

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EFFECTO DE FUNGICIDAS QUÍMICOS SISTÉMICOS Y DE CONTACTO EN EL
CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) EN LA ZONA DE
LINDEROS, SAN NICOLÁS, SANTA BÁRBARA.**

POR:

ALEX ARNALDO REYES TREJO

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2013

**EFFECTO DE FUNGICIDAS QUÍMICOS SISTÉMICOS Y DE CONTACTO EN EL
CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) EN LA ZONA DE
LINDEROS, SAN NICOLÁS, SANTA BÁRBARA**

POR:

ALEX ARNALDO REYES TREJO

Mario Edgardo Talavera, M.Sc

Asesor Principal

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS,

OLANCHO

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO, por darme la oportunidad de vivir, brindándome su amor, guiándome siempre por el camino del bien y por brindarme la sabiduría necesaria para culminar con éxito mi anhelado sueño que hoy satisfactoriamente estoy culminando.

A MIS PADRES, Elsy Trejo y Arnaldo Reyes por haberme brindado todo su amor, comprensión, dedicación y por qué siempre estuvieron pendientes de mí apoyándome cuando más los necesitaba. **Los quiero y los amo de todo corazón.**

A TODA MI FAMILIA Y HERMANOS

A MIS COMPAÑEROS a todos por igual, porque cada uno de ellos formó parte de mi vivir, ocupando un lugar muy especial en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODO PODEROSO, por haberme brindado sabiduría y paciencia en cada momento de mi vida y así realizar de manera satisfactorias las actividades que surgieron en el transcurso de este largo camino.

A MIS PADRES Y A MIS HERMANOS, por estar siempre conmigo en las distintas etapas de mi vida y cuando más los necesitaba.

AL M.Sc. MARIO EDGARDO TALAVERA, por haberme guiado, asesorado y transmitido su conocimiento en la realización de esta investigación.

AL M. Sc. OSCAR FERREIRA, M. Sc. HECTOR FERNANDEZ Y M. Sc. RAMON CANACA, por su colaboración al llevar a cabo este trabajo de investigación y no negarse a brindarme su ayuda cuando la necesite.

A LA ESCUELA AGRICOLA POMPILIO ORTEGA, por ser un pilar fundamental en mi formación profesional e inculcar la vocación agropecuaria en mí persona.

AL INGENIERO ARNOLD PINEDA, por haberme trasmitido parte de su experiencia y conocimientos durante el desarrollo de la investigación y más que todo por brindarme su amistad.

AL PERSONAL DE CAMPO Y ADMINISTRATIVO DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN “JOSE VIRGILIO ENAMORADO” Por haberme ayudado y orientado muchas veces en la realización del trabajo de campo y al mismo tiempo brindarme su amistad.

A LA M.Sc. WENDY CASTELLANOS, por haberme ayudado en la transformación de los datos obtenidos en esta investigación.

A MI ALMA MATER, por haberme formado y por permitirme ser lo que hoy soy.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General	2
2.2 Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 Generalidades del cultivo de café	3
3.2 Importancia del cultivo de café en Honduras	4
3.3 Condiciones edafoclimaticos para el cultivo de café	5
3.4 Manejo agronómico del cultivo de café	5
3.5 Roya del café	7
3.5.1 Generalidades de la roya del café	7
3.5.2 Sintomatología	8
3.5.3 Biología de <i>Hemileia vastatrix</i>	9
3.5.4 Epidemiología de la roya	11
3.5.5 Metodología de kushalappa para evaluar el daño de roya	15
3.6 Métodos de control de <i>Hemileia vastatrix</i>	22
3.6.1 Medidas preventivas	23
3.6.2 Control cultural y agronómico	23

3.6.3 Control genético	25
3.6.4 Control biológico.....	26
3.6.5 Control químico.....	28
3.6.6 Características de los fungicidas que se utilizaron en el estudio.....	33
IV. MATERIALES Y MÉTODO	38
4.1 Descripción del sitio de práctica.....	38
4.2 Materiales y equipo	38
4.3 Manejo del experimento	38
4.3.1 Tamaño de la parcela.....	39
4.3.2 Marcación de las plantas	39
4.3.3 Manejo de la parcela seleccionada	39
4.3.4 Número de aplicaciones de los tratamientos	40
4.3.5 Forma de aplicación de los productos	40
4.3.6 Dosis.....	40
4.3.7 Muestreos	40
4.4 Descripción de tratamientos	41
4.5 Diseño experimental.....	42
4.6 Modelo estadístico.....	42
4.7 Factor bajo estudio	42
4.8 Variables de respuesta	42
4.9 Análisis Estadístico	45
4.10 Análisis económico	45
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
VI. CONCLUSIONES.....	69
VII. RECOMENDACIONES.....	70
VIII. BIBLIOGRAFIA	71
ANEXOS	80

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el control de roya del café.....	41
Cuadro 2. Fungicidas sistémicos y de contacto que se evaluaron en el control de roya.....	41
Cuadro 3. Costo de aplicación de los productos evaluados.	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Incidencia de roya en los diferentes tratamientos evaluados.....	49
Tabla 2. Severidad de roya del café según tratamiento.	55
Tabla 3. Defoliación de las plantas de café de acuerdo a los diferentes tratamientos evaluados.	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva epidemiológica de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el CIC-JVE 2012-2013.	13
Figura 2. Bandola de café con 10 hojas presentes y dos hojas enfermas con roya.	17
Figura 3. Bandola de café con presencia y ausencia de hojas por cada nudo productivo. 44	
Figura 4. Escala de Kushalappa y Chaves usada para evaluar el porcentaje de área foliar con roya.	45
Figura 5. Comportamiento de la roya del café, en relación a las condiciones climáticas de la zona de Linderos, San Nicolás, Santa Barbará.	47
Figura 6. Incidencia de roya observada en el campo durante el tiempo de estudio.	48
Figura 7. Incidencia acumulada de roya en el muestreo realizado a los 120 días en cada tratamiento.	52
Figura 8. Comportamiento de la severidad de roya en el periodo bajo estudio.	54
Figura 9. Severidad acumulada de roya en el muestreo realizado a los 120 días en cada tratamiento.	57
Figura 10. Comportamiento de la defoliación provocada por <i>Hemileia vastatrix</i> en los diferentes muestreos realizados.	61
Figura 11. Defoliación acumulada a los 120 días en los diferentes tratamientos evaluados.	62
Figura 12. Incidencia, severidad y defoliación acumulada a los 120 días provocada por <i>Hemileia vastatrix</i> , en los tratamientos evaluados.	65

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Escala de Kushalappa para cuantificar el porcentaje de área foliar con roya.....	81
Anexo 2. Croquis de campo y aleatorización de los tratamientos.....	81
Anexo 3. Formato para tomar datos a nivel de campo de las variables de respuesta evaluadas.....	82
Anexo 4. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 15 días después de la primera aplicación	83
Anexo 5. ANAVA para la variable de incidencia de roya a los 30 días después de la primera aplicación.....	83
Anexo 6. ANAVA para la variable de incidencia de roya a los 45 días después de la segunda aplicación.....	84
Anexo 7. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 60 días después de la segunda aplicación.....	84
Anexo 8. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 75 días después de la tercera aplicación.....	85
Anexo 9. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 90 días después de la tercera aplicación.....	85
Anexo 10. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 120 días después de la tercera aplicación.....	86
Anexo 11. ANAVA para la variable severidad de roya a los 15 días después de la primera aplicación.....	86
Anexo 12. ANAVA para la variable severidad de roya a los 30 días después de la primera aplicación.....	87
Anexo 13. ANAVA para la variable severidad de roya a los 45 días después de la segunda aplicación.....	87
Anexo 14. ANAVA para la variable severidad de roya a los 60 días después de la segunda aplicación.....	88

Anexo 15. ANAVA para la variable severidad de roya a los 75 días después de la tercera aplicación.....	88
Anexo 16. ANAVA para la variable severidad de roya a los 90 días después de la tercera aplicación.....	89
Anexo 17. ANAVA para la variable severidad de roya a los 120 días después de la tercera aplicación.....	89
Anexo 18. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 30 días después de la primera aplicación.....	90
Anexo 19. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 45 días después de la primera aplicación.....	90
Anexo 20. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 60 días después de la primera aplicación.....	91
Anexo 21. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 75 días después de la primera aplicación.....	91
Anexo 22. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 90 días después de la primera aplicación.....	92
Anexo 23. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 120 días después de la primera aplicación.	92
Anexo 24. Incidencia de roya observada en el campo durante el tiempo de estudio.	93
Anexo 25. Comportamiento de la severidad de roya en el periodo bajo estudio.	93
Anexo 26. Comportamiento de la severidad de roya en el testigo absoluto en el periodo bajo estudio.....	94
Anexo 27. Comportamiento de la defoliación provocada por <i>Hemileia vastatrix</i> en los diferentes muestreos realizados.....	94

Reyes Trejo, A. A. 2013. Efecto de fungicidas químicos sistémicos y de contacto en el control de roya del café (*Hemileia vastatrix Berk & Br*) en la zona de Linderos, San Nicolás, Santa Bárbara. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas Olancho, Honduras C.A. 94 Pág.

