIDADES DE LLUVIA	1	12,84	12,84	1,203ns	7,71	21,2
ERROR (a)	4	42,71	10,68			
TRATAMIENTOS	8	376,89	47,11	3,12*	2,25	3,15
INTERACCION AB	8	460,1	57,51	3,805**	2,25	3,15
ERROR (b)	32	483,64	15,11			
TOTAL	89	1138,89				
C.V= 67,3						

ns: no significativo

** : diferencias altamente significativas

* : diferencias significativas

Anexo I. Coeficientes de variación del porcentaje de zocas infectadas por *C. fimbriata*, observados tres horas después de la aplicación de los productos

Intensidad Tratamientos	5 mm/5min			10 mm/5min			Promedio Intensidades		
	σ	χ	C.V (%)	σ	χ	C.V (%)	σ	χ	C.V (%)
T0	0	100	0	0	100	0	0	100	0
T1	31,14	38	81,96	39,62	52	76,2	35,4	45	78,63
T2	25,49	30	84,98	12,24	30	40,8	18,9	30	62,89
T3	32,86	36	91,29	50,79	46	110,4	41,8	41	102
T4	8,944	34	26,31	27,02	24	112,6	18	29	62,01
T5	34,35	54	63,61	40,37	54	74,76	37,4	54	69,19
T6	38,34	48	79,88	32,71	38	86,08	35,5	43	82,62
T7	27,92	76	36,75	40,62	40	101,6	34,3	58	59,09
T8	26,07	24	108,7	33,47	22	152,1	29,8	23	129,4
C.V (%)	71,8								

σ : Desviación estándar

χ : Promedio

C.V: Coeficiente de variación

Anexo J. Coeficientes de variación del porcentaje de zocas infectadas por *C. fimbriata*, observados seis horas después de la aplicación de los productos

Intensidad Tratamientos	5 mm/5min			10 mm/5min			Promedio Intensidades		
	σ	χ	C.V (%)	σ	χ	C.V (%)	σ	χ	C.V (%)
T0	0	100	0	0	100	0	0	100	0
T1	29,496	38	77,62	25,5	50	50,99	27,5	44	62,49
T2	25,884	38	68,12	25,1	44	57,05	25,5	41	62,18
T3	38,341	52	73,73	38,08	50	76,16	38,2	51	74,92
T4	26,077	14	186,3	19,24	18	106,9	22,7	16	141,6
T5	45,056	46	97,95	36,47	36	101,3	40,8	41	99,42
T6	25,884	58	44,63	11,4	36	31,67	18,6	47	39,67
T7	36,742	50	73,48	30,82	60	51,37	33,8	55	61,42
T8	29,155	30	97,18	15,81	50	31,62	22,5	40	56,21
C.V (%)	66,4								

σ : Desviación estándar

χ : Promedio

C.V: Coeficiente de variación

Anexo K. Coeficientes de variación del porcentaje de zocas infectadas por *C. fimbriata*, observados nueve horas después de la aplicación de los productos

Intensidad Tratamientos	5 mm/5min			10 mm/5min			Promedio Intensidades		
	σ	χ	C.V (%)	σ	χ	C.V (%)	σ	χ	C.V (%)
T0	0	100	0	0	100	0	0	100	0
T1	33,912	30	113	31,94	38	84,04	32,9	34	96,84
T2	20,736	24	86,4	31,15	52	59,89	25,9	38	68,26
T3	48,683	52	93,62	31,15	68	45,8	39,9	60	66,52
T4	23,022	34	67,71	13,42	16	83,85	18,2	25	72,88
T5	40,62	40	101,6	30,5	46	66,3	35,6	43	82,69
T6	38,079	50	76,16	34,21	42	81,44	36,1	46	78,57
T7	26,833	32	83,85	27,02	74	36,51	26,9	53	50,8
T8	35,071	44	79,71	38,34	38	100,9	36,7	41	89,53
C.V (%)	67,3								

σ : Desviación estándar

χ : Promedio

C.V: Coeficiente de variación