RESUMEN

La investigación se realizó en el Centro de Investigación y Capacitación “José Virgilio Enamorado” (CIC-JVE), perteneciente al instituto Hondureño del café (IHCAFE), en la aldea de Linderos, San Nicolás, Santa Bárbara, con el objetivo de estimar la eficiencia de la aplicación de diferentes combinaciones de fungicidas sistémicos y de contacto sobre el hongo (*Hemileia vastatrix*), agente causal de la roya del café, usando los fungicidas: Alto 10 SL (Cyproconazol), Rímac 25 EC (Propiconazol), Orius 25 EW (Tebuconazol), Amistar Xtra 28 SC (Azoxystrobin + Cyproconazol) y Oxicloruro de Cobre 50% WP (Cobre metálico). Se utilizó un diseño de (DBCA), con 12 tratamientos y tres repeticiones, para ello se seleccionó un lote de café de la variedad Catuai en plena etapa productiva y bajo sombra regulada. Durante el tiempo de estudio se efectuaron tres aplicaciones a intervalos de 30 días, haciendo uso de fungicidas sistémicos en la primera y tercera aplicación, y como aplicación intermedia un fungicida de contacto. Para determinar la eficiencia de los fungicidas evaluados se midieron las variables de incidencia, severidad y defoliación. Los resultados encontrados demuestran que la alternancia de Amistar-Cobre-Amistar y Amistar-Cobre-Orius, presentaron los porcentajes de incidencia más bajos con 21.38% y 35.39% respectivamente, en cambio el testigo absoluto obtuvo un porcentaje de incidencia acumulada de roya de 100%. En cuanto a la variable severidad de la roya del café se encontraron diferencias estadísticamente significativas en donde las combinaciones de Amistar-Cobre-Amistar, Amistar-Cobre-Orius y Orius-Cobre-Alto mostraron una mejor respuesta en cuanto al daño del hongo con porcentajes de severidad de 0.57%, 1.36% y 1.71% respectivamente, en comparación al testigo absoluto que presentó el mayor daño por parte del hongo con un 21.58%. Para la variable defoliación se tomaron en cuenta las hojas caídas tanto sanas como enfermas, encontrándose diferencias estadísticas significativas, en donde las alternancias de Amistar-Cobre-Amistar, Amistar-Cobre-Rímac y Alto-Cobre-Alto fueron las que ejercieron un mejor control sobre la retención de la hoja afectada por la roya con porcentajes de defoliación de 12.59%, 13.97% y 15.70% respectivamente. El testigo absoluto mostró la mayor caída de hojas con un porcentaje de defoliación de 75.54%. Por otra parte, de acuerdo a la influencia de las condiciones climáticas como temperatura y precipitación sobre el desarrollo del hongo, se pudo observar que tanto los niveles de incidencia como severidad de la roya son bajos en los meses de abril y mayo, ya que las condiciones climáticas durante estos meses no son las óptimas para los procesos de dispersión y germinación del hongo dentro de la finca. En cambio en los meses de junio, julio y agosto, los niveles de incidencia y severidad de la roya aumentan considerablemente, lo cual coincide con el aumento de las lluvias.

Palabras claves: Café, Roya, Defoliación, Fungicidas, Catuai, Hongo, Incidencia, Severidad.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café tiene su origen en Etiopía. Para Honduras, es uno de los rubros de mayor importancia en el sector agrícola, generando millones de dólares en divisas distribuidos en la zona rural, con más de un millón de empleos ofrecidos por más de 112,000 familias cafetaleras, donde el 94 % son pequeños productores de café.

Desde el punto de vista económico quizás la enfermedad causada por roya (*Hemileia vastatrix*) en nuestro país, como en el resto del mundo es una de las enfermedades más peligrosas del cultivo del café. Actualmente este hongo está provocando estragos, transformándose en la peor enfermedad que haya existido en la región según los expertos en investigación. Según el IHCAFE la superficie de producción es de 280,000 hectáreas, y las pérdidas ocasionadas por roya en Honduras en la cosecha anterior fueron alrededor del 25%. Lo que provocó la pérdida de más de 300,000 empleos, la reducción de 1.5 millones de quintales en la cosecha 2012-2013, con lo cual Honduras dejó de percibir unos 300 millones de dólares en divisas (IHCAFE 2013).

Esta enfermedad ha estado presente en Honduras desde 1980, pero anteriormente no causaba muchos problemas ya que el productor convivía con ella. Sin embargo, actualmente su brote tan repentino y la agresividad con la que se manifestó durante la cosecha 2012-2013 ameritan ponerle una mayor atención. Una de las medidas para frenar al hongo es el manejo integrado, que incluye el manejo agronómico del cultivo, así como también la aplicación de fungicidas y es por ello que en este trabajo que se realizó en el Centro de Investigación y Capacitación “José Virgilio Enamorado” (CIC-JVE) perteneciente al IHCAFE, se evaluaron programas de manejo alternando la aplicación de diferentes moléculas químicas en el cafetal. Para poder determinar cuáles resultan más eficientes en el control de la roya y así ofrecerle una alternativa de manejo a los productores.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- ✓ Evaluar el efecto de fungicidas químicos sistémicos y de contacto sobre el hongo *Hemileia vastatrix*, agente causal de la roya del café.

2.2 Específicos

- ✓ Determinar si la aplicación de fungicidas químicos como Alto 10 SL (Cyproconazol), Rímac 25 EC (Propiconazol), Orius 25 EW (Tebuconazol), Amistar Xtra 28 SC (Azoxystrobin + Cyproconazol) y Oxiclóruo de Cobre 50% WP (Cobre metálico) reducen la incidencia de la enfermedad.
- ✓ Estimar la eficiencia de la aplicación de diferentes combinaciones de fungicidas sistémicos y de contacto en la reducción de la severidad de la roya.
- ✓ Determinar la influencia de las condiciones climáticas como precipitación, temperatura y el porcentaje de sombra sobre el desarrollo del hongo *Hemileia vastatrix*.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades del cultivo de café

El cultivo de café es un sistema productivo que ha sido objeto de muchas investigaciones y esta tendencia continúa, mediante la búsqueda de mejores alternativas para una producción sostenible a largo plazo. El cultivo de café bajo sombra es una práctica común en Centro América, Colombia y México (Carvajal 1985).

En Honduras la producción de café en su gran mayoría es una actividad de pequeños agricultores, esta característica le confiere una importante función social a este cultivo dentro de la estructura productiva del sector agropecuario en su conjunto, al distribuir los ingresos entre miles de pequeños productores y trabajadores agrícolas en todo el país. Para muchas familias rurales, el cultivo del café representa la mejor alternativa económica y la diferencia entre vivir en condiciones de extrema pobreza o vivir con un modesto nivel de vida (PNUD 1998).

Al parecer los primeros granos de café vinieron a Honduras traídos de Costa Rica por comerciantes ambulantes de nacionalidad Palestina y fueron sembrados en Manto, Olancho, que en otro tiempo fue cabecera departamental y que se trataba de la variedad arábica. Se dice también que para 1804, el cultivo era ya conocido por los antiguos habitantes de Comayagua. Así mismo, está documentado que más tarde, en el año de 1960 un señor Luna, importó a Honduras semilla de café proveniente de Guatemala, a fin de sembrarla en el departamento de Santa Barbará, información aportada por el Dr. Jesús Aguilar Paz (Santacreo 2001).

Los factores que determinan la producción de café son los que afectan el área foliar disponible para interceptar la luz, la absorción del CO₂ y la distribución de la materia seca

en los frutos y otras partes de la planta (Sosa 2001). Cannell, citado por López (2010), considera que una manera de aumentar la productividad del cafeto es incrementando el área de follaje iluminada adecuadamente por unidad de área cultivada; esto mejora la relación entre el área foliar y carga fructífera de la planta.

3.2 Importancia del cultivo de café en Honduras

El café se encuentra dentro de los principales productos agrícolas de exportación, ocupa el segundo lugar como producto de mayor comercialización en el mundo después del petróleo, este cultivo es considerado como “conservacionista” debido a que se cultiva bajo sombra y a gran escala en suelos de topografía muy accidentada (Barrera *et al.* 1990).

La caficultura hondureña se desarrolla en 15 de los 18 departamentos del país (IHCAFE 2013), involucrando una gran cantidad de productores. Las principales áreas de producción se encuentran en los departamentos de El Paraíso, Santa Bárbara, Olancho, Copán, Comayagua, La Paz y Lempira. Continúan en importancia, los departamentos de Cortés, Ocotepeque, Yoro, Francisco Morazán e Intibucá. Por último están Choluteca y Atlántida. La mayoría de las fincas de café están localizadas en zonas montañosas, con plantaciones en terrenos de ladera generalmente, donde se ha dejado parte de la cubierta arbórea natural para sombra del café o se ha eliminado para sembrar café y árboles especiales de sombra. Las tierras cafetaleras se encuentran en zonas de captación de cuencas hidrográficas y están localizadas a latitudes comprendidas entre los 400 a 1,500 msnm. El 70% de las plantaciones se sitúan entre los 700 y 1,300 msnm, un 26% está arriba de los 1,300 msnm y el restante 4% se localiza en altitudes inferiores a 700 msnm (CLCD 2000).

La expansión de este cultivo en el territorio nacional se debe a las condiciones climáticas y edáficas ideales que se prestan para el crecimiento y desarrollo óptimo de esta planta. La superficie de producción es de unas 280,000 hectáreas, en donde más de 112,000 familias se benefician directamente de la explotación de este cultivo generando aproximadamente un millón de empleos directos e indirectos, en los diferentes eslabones de la cadena. El café

representa el 5% del PIB nacional y el 38.7% del PIB agrícola, es el principal rubro de exportación generando en la cosecha 2011-2012 \$1,440,000,000 millones de dólares en divisas para el país con más de 7.4 millones de quintales exportados (IHCAFE 2013).

3.3 Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de café

Los elementos climáticos que actúan directamente, por lo menos en una fase del ciclo del cafeto y que condicionan su producción biológica comercial son los siguientes: temperatura, precipitación pluvial, radiación solar, humedad relativa, viento, altitud y latitud. La temperatura media promedio anual óptima oscila entre los 20 y 25 °C con extremos de 15 a 30 °C, precipitaciones entre los 1200 y los 2000 mm anuales son las mejores (Pineda 2001).

En general, el cafeto requiere una humedad relativa media entre 60 y 70%. Los vientos son un factor que afecta directamente a la planta de café, vientos con velocidad excesiva provocan la caída de hojas y frutos, daños físicos a hojas, ramas y como consecuencia entrada de enfermedades fungosas. La altura es otro factor a tomar en cuenta al establecer una finca, las fincas de café deberán establecerse entre los 600 y 1500 msnm, a alturas por debajo de los 600 msnm se incurre en mayores costos de producción en la incidencia de plagas y enfermedades, así como una baja calidad de taza (Pineda 2001).

3.4 Manejo agronómico del cultivo de café

El manejo agronómico consiste en las diferentes actividades que se realizan en la finca con el fin de mantener un desarrollo óptimo de las plantaciones de café procurando mantener la producción y la calidad final del fruto, dentro de las actividades están las siguientes: manejo de sombra, fertilización, recolección de fruto, podas (Sosa y Ordoñez 2001).

a. Manejo de sombra

Los árboles de sombra influyen modificando el ambiente dentro del cafetal, aumentando su humedad, también producen residuos orgánicos que mejoran la fertilidad del suelo (Oirsa 2000). En el manejo de la sombra se realizan tres tipos de poda: la poda de formación, la poda general de árboles de sombra y la poda de mantenimiento y regulación. La poda de formación se realiza cuando los árboles aún están jóvenes y esto se hace con el objeto de que las ramas de los árboles de sombra no estorben a las plantas de café, ni la libre circulación dentro del cafetal. La poda de mantenimiento y regulación se hace para proyectar suficiente luz al cafetal, esto para incrementar la tasa fotosintética de las plantas y así obtener un mayor rendimiento y calidad de grano, así como también para el control de algunas enfermedades como ojo de gallo (*Mycena citricolor*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), entre otras (Balaña 2003).

b. Fertilización

Todo programa de fertilización para café debe de realizarse partiendo de un muestreo o análisis de suelos y si es posible de un análisis foliar para conocer el nivel de fertilidad del suelo y el estado nutricional de las plantas de acuerdo a su edad (Balaña 2003). La cantidad de fertilizante a usar, va a depender de los siguientes aspectos: edad de la plantación, cantidad de tejido productivo, manejo de sombra (a menos sombra más fertilizante) y de la densidad de siembra. La época de aplicación debe coincidir con las lluvias y la curva de crecimiento del cafeto, lo recomendable es realizar tres fertilizaciones en las épocas siguientes: mayo o junio, agosto o septiembre, octubre o noviembre (IHCAFE 1997).

c. Podas

La poda de los cafetales es una actividad fundamental de manejo que debe efectuarse periódicamente, con el objetivo de renovar el tejido productivo necesario para mantener

niveles de producción económicamente rentables durante la vida útil del cafetal. De hecho, la poda reduce el efecto de la bianualidad de la producción, estabilizándola principalmente cuando se realizan oportuna y adecuadamente las demás labores de manejo de las plantaciones, como el control de malezas, la regulación de sombra, el control fitosanitario (plagas y enfermedades) y la fertilización (IHCAFE 1995).

3.5 Roya del café

La roya del cafeto es causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, el cual causa lesiones en las hojas, provocando una defoliación severa a los cafetos; desde su ingreso a Centroamérica en 1976, nunca impactó en forma tan significativa como en el año anterior. Este hongo es un parásito obligado, únicamente puede vivir en el tejido vivo de la planta alimentándose de los nutrientes de la misma para su reproducción. Cada mancha o lesión puede contener aproximadamente 150 mil esporas, considerándose por ello excelente fuente de inóculo. Condiciones excelentes de humedad, temperatura, precipitación y susceptibilidad de la planta, son factores importantes para el desarrollo de una epidemia (Macías 2001).

3.5.1 Generalidades de la roya del café

La roya anaranjada fue reportada formalmente por primera vez en 1869 en una plantación de la isla asiática de Ceilán (hoy Sri Lanka). Sin embargo, el hongo posiblemente se originó en África Central, donde el *Coffea arabica* se diversificó. A Brasil la roya llegó en 1971, llevada por los vientos alisios de África del Oeste. En 1976 llega a Centroamérica específicamente a Nicaragua, luego se detectó en diciembre de 1979 en la zona oriental de el Salvador y a finales de septiembre de 1980 se había diseminado a las regiones central y occidental de el Salvador. En Honduras fue descubierta en diciembre de 1980 en la Paz, departamento cercano a la frontera con el Salvador y en 1981 se detectaron fuertes ataques de roya en los departamentos de Cortes, Santa Barbará y Lempira (IHCAFE 1995).

Según Large (1940) en su libro “The Advance of the Fungi” situó a la roya del cafeto entre las enfermedades más importantes de plantas cultivadas en los últimos años y sin duda, es la enfermedad más seria del cafeto a nivel mundial. Las mayores afectaciones se presentan en cafetales muy sombreados y con exceso de humedad o en cafetales desnutridos expuestos a pleno sol. El principal daño que causa la enfermedad es el efecto defoliador porque ataca preferentemente a las hojas, ello provoca el “paloteo” y hasta la muerte de los cafetos. El hongo de la roya sólo puede infectar las hojas, al disminuir el área de fotosíntesis, se reduce el crecimiento de las ramas y baja el potencial productivo de la planta en el ciclo siguiente (Becker et al. 1991).

La roya anaranjada fue reportada formalmente por primera vez en 1869 en una plantación de la isla asiática de Ceilán (hoy Sri Lanka). Sin embargo, el hongo posiblemente se originó en África Central, donde el *Coffea arabica* se diversificó. A Brasil la roya llegó en 1971, llevada por los vientos alisios de África del Oeste. En 1976 llega a Centroamérica específicamente a Nicaragua, luego se detectó en diciembre de 1979 en la zona oriental de el Salvador y a finales de septiembre de 1980 se había diseminado a las regiones central y occidental de el Salvador. En Honduras fue descubierta en diciembre de 1980 en la Paz, departamento cercano a la frontera con el Salvador y en 1981 se detectaron fuertes ataques de roya en los departamentos de Cortes, Santa Barbará y Lempira (IHCAFE 1995).

3.5.2 Sintomatología

La enfermedad se manifiesta en las hojas, donde en un inicio aparecen pequeñas manchas de color amarillo de aproximadamente 2 mm de diámetro en la cara inferior (envés) de la misma, esta mancha es traslúcida, si se examina contra la luz y se asemejan a manchas de aceite, gradualmente esta mancha aumenta de tamaño al iniciarse la esporulación (formación de esporas por el envés de la hoja) y puede alcanzar los 2 cm de diámetro, se torna de color naranja y la superficie se vuelve polvosa. En este estado de desarrollo, si la lesión se toca con el dedo, las esporas se adhieren a él. Cuando estas son abundantes se desprenden fácilmente formando una nube de color naranja, en la cara superior de las hojas

se divisan manchas cloróticas y finalmente las lesiones se vuelven necróticas. Si existen muchas lesiones o manchas, estas crecen hasta unirse unas con otras cubriendo gran parte del área foliar de la hoja (CICAFE 2013). En caso de severidad, la enfermedad provoca defoliación y reducción del área activa fotosintética, llegando a ocasionar una reducción progresiva de la producción (Macías 2001).

3.5.3 Biología de *Hemileia vastatrix*

El hongo que causa la roya del café está categorizado como un parásito obligado, su multiplicación sólo se da en hojas vivas. El ciclo de infección de *Hemileia vastatrix* tiene las siguientes tres fases (y subfases): esporulación (producción de esporóforos, esporas y su maduración) diseminación (liberación de esporas, dispersión, llegada de un nuevo hospedero) e infección (germinación, penetración y colonización) (Díaz 2011).

Los síntomas de la enfermedad que aparecen en el envés de las hojas, en donde se observan manchas pálidas que con el tiempo aumentan de tamaño y se unen formando las características manchas amarillas o naranja con presencia de polvo fino amarillas, ahí es donde se producen las esporas del hongo, las cuales poseen una parte ventral lisa y una dorsal con pequeñas “espinitas” que le sirve para adherirse a cualquier superficie (insectos, aves, mamíferos, ropa y equipo de trabajo utilizado en la finca), con lo que se logra una diseminación muy efectiva. Las esporas germinan si hay agua y entran por los estomas. Las temperaturas de 22 °C a 24 °C favorecen el proceso de germinación, penetración y colonización de la hoja, así como también la oscuridad. El apresorio para formarse requiere un periodo de 5-8 horas, la germinación se inhibe por la luz y cuando se evapora el agua en la hoja, ya que afecta el crecimiento de los tubos germinativos (SINAVEF 2013).

La penetración del hongo se efectúa por un estoma bien formado. Una vez que ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta y con estos extraen los nutrientes para su crecimiento. Las células de café parasitadas pierden su color verde y en este momento

se aprecian zonas cloróticas o amarillentas en la hoja, que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad. El tiempo transcurrido hasta este instante se denomina periodo de incubación, el cual varía de acuerdo con la temperatura. Luego de transcurridos 30 días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas a razón de 1,600 por milímetro cuadrado (mm^2) por un periodo de 4 a 5 meses y que serán dispersadas para iniciar el nuevo ciclo (Gálvez *et al.* 1982).

El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia que puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra (SINAVEF 2013). En investigaciones recientes realizadas por CENICAFE se apreció el efecto de las variaciones climáticas de los últimos años sobre la roya, en particular sobre esos periodos de incubación y de latencia, los cuales transitoriamente sufren aumentos o disminuciones. El ciclo de vida del hongo se alcanza a repetir muchas veces dentro de un cultivo durante el mismo periodo de cosecha, por lo que se considera a la roya del cafeto como una enfermedad policíclica (Rivillas *et al.* 2011).

Durante el transporte por el viento, la viabilidad de las uredosporas puede verse afectada por el secamiento y las bajas temperaturas y después de la depositación por una acumulación de agua insuficiente en la hoja, para completar la germinación o una exposición prolongada a los rayos del sol, la eficiencia contaminadora óptima es alcanzada cuando se tienen de 15 a 30 esporas por cm^2 (López 2010).

Rayner (1972) evidenció que una lesión puede producir 400,000 esporas en tres meses. La longevidad de una lesión puede alcanzar de 4-5 meses (periodo contagioso), en dependencia del ciclo de vida de las hojas (López 2010). La duración del ciclo va a depender de las condiciones climáticas, en fincas situadas a menos de 1,000 msnm, se estima que el ciclo de la enfermedad se completa de 28 a 35 días, a alturas mayores el ciclo es más largo (Pineda 2000).

3.5.4 Epidemiología de la roya

En general todas las especies de café son atacadas en mayor o menor grado por *H. vastatrix*, como también las especies silvestres. La planta de café es susceptible al ataque de la roya durante todas las etapas de su desarrollo, desde el estado cotiledonar hasta la etapa productiva en el campo. En algunas variedades de café que poseen resistencia horizontal y son infectadas, el patógeno se establece en ellas, pero bien el número de lesiones es menor, el período de latencia más prolongado o la cantidad de esporas producidas por pústula es menor que en una variedad susceptible (Subero sf).

H. vastatrix necesita condiciones particulares para parasitar las hojas de la planta de café. En especial, requiere de la salpicadura de la lluvia para iniciar su proceso de dispersión entre hojas y entre plantas, así como de la presencia de una capa de agua en el envés de las hojas para germinar, todo esto acompañado de temperaturas, la temperatura óptima para el desarrollo de una epidemia es de 18 a 27 °C en condiciones de baja intensidad luminosa (Gálvez *et al.* 1982). La velocidad de progreso de la enfermedad de la roya del cafeto en el campo depende de las condiciones climáticas, o sea del microclima, y de la predisposición del hospedante y del patógeno (Becker *et al.* 1991).

Según Chávez, citado por Silva *et al.* (2000) existe una estrecha relación entre el desarrollo del follaje y la severidad de la enfermedad. Aunque el café es susceptible a la infección durante todas las etapas de su crecimiento, las hojas son más susceptibles cuando acaban de alcanzar su madurez, las hojas viejas son casi resistentes. Un crecimiento lento del follaje retrasa el desarrollo inicial de la roya, en donde obviamente, el estado nutricional también es un factor influyente. Los cafetos bien fertilizados resisten mejor los ataques del hongo. Chávez (1973), concluyó que hay una relación inversa entre los niveles de K en las hojas y los índices de roya, lo que indica que bajos niveles de ese elemento favorecen la enfermedad.

A. Curva epidemiológica de progreso de la enfermedad

Se conoce como epidemia a aquella aparición de una enfermedad que se esparce rápidamente y con alta frecuencia entre los individuos de una población o área al mismo tiempo. Una epidemia avanza progresivamente tanto en el tiempo como en el espacio, con tres fases claramente reconocibles en procesos. Fase lenta: La epidemia inicia con la infección de unas pocas hojas, en las que no se observan síntomas sino hasta después de haber transcurrido el período de incubación. Fase rápida o explosiva: Si las condiciones lo permiten, como resultado de la primera fase ya existe una gran cantidad de inóculo dispersándose dentro de la planta y entre las plantas del lote, de manera que ocurren muchas más infecciones por unidad de tiempo. Fase terminal o máxima: Es cuando las hojas atacadas severamente van cayendo del árbol, y el número de hojas sanas es muy reducido como para continuar con la alta tasa de infección y reproducción, por lo que la enfermedad llega a su máximo por agotamiento del hospedero y la epidemia termina (Rivillas *et al.* 2011).

Un estudio sobre la curva epidemiológica de la roya, realizado en una finca de Brasil dio como resultado que el desarrollo de la enfermedad se desarrolló en 4 fases, que son: a) fase de establecimiento de la epidemia, la cual se presenta al inicio de la época de lluvia de mayo a junio con el 3% de hojas infectadas ó 0.1% de área foliar enferma. b) fase de crecimiento acelerado, se presenta de julio a diciembre durante la época de lluvia (que termina en noviembre), aunque en algunos de estos meses no llueve, se mantiene suficiente agua en las hojas para que se eleve el número de infecciones; esto es el resultado del descenso de la temperatura y el aumento de la humedad relativa durante estos meses. En esta fase, la enfermedad aumenta hasta en un 30% de hojas infectadas ó 2% del área foliar.

c) fase máxima de infección. Se manifiesta durante los meses de enero y febrero, cuando aún se mantiene una humedad relativa alta; la infección alcanza el 40% de hojas infectadas y el 2.7 % del área foliar. d) fase de decadencia. De marzo a mayo cuando la temperatura aumenta y la humedad relativa disminuye para que se presente la época más cálida y seca

del año; en esta fase la enfermedad disminuye drásticamente hasta un 5% de hojas infectadas y 0.3% del área foliar con roya (Meléndez 1985).

El estudio epidemiológico de una enfermedad persigue estos planteamientos y son los más lógicos a seguir cuando se presenta una enfermedad de esta naturaleza. Debido a esto, a partir del año 2012 se emprendió un trabajo en el centro de investigación y capacitación “José Virgilio Enamorado” en la comunidad de Linderos con el objetivo de conocer el desarrollo y comportamiento de la enfermedad en tiempo y espacio bajo las condiciones ecológicas de la zona de San Nicolás, Santa Barbará, dicho estudio finalizará en junio del 2014. En la figura 1 se puede observar el comportamiento y el desarrollo del hongo, según los datos obtenidos hasta el momento, lo cual nos permite definir las fechas en que es necesario realizar las prácticas de control para que esta enfermedad se mantenga en un nivel mínimo de daño.

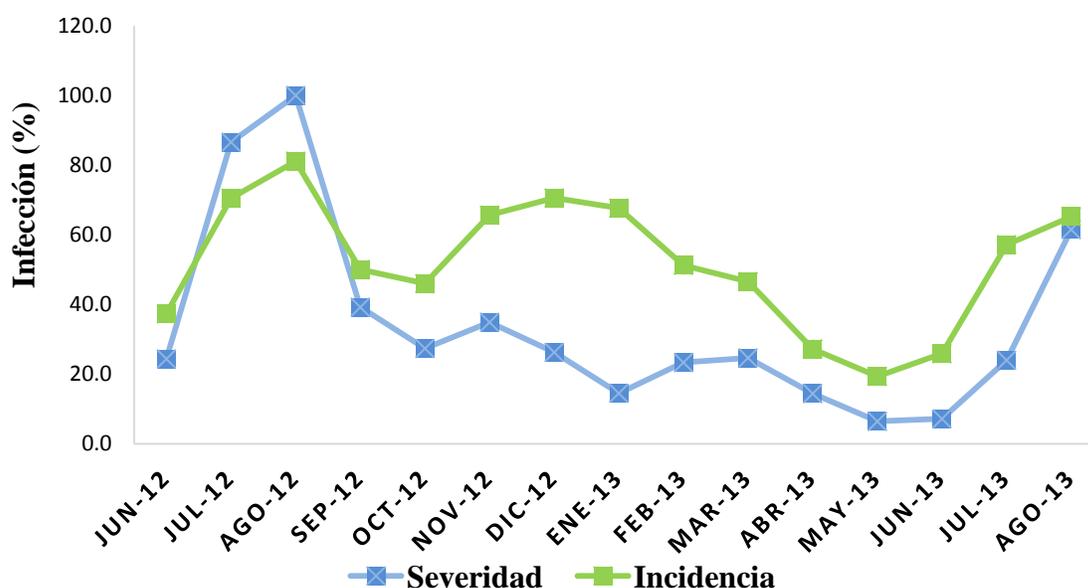


Figura 1. Curva epidemiológica de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el CIC-JVE 2012-2013.

La incidencia de roya presente en los cafetos o plantaciones corresponde al inóculo residual de la roya que se encuentra en el tejido infectado que permaneció en la planta luego de la

época seca, el cual al cabo de un mes provocará el surgimiento de nuevas lesiones en hojas enfermas o bien en hojas sanas, en la etapa de crecimiento lento las manchas apenas inician la producción de esporas por lo que el surgimiento de nuevas manchas en hojas sanas es lento; esto se puede observar mejor en la figura 1, donde la incidencia de roya es baja en los últimos días de marzo hasta la primera quincena de junio, que es específicamente cuando se deben realizar las aplicaciones preventivas de fungicidas en las plantaciones de café para dicha zona.

En la etapa de crecimiento acelerado los cambios en la cantidad de la enfermedad de un mes a otro son muy rápidos, según información recopilada en Costa Rica indica que la incidencia de la roya del cafeto puede aumentar entre 0.11 y 0.36% por día, de acuerdo a los estudios realizados sobre la tasa de infección aparente, si las condiciones climáticas son las adecuadas y el crecimiento de la roya fuese de 0.2%. Un cafetal que inicie con un 10% de incidencia al cabo de un mes tendrá una incidencia de un 16%. Por lo general el crecimiento acelerado de la enfermedad ocurrirá a partir de una incidencia de la roya entre un 10 y 15%. El porcentaje de crecimiento diario varía de acuerdo a la influencia del clima, por ello en la caficultura de regiones de altura, usualmente la roya alcanza más tarde los mayores niveles de enfermedad comparada a las regiones de menor altura (CICAFE 2013).

En la etapa de crecimiento máximo y final es cuando la enfermedad alcanza su máximo incremento de daño, que para las zonas cercanas a Linderos, San Nicolás, Santa Bárbara es en el mes de agosto como se puede apreciar en la figura 1. En esta etapa ya es tardío implementar una estrategia de control químico debido a que una gran cantidad de hojas tienen la presencia de la enfermedad y es común que las lesiones cubran gran parte de las hojas, lo cual provoca la caída de las hojas. En esta etapa los fungicidas sistémicos no son eficientes y a pesar de ser aplicados sobre los cafetos las hojas terminaran cayendo, anticipando incluso la caída luego de la aplicación del fungicida, lo cual ocurre en el mes de septiembre según la curva epidemiológica de la roya para la zona de San Nicolás en donde la incidencia baja en dicho mes debido a la caída de hojas enfermas por parte de la planta de café.

El manejo del hongo se basa en el estudio de su comportamiento, bajo diferentes condiciones de ambiente, con lo cual se puede elaborar una zonificación de las áreas donde el ataque del hongo es más dañino para que los esfuerzos de control se enfoquen hacia esas áreas. Además, mediante el estudio de la curva epidemiológica del hongo se puede saber cómo se desarrolla este hongo y así se podrá saber en qué momentos es necesario realizar las prácticas adecuadas de control para que se mantenga en un nivel mínimo de daño (Meléndez 1985).

3.5.5 Metodología de kushalappa para evaluar el daño de roya

Al realizar estudios epidemiológicos de la roya del café o de cualquier otra naturaleza, en los que se requiera conocer el avance de la enfermedad en el tiempo, se ha tropezado con el problema de estimar la proporción de hojas enfermas (incidencia) y las proporciones de área foliar afectadas (severidad). En las plantas de hojas caducas como el café, la continua formación y caída de las hojas hace difícil calcular las proporciones acumulativas de la roya (*Hemileia vastatrix*). Para estudiar su comportamiento se debe considerar que la caída de hojas enfermas y la formación de nuevas, falsamente reducen la proporción de la enfermedad, a la vez la caída de hojas sanas falsamente también aumentan la proporción de la enfermedad.

En visita a Guatemala, el Dr. Ajjamada Chengapa Kushalappa, discutió con técnicos de la comisión de roya un método que por su sencillez y precisión ayudará a los estudios que sobre el conocimiento de la roya se realicen a futuro. Las ventajas de este método es que toma en cuenta la presencia de hojas sanas y enfermas, la caída de las enfermas o aquellas sanas que por razones naturales o mecánicas caen al suelo, así como el nacimiento de nuevas hojas, eventos que ocurren entre una fecha de lectura y otra (Fumagalli *et al.* 1984).

A. EL Método

- Se deben marcar un número de árboles dentro de la plantación que sea una muestra representativa de la población.
- En cada árbol, en su tercio medio, seleccionar cuatro bandolas (ramas) plagiotrópicas, orientadas de acuerdo a los puntos cardinales.
- Marcar cada bandola seleccionada con una cinta plástica de color diferente. Por ejemplo: azul para la primera bandola, roja para la segunda, amarillo para la tercera y blanco para la cuarta. Colocar la cinta en el punto donde se inicien las lecturas.
- Para los conteos por arbusto seleccionado se lleva un registro individual por bandola. Por ejemplo si tenemos 15 árboles por parcela necesitaremos contabilizar el conteo de hojas por cada bandola, por lo tanto debemos abrir 60 (15×4) registros individuales y llevarlos durante el tiempo que dure el experimento, (tarjetas o folios de un cuaderno en forma acumulativa).
- Como parte de la primera lectura se registra en las hojas enfermas el porcentaje de área foliar que cubran las pústulas de roya, siguiendo la escala de severidad (Anexo 1)
- La toma de lecturas se debe realizar cada 14 días, anotando el número de hojas totales, sanas y enfermas, llevando un cuidadoso registro de lo ocurrido. Sin olvidar la anotación de la severidad en las hojas enfermas en cada lectura o conteo que se haga. Este procedimiento se lleva a lo largo del estudio, haciendo el número de lecturas que sean necesarias cada 14 días. La bandola siempre se lee de frente al observador para ubicar los lados izquierdo y derecho de la misma.

Se toma en cuenta las hojas apicales nuevas cuando estas se abran y estén bien diferenciadas. Si una hoja cae por el manipuleo al momento de tomar la lectura debe tomarse como presente y se le dará baja hasta la siguiente lectura.

1a. lectura de campo: 10 hojas presentes



Figura 2. Bandola de café con 10 hojas presentes y dos hojas enfermas con roya.

El número 5 indica que la hoja derecha del primer nudo (1-1) tiene infectado el 5% de su área foliar (severidad) y el número 10 indica el grado de severidad que tiene la hoja derecha del segundo par de hojas

B. Nomenclatura

1-1 = nudo con presencia de las dos hojas (izquierda y derecha)

1-0 = nudo solo con la hoja izquierda

0-1 = nudo solo con la hoja derecha

0-0 = nudo sin presencia de hojas

Para el análisis de los datos las lecturas de las bandolas por planta se acumulan en una tabla dependiendo del tipo de ensayo, se pueden acumular los resultados de las bandolas de una o varias plantas. El avance de la enfermedad se basa en la relación de:

$$\text{Crecimiento} = \frac{\text{Hojas enfermas presentes} + \text{hojas caídas enfermas}}{\text{Hojas totales presentes} + \text{hojas sanas caídas totales}} \times 100$$

3.5.6 Factores que influyen en el desarrollo de la roya

Los principales factores que influyen en el desarrollo de la enfermedad dependen de la relación entre el hospedante, el patógeno y el ambiente, además influyen otros factores como la carga fructífera (a mayor carga, mayor susceptibilidad). Una investigación llevada a cabo en Turrialba Costa Rica por López (2010) dio como resultado que existe un efecto positivo de la carga fructífera sobre la incidencia y severidad de la roya del café, es decir que hay menor afectación de la roya en plantas sin o con poca producción que en plantas con mucha producción. Otros factores son la lluvia, la sombra, el inóculo residual del campo al principio de la estación lluviosa y el grado de densidad foliar del árbol. La enfermedad se inicia poco después de la estación lluviosa y los niveles máximos de la enfermedad y la defoliación se presentan a nivel del pico de cosecha (Romero 2010).

A. Hospedante

Dentro de los factores del hospedante debe considerarse la susceptibilidad de la variedad, la densidad de siembra (una mayor cercanía de las plantas facilita los procesos de infección entre las hojas), la condición nutricional de las plantas y la predisposición de estas debido a una alta cosecha. Las variedades como Caturra y Catuai son materiales que por su genotipo se comportan como susceptibles y la mayor o menor incidencia de la enfermedad está estrechamente relacionada con las prácticas de cultivo como distancias de siembra, fertilización, sombra, poda, deshije y uso o no de fungicidas en momentos adecuados, combinadas con las condiciones climáticas de las diferentes regiones cafetaleras del país (PROMECAFE 1985).

B. Patógeno

Los puntos más importantes a considerar en el patógeno son la duración de su ciclo reproductivo, la cantidad de inóculo y los tipos de raza presentes en la población del hongo

H. Vastatrix. La roya es una enfermedad que para causar daños severos en los cafetales depende del desarrollo paulatino de múltiples ciclos de reproducción. Diversos estudios indican que el tiempo desde que una espora germina y penetra invadiendo los tejidos internos de la hoja hasta que se forman manchas con esporas puede tardar entre 20 y 40 días. Entre más favorables son las condiciones de temperatura y permanencia de agua sobre las hojas, menor será el tiempo para completar el ciclo, en Costa Rica se indica que la duración del ciclo reproductivo de la roya es alrededor de los 30 días (CICAFE 2013).

Considerando que el ciclo de la roya es de 30 días, es importante indicar que luego de transcurrido el 75% de este tiempo, es decir aproximadamente 24 días, se inicia la formación de manchas de color amarillo pálido traslúcidas. Los signos típicos de la enfermedad son las esporas de color naranja que se hacen visibles a partir del día 27 del ciclo cuando ha transcurrido el 90% del tiempo. Una vez que inicia la formación de esporas en las lesiones o manchas de roya, la producción de estas se mantiene activa mientras la hoja se mantenga adherida a la planta, lo cual puede prolongarse por varios meses (CICAFE 2013).

C. Factores Ambientales y agronómicos

Varios son los factores ambientales y agronómicos que influyen en el desarrollo de los procesos de germinación de esporas, invasión interna por la hoja en el hongo y la esporulación de las manchas o lesiones de la roya del café.

C₁. Sombra

La sombra afecta el microclima de la plantación, la temperatura de la hoja y el aire, la velocidad del viento, la humedad del suelo, la mojadura de las hojas son algunas de las características del microclima modificadas por la sombra según Avelino *et al.* Citado por López (2010).

Algunos autores mencionan niveles más altos de roya bajo sombra que al sol, mientras que otros reportan niveles más bajos. Sin embargo, Avelino y sus colaboradores citados por Romero (2010) sugieren que los diferentes resultados obtenidos podrían explicarse por diferencias de cargas fructíferas. La sombra podría afectar la roya a través de dos mecanismos principales, los cuales son antagonistas. La sombra evita que la carga fructífera alcance niveles muy altos, lo cual disminuye la predisposición del cafeto a la roya, y la sombra propicia condiciones de microclima (humedad, temperaturas, luminosidad), las cuales, al contrario podrían ser más favorables para el proceso de infección de la roya, el efecto de la sombra sobre la roya es la suma de estos efectos antagonistas, estos no pueden desligarse en condiciones naturales. Es recomendable manejar entre un 30-40% de sombra para tener un mejor control sobre estos factores según los técnicos del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE).

C₂. Lluvia

Este factor tiene mucho que ver en lo que se refiere al nivel de esporulación, germinación, depositación de las uredosporas y en su dispersión, esto explica que la epifitias se desarrolla durante la época de lluvias y que su descenso se observa cuando el periodo de lluvias se detiene, lo anterior permite también entender que en las zonas con precipitación baja, la roya anaranjada no alcanza niveles elevados. La conclusión a la que se llega es que es evidente que los calendarios de control químico de la enfermedad tienen que empezarse con el inicio de las primeras lluvias (Santacreo *et al.* 1983).

Así, en países o regiones con dos estaciones lluviosas, separadas por una estación seca, hay siempre una tendencia que hace que existan dos picos en la curva epidemiológica de la roya, que puede variar a causa de las modificaciones en la intensidad de las lluvias. Por el contrario, al haber una sola estación lluviosa anual se obtiene un solo pico, generalmente 5 ó 6 meses después del inicio de las precipitaciones (Meléndez 1985). También puede ejercer un efecto detrimental sobre el incremento de la enfermedad cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden determinados niveles. Los períodos de lluvia son

importantes no sólo para la distribución de la roya a corta distancia, sino también como condición favorable para la germinación de las esporas. Los períodos secos de larga duración son desfavorables para el desarrollo del hongo (Subero sf).

C3. Inóculo residual

La sobrevivencia del inóculo de un año a otro juega un rol muy significativo. Plantaciones que sufrieron ataques moderados o leves de la enfermedad, tendrán mayor cantidad de hojas con lesiones de Roya que persistirán en la planta durante la época seca, mismas que iniciaran su esporulación con el retorno de las lluvias, aumentando las posibilidades de infecciones en hojas nuevas de forma anticipada a lo usual, si no se aplican las medidas de protección necesarias para estos tejidos. Es importante insistir que el inóculo residual se encuentra en las hojas internas de las bandolas, principalmente de los estratos medio y bajo de las plantas. Estas manchas son difíciles de observar debido a que luego de la floración de los cafetos y con el retorno del periodo lluvioso, se incrementa la emisión de nuevas hojas, las que tienen una apariencia sana, dificultando ver las lesiones de Roya que inicia su esporulación una vez que se han establecido las primeras lluvias (CICAFE 2013).

C4. La densidad del follaje

Cuando un árbol no tiene muchas hojas, gran parte del inóculo dispersado por las lluvias cae al suelo debido a que las hojas no lo interceptan, en cambio plantas con un follaje denso tienen mucha superficie donde retener las esporas y consecuentemente reproducir altas concentraciones de inóculo (Pinochet 1987).

C5. Radiación solar

La radiación solar juega un papel importante en el desarrollo epidemiológico de la roya del cafeto. Tiene un efecto negativo sobre la germinación de las uredosporas y el inicio de la

infección, así como sobre la viabilidad de las esporas. Indirectamente influye en la duración del periodo de incubación a través de la temperatura ambiental (Díaz 2011).

C₆. La temperatura

Esta actúa directamente sobre el proceso de germinación e infección del hongo, y una vez establecido este sobre el periodo de incubación y de latencia. Cambios leves en las temperaturas máxima y mínima durante el periodo de incubación pueden alterar la tasa de multiplicación de esta enfermedad (Subero sf). La germinación es muy dependiente de las condiciones de temperatura, la formación del apresorio y la progresión del hongo en la hoja dependen de esta variable. El periodo de incubación se acorta extremadamente en los meses con temperaturas favorables para la germinación (entre 22 y 23 °C) (Díaz 2011).

En Honduras según Santacreo, citado por López (2010), los periodos de latencia fluctuaron entre 29 y 62 días a una altitud de 750 msnm, de febrero de 1982 a enero de 1983. Los periodos más cortos se observaron en agosto y septiembre, meses en que la temperatura se mantuvo entre 18 °C y 27 °C a una altitud de 1,200 msnm.

3.6 Métodos de control de *Hemileia vastatrix*

El control de la roya del cafeto debe enfocarse dentro de un marco de manejo integrado, siendo el muestreo uno de sus componentes importantes. Dicho componente aplicado en forma oportuna permite conocer los índices de infección y distribución espacial de la enfermedad y las épocas oportunas de control. Dentro de los usos del muestreo puede indicarse el monitoreo de la calidad de las aspersiones y el desempeño de los fungicidas utilizados para el control de la enfermedad (PROMECAFE 2013).

La razón fundamental para controlar la roya del cafeto radica en la necesidad de proteger el follaje durante el período de llenado de granos. La hoja en la planta cumple un papel

fundamental en cualquier etapa del cultivo, en la captación de la energía lumínica, pero en la migración de nutrimentos hacia el fruto y en la producción de café es muy necesaria su presencia 60 días después de la floración principal y hasta 30 días antes del nivel máximo de cosecha (Arcila *et al.* 2007).

3.6.1 Medidas preventivas

- Regulación de sombra y manejo de tejidos. Se debe regular la sombra de los árboles en la plantación de café y lo recomendado por los técnicos del IHCAFE es entre un 20-40% con el fin de permitir una mejor entrada de luz, esto para incrementar la tasa fotosintética de la planta de café, así como también para reducir la humedad dentro del cafetal que en parte favorece al desarrollo del hongo. El manejo de tejido consiste en eliminar partes improductivas de la planta que han sido dañadas por enfermedades y otras causas.
- Se debe manejar un plan adecuado de fertilización, el cual debe garantizar una excelente nutrición de la planta de café. Para ello se deben realizar fertilizaciones foliares a base de boro y zinc antes y después de la floración, específicamente en los meses de marzo a abril, la aplicación de un fungicida sistémico en el mes de mayo antes de las primeras lluvias, posteriormente una segunda aplicación foliar en el mes de junio con un fungicida a base de cobre acompañada de la primera fertilización granular al suelo, además una segunda fertilización foliar especialmente en el mes de julio a base de potasio esto para lograr un excelente llenado de fruto más la tercera aplicación de un fungicida (IHCAFE 2013).

3.6.2 Control cultural y agronómico

El uso adecuado de algunas prácticas agronómicas como distancia de siembra apropiadas, sistemas de podas, regulación de la sombra, control de malezas y fertilización, permiten que el hongo no encuentre el ambiente adecuado para su desarrollo, lo cual disminuye el nivel del daño que este pueda causar (Macías 2001).

a. Regulación de sombra

Esta práctica protege la plantación en la medida que facilita la entrada de luz solar y permite la circulación adecuada de aire en el cafetal (Orozco *et al.* 2011). La sombra adecuada del cafetal: aproximadamente un 40% de entrada de luz en cafetales de bajo y media altura y 60% en estricta altura. Esta práctica es importante porque la sombra está directamente relacionada con las condiciones que la roya necesita para desarrollarse (PROMECAFE 2013).

b. Manejo de tejido

Poda de cafetos eliminando partes agotadas. La poda fitosanitaria y de formación facilitan la libre circulación del aire y penetración de la luz. La poda sanitaria en época de post cosecha ayuda a eliminar esporas o inóculos que podrían favorecer infecciones en la siguiente época lluviosa; la roya es un parásito obligado, por lo tanto no sobrevive en tejido muerto. El manejo de tejido en café se hace con el objetivo de renovar tejido productivo, estimular la producción por la mayor entrada de luz a las plantas con exceso de autosombreado, mantener una adecuada relación cosecha/follaje, disminuir las condiciones favorables para las plagas insectiles y las enfermedades, eliminar el tejido dañado por enfermedades y otras causas (Palma 2001).

c. Uso de variedades resistentes

En las zonas cafetaleras con condiciones favorables para el desarrollo de la roya y en los casos que se recomiende renovación, esta podrá realizarse con variedades que posean las características de resistencia a la enfermedad, alta producción y buena calidad como las variedades Costa Rica 95, Castillo, Lempira, IHCAFE-90 (CODOCAFE 2012). Entre las variedades de *Coffea arabica* cultivadas en el país, está la variedad Parainema que es la que presenta mayor resistencia a la roya (Santacreo 2001).

3.6.3 Control genético

Otra alternativa para el control de roya es el mejoramiento genético. La resistencia genética consiste en el empleo de material genético resistente a la roya, tal es el caso de los Catimores, Cavimores y Sarchimores. Al menos nueve genes están implicados en la resistencia específica del cafeto a la roya, de estos nueve, cuatro han sido identificados en el *Coffea arabica* (SH₁, SH₂, SH₄, SH₅), SH₃ proviene de *C. liberica* y los cuatro últimos, SH₆, SH₇, SH₈, SH₉ provienen de *C. canephora*, pero predomina la resistencia SH₅ del hospedante y la virulencia V₅ del patógeno (Cárdenas 2007).

Entre las variedades de la especie arábica más cultivadas en el país están: Typica, Bourbon, Caturra, Pacas, Villa Sarchí, Catuaí, Ihcafé-90 y Lempira. El 100% de la caficultura hondureña cuenta con el 50% del parque cafetalero sembrado con variedades susceptibles a la roya y el otro 50% con variedades resistentes a dicha enfermedad.

Durante los años 80 se crearon las variedades conocidas como “Catimores” híbridos resultantes del cruce de la variedad “Híbrido Timor” X “Caturra rojo”. Estos tienen resistencia vertical sobre la roya y han sido ampliamente promocionados por las diferentes instituciones de investigación. Las variedades Catimores resistentes a la roya en Honduras son conocidas como IHCAFE-90 y Lempira.

Durante los últimos años se han creado las variedades conocidas como “Sarchimores”, las cuales son resultantes del cruce de la variedad “Híbrido Timor” X “Villa Sarchi”. La variedad Sarchimor resistente a la roya en Honduras es conocida como “Parainema”. Además, en el marco de PROMECAFE se han creado las Variedades Híbridas F1 “Centroamericano” y “Milenio”. Estos híbridos presentan resistencia a la roya, son altamente productoras y poseen buena calidad en taza. Su origen es el cruzamiento entre un Sarchimor x Rume Sudan (PROMECAFE 2013).

3.6.4 Control biológico

El control biológico es otra opción para el control de roya. Este se define como la acción de parásitos, predadores, o patógenos para mantener la densidad de poblaciones de otros organismos a un nivel más bajo, que el que existiría en su ausencia. Es ampliamente conocido que los patógenos presentes en las superficies de las partes aéreas de las plantas, son susceptibles al ataque de otros microorganismos. Entre los enemigos naturales más importantes de la roya del café se encuentran hongos hiperparásitos como *Verticillium lecanii*, *V. leptobactrum*, *V. psalliotae*, *Cladosporium hemileiae* y *Paranectria hemileiae*. Estos hongos se desarrollan en forma natural, atacan las hifas y las estructuras de reproducción de *H. vastatrix*, reduciendo la infección y el inoculó de roya (Canjura 2000).

El hongo *Verticillium lecanii* es uno de los hiperparásitos más comunes de la roya del café, el cual se ha encontrado parasitando en forma natural pústulas esporuladas de roya, donde se observa un crecimiento blanco del hiperparásito sobre las uredosporas que avanza hacia los bordes y deja en el centro solo tejido necrótico, tiene la capacidad de degradar las paredes de las uredosporas y alimentarse de las mismas, sin embargo el porcentaje de parasitismo natural ha sido bajo para ejercer un buen control, por lo que no ha sido efectivo como controlador biológico dado que presenta problemas similares a los de otros controladores biológicos como la baja reproducibilidad del control en campo, condiciones muy exigentes para su uso y altos costos de producción. Estudios realizados por Leguizamón en 1989, mostraron que micelios y conidias de *V. lecanii* afectaron el desarrollo de *H. vastatrix*, la germinación de uredosporas, sus periodos de incubación, latencia y su tasa de infección (Cristancho 2011).

En el CENICAFE se han ensayado diversos microorganismos para el control biológico de la roya, como la bacteria *B. thuringiensis* (DIPEL-BT), extractos del hongo *Beauveria bassiana* y los compuestos inductores de resistencia Harpina y ASM-BION. En Brasil también se han ensayado los compuestos inductores ASM y BTH-benzothiadiazole. En todos estos casos los ensayos no tuvieron un efecto directo sobre la germinación de las

uredinosporas, la formación del apresorio o la penetración del patógeno y solo se han demostrado como única acción, la inducción de compuestos de resistencia o defensa en las plantas tratadas (Rivillas *et al.* 2011).

Otro microorganismo utilizado en el control biológico de enfermedades de plantas ha sido la bacteria *Bacillus subtilis*, aislamientos de esta bacteria han sido ensayados para el control de la roya del café en Brasil y la India, pero de acuerdo con los resultados obtenidos la bacteria no mostró un efecto de control sobre la roya del café cuando las plantas mostraban un nivel de incidencia del 23% de la enfermedad y solo mostró una acción moderada como inductor de resistencia, con un efecto protector similar a aplicaciones con cobre. Para mostrar algún efecto inductor la bacteria debe ser aplicada como máximo cuatro días antes de la aparición de la enfermedad (Cristancho, 2011)

El principal hiperparásito de la roya del café en condiciones naturales es el hongo conocido como *Lecanicillium lecanii* el cual se reconoció desde un comienzo como un enemigo natural de la roya del café en Colombia. Sin embargo no ha sido efectivo como controlador biológico dado que presenta problemas similares a los de otros controladores biológicos como la baja reproducibilidad del control en campo, condiciones muy exigentes para su uso y altos costos de producción. En condiciones naturales no representa un control biológico que disminuya significativamente la epidemia, dado que generalmente ataca lesiones de roya esporuladas y su alta diseminación se encuentra en lesiones viejas (Cristancho 2011).

Según Cristancho, citado por Rivillas *et al* (2011), el manejo biológico de *Hemileia vastatrix* se convirtió en un gran campo de investigación en CENICAFE entre los años 1990 y 2002; se consideró que la supresión de este hongo patógeno por la acción de microorganismos endofíticos podría ser de utilidad en algunas zonas productoras de café. En ese período se estudió el efecto de organismos como *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. alcaligenis*, *P. putida* y *Verticillium lecanii*. La utilidad práctica en el manejo de *H. vastatrix* en el campo con estos organismos no ha

sido consistente, presentando limitaciones en la duración del efecto protector, razón por la cual esta opción de manejo contra la roya no es recomendada a los productores de café.

3.6.5 Control químico

El control químico es uno de los componentes más importantes en el manejo integrado de la roya del cafeto, cuando se tienen plantaciones de café susceptibles a la enfermedad. Los muestreos a realizarse durante la época lluviosa tienen como objetivo determinar el nivel de daño del hongo en la plantación, antes de efectuar una aplicación de fungicida, en donde la eficacia de los fungicidas va a depender del ingrediente activo, dosis, residualidad, frecuencia, época de aplicación, distribución en la planta (efecto de los equipos de aplicación) y del tamaño de partícula (en protectores) (CICAFE 2013).

En un principio, ante la urgencia de combatir la enfermedad, la mayor parte de los países del área centroamericana adoptaron medidas de control importadas de otros lugares como Brasil, en donde se tenían recomendaciones de entre cinco y siete aplicaciones por año de fungicidas a base de cobre, con una frecuencia mensual a partir del primer mes de la época de lluvias, a razón de 5 a 6 kg de producto por hectárea. Con el fin de mejorar estas recomendaciones, el control químico fue objeto de múltiples investigaciones en el ámbito centroamericano, principalmente en El Salvador y Honduras (Avelino *et al.* 1999).

Los productos basados en cobre fueron los más estudiados por su bajo costo y porque su efecto había sido comprobado en otras regiones del mundo. A los pocos años de aparecer la roya en El Salvador y en Honduras, se corroboró la eficiencia del oxiclورو, hidróxido y del óxido de cobre (Bonilla, 1982). Simultáneamente, las dosis y frecuencias de aspersión se fueron afinando. Primero en El Salvador Gil (1982), determinó que el control de la enfermedad era satisfactorio con dosis de 2.5 kg/ha de un producto basado en oxiclورو de cobre, o 2.0 kg/ha de un producto a base de óxido de cobre, ambos productos conteniendo 50% de cobre metálico, en cinco aspersiones a intervalo de un mes.

Estudiando más precisamente las frecuencias de aspersión, Gil y Bautista (1982) concluyeron que se lograba un buen control de la roya anaranjada con tres aspersiones bimestrales (junio-agosto-octubre) de un producto basado en oxiclورو de cobre, conteniendo 50% de cobre metálico, a una dosis de 3.5 kg/ha. Estos mismos autores demostraron que la persistencia del producto sobre la hoja después de la aplicación era de 45 días, explicando así la eficiencia del programa de aspersión bimestral. También se encontró que el adherente no mejoraba ni la persistencia del producto ni el control de la enfermedad. Bonilla y Cerón (1985) en El Salvador, al estudiar las concentraciones del empleo de los productos cúpricos en el agua, establecieron que las concentraciones de 0.35% para óxidos e hidróxidos y 0.5% para oxiclورuros eran iguales de eficientes.

Algo similar fue descrito en Honduras, donde Bonilla y Tronconi (1985) determinaron que con 4 aspersiones mensuales de oxiclورو de cobre con dosis de 3.0 kg/ha, o de hidróxido de cobre u óxido de cobre con dosis de 2.5 kg/ha se obtenían buenos resultados. Más recientemente se determinó que la dosis de 2.0 kg/ha para óxidos e hidróxidos era eficiente. Palma *et al.* (1990), encontraron en Honduras que dependiendo de las zonas entre 3 y 4 aspersiones de oxiclورو de cobre (3.5 kg/ha), iniciando con la época de lluvias, con intervalos de uno a dos meses entre cada aspersión, eran suficientes para obtener un buen control de la roya.

Según estudios realizados por Tronconi *et al.* (1997), en las zonas de La Fe, Ilima Santa Bárbara con el cultivar Caturra Rojo, se determinó que el fungicida Oxiclورو de Cobre con una dosis de 1750 g. i.a/ha resultó ser el más eficiente en el control de la roya del cafeto y enfáticamente el más económico comparado con las tres dosis de Cyproconazol (Alto 100 SL) con dosis utilizadas de 20, 30 y 40 g. i.a/ha. Similares resultados fueron obtenidos por Villeda (1991), Castro y Coutiño (1990) quienes mencionan al Oxiclورو de Cobre como uno de los productos más eficientes y económicos en el control de la enfermedad en México comparados con Cyproconazol (IHCAFE 1997).

Otra investigación llevada a cabo en la zona de Las Lagunas, en el departamento de La paz determinó que el promedio de incidencia de roya en cuatro años fue de 11.32% en una plantación de café sin ningún tipo de control químico, mientras que en otro lote con control químico a base de Oxiclورو de cobre al 50% con una dosis de 3.5 Kg/ha fue de 6.43%. Debe aclararse que los niveles de manifestación de la enfermedad fueron bajos, esto debido principalmente a las condiciones climáticas de la zona en la que se desarrolló el estudio, considerando que en esta región la temperatura promedio anual es de 18 °C, la cual no favorece el potencial de desarrollo de la enfermedad (IHCAFE 1995).

Tronconi *et al.* (1987), en un estudio llevado a cabo en la zona de el Tigre, inmediaciones del Lago de Yojoa, con el cultivar Catuai Rojo de tres años de edad, evaluaron la eficiencia de los fungicidas sistémicos alternados con cobre, en donde todas las combinaciones alternadas de sistémicos con cúpricos y solamente cúpricos, mostraron un control óptimo, en cambio el empleo único de Plantvax 20 EC, aplicado una sola vez fue desastroso en cuanto a eficiencia, llegando a comportarse inferior al tratamiento control (sin fungicida).

En un trabajo realizado de 1985 a abril de 1986 en Colombia, se estudió la eficiencia de los fungicidas sistémicos Triadimefon (Bayleton 250 EC), Triadimenon (Bayfidan 250 EC) y Oxicarboxin (Plantvax 20 CS), solos y alternados con Oxiclورو de cobre 50%, los resultados obtenidos un año después indican que tres aplicaciones de Triadimefon, oxiclورو de cobre, Triadimenon, con intervalos de 45 a 60 días controlan eficientemente la enfermedad y presentan los más bajos porcentajes de defoliación, severidad y hojas infectadas (Villarraga y Ayala 1986).

En un experimento realizado en Kenia, Brasil, Costa Rica y Colombia no se encontraron diferencias de control entre los fungicidas oxiclورو de cobre, óxido cuproso, hidróxido de cobre y sulfato de cobre formulado como caldo bordelés, lo que significa que cualquiera de estos fungicidas de contacto protectores o preventivos, se pueden utilizar para el control de la roya del cafeto. Estos fungicidas solamente tienen efecto inhibiendo la germinación del patógeno y, en ocasiones, la penetración, y por tanto, los programas de control deben

iniciarse antes de que el patógeno se establezca en los tejidos foliares, ya que estas moléculas no son capaces de traspasar la cutícula foliar (Sierra 1987).

Además de los cúpricos, también se investigaron diferentes productos sistémicos de acción curativa. Aunque estos productos constituyen una alternativa eficiente para el control de la enfermedad, su alto costo, a veces exagerado, los ha convertido en productos inaccesibles para la mayoría de los productores centroamericanos. Los productos sistémicos más estudiados son los que pertenecen a la familia de los triazoles. Se comprobó la eficiencia de diferentes materias activas como el triadimenol en aplicación foliar, a una dosis de 250 g de ingrediente activo por hectárea (Bonilla 1982), el propiconazole en aplicación foliar, a una dosis de 178.5 g de ingrediente activo por hectárea, el triadimenol en aplicación al suelo a una dosis de 0.15 a 0.25 g de ingrediente activo por planta, el hexaconazole en aplicación foliar a una dosis de 25 a 50 g de ingrediente activo por hectárea, el cyproconazole en aplicación foliar a una dosis de 20 g de ingrediente activo por hectárea, todos estos resultaron ser efectivos para el control de esta enfermedad (Toledo *et al.* 1995) Sin embargo, se determinó que una sola aplicación de estos productos no era suficiente en general para controlar la enfermedad, con la excepción del triadimenol (Tronconi y Escoto, 1990).

A diferencia de los productos protectores basados en cobre, los fungicidas sistémicos penetran en la planta y tienen la posibilidad de moverse de manera translamina, es decir, del haz al envés de la hoja. Los fungicidas sistémicos tienen como ventaja que en ciertas circunstancias, como el nivel inicial de la enfermedad, pueden requerir de un menor cubrimiento sobre el follaje, ya que después de su aplicación se movilizan hacia sitios donde incluso no llegó el producto y que en un corto tiempo, después de la aplicación, no son removidos por las lluvias (Leguizamón 1994).

Los fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles (cyproconazole, triadimefon, hexaconazol, propyconazol, entre otros) han mostrado un importante efecto sobre la roya del café, y consecuentemente sobre la producción, cuando se aplican sobre el follaje. Con

acción preventiva y curativa. Su mecanismo de acción está relacionado con el bloqueo en la formación de una molécula específica del hongo patógeno llamada Ergosterol, mediante un proceso denominado desmetilación. El efecto protector y curativo de los fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles permite el control de la enfermedad en la etapa de germinación del hongo, y también cuando éste ha colonizado las hojas (Londoño 1995).

Una investigación a nivel de campo en una finca ubicada en la zona del lago de Yojoa, con plantas del cultivar caturra rojo se determinó que las dosis de Copper Count-N a razón de 8 litros/ha, ejercen un control más eficiente sobre la roya comparable con el oxiclورو de cobre a dosis de 3.5 kg/ha. Estos resultados obtenidos son concordantes con los estudios realizados por Cadena y Buritica (1980) y Almeida (1975), en cuanto a los beneficios obtenidos con productos cúpricos, especialmente con los oxiclورuros (Macías *et al.* 1985).

Según investigaciones realizadas por Silva *et al.* (2002), en la región de Teixeira, Zona de la Mata de Minas Gerais, Brasil, el uso de cuatro atomizaciones del fungicida oxiclورو de cobre 50% PM a razón de 1.5 kg/ha realizadas entre diciembre y marzo ofrecen una efectiva protección al cultivo de café contra la roya y tienen efecto favorable sobre la producción, sin embargo las dosis de 0,24 y 0,48 kg/ha de triadimenol no fueron eficientes en el control de la enfermedad, pero con la utilización de dosis de 0,72 kg/ha hubo un control eficiente sobre la roya, sin tener un efecto favorable de ninguna de las tres dosis sobre la producción. El uso de la mezcla triadimenol + disulfoton promovió los menores niveles de enfermedad y los mayores rendimientos.

Willians *et al.* (1991), señala que el Cyproconazol en dosis de 259 cc/ha fue satisfactorio en el control de roya, en la zona de Palmira, Boquete, Panamá; Mientras que en la zona de Alto Lino no redujo los niveles de infección; sin embargo en Costa Rica, Chávez (1987) en estudios realizados con Cyproconazol (SAN 619 F 100 SL) determinó que la incidencia de roya fue reducida de 24.7% a 0.1%. Según Tronconi *et al.* (1997), es recomendable evaluar a Cyproconazol alternado con oxiclورو de cobre en el control de la roya del cafeto con el

propósito de reducir los costos y manteniendo una eficiencia estable en el ciclo de la enfermedad.

Según estudios realizados por IHCAFE (1997) en las zonas de La Fe, Ilima Santa Bárbara con el cultivar Caturra Rojo, se determinó que el fungicida Oxidloruro de Cobre con una dosis de 1750 g. i.a/ha resultó ser el más eficiente en el control de la roya del café y enfáticamente el más económico comparado con las tres dosis de Cyproconazol (Alto 100 SL) con dosis utilizadas de 20, 30 y 40 g. i.a/ha. Similares resultados fueron obtenidos por Villeda (1991), Castro y Coutiño (1990) quienes mencionan al Oxidloruro de Cobre como uno de los productos más eficientes y económicos en el control de la enfermedad en México comparados con Cyproconazol (IHCAFE 1997).

Según datos obtenidos por Ochoa, (1985), en la aplicación de Cobox (Oxidloruro de cobre al 50%) con un intervalo de 60 días con las dosis de 1, 2 y 4 kg/ha mostraron un deficiente control de la roya. En general estas dosis tuvieron los valores más altos de porcentaje de hojas con roya (PHR), siendo más notorio al final del período lluvioso. Este trabajo fue llevado a cabo en la localidad de Tapiquiales, Cortes, Honduras. Por consiguiente con un intervalo de aplicación de 40 días, la dosis que mantuvo el bajo nivel de incidencia de la roya fue de 4 kg/ha y la dosis que mantuvo los niveles más altos fue 1 kg/ha; siempre en la misma región y con un intervalo de 20 días se mantuvieron resultados similares a un intervalo de 40 días.

3.6.6 Características de los fungicidas que se utilizaron en el estudio

a. Alto 10 SL. Ingrediente activo = Cyproconazol. Es un fungicida que pertenece al grupo de los triazoles, con acción preventiva y curativa de aplicación foliar (Syngenta, 2013).

Características del producto: formulado como concentrado soluble (SL) que contiene 100 gr de ingrediente activo por litro de producto comercial.

- a) Su alta velocidad de penetración dentro de la planta (aprox.30 minutos), le permite iniciar su acción fungicida casi de inmediato y que en zonas de alta precipitación, la lluvia no lo pueda lavar una vez que el producto ingresó a la planta.
- b) Alto 10 SL es uno de los productos con más alta sistemicidad dentro de la planta, lo cual permite que el producto llegue a zonas superiores y a los brotes nuevos de la planta protegiéndolos de cualquier daño.
- c) Alto 10 SL es de los de mejores productos en acción curativa sobre los hongos.

Mecanismo de acción: el ciproconazol es de los fungicidas que penetra en el tejido de la planta más rápidamente y es translocado dentro de las hojas. En relación al hongo: ciproconazol tiene acción protectante (preventiva), curativa y erradicante. El ciproconazol interfiere en la síntesis del ergosterol en el hongo, por inhibición de demetilación de los esteroides del C₁₄, lo cual produce cambios morfológicos y funcionales en la membrana de la célula del hongo.

Fitotoxicidad: no es fitotóxico a las dosis recomendadas

Intervalo de reingreso al área tratada: es de 24 horas después de terminada la aplicación, Alto 10 SL es compatible con el uso de insectos benéficos y apropiados para su uso en programas de Manejo Integrado de Plagas

Dosis: 200-300 ml/ha

b. Amistar Xtra 28 SC. Ingrediente activo = Azoxystrobin + Cyproconazol. Es un fungicida que pertenece al grupo de los triazoles y las estrobilurinas (Syngenta 2011).

Características del producto: formulado como solución concentrada (SC) que contiene 200 gramos de i.a. de Azoxystrobin y 80 gramos de i.a. de Cyproconazol por litro de producto comercial.

Mecanismo de acción: es un fungicida de amplio espectro de acción, es más soluble y tiene más movilidad en la planta. La Azoxystrobina del grupo de las estrobilurinas afecta a todas las clases de hongos inhibiendo la respiración mitocondrial de los hongos evitando el transporte de electrones entre el citocromo impidiendo asimismo la síntesis de ATP. Tiene acción por contacto y propiedades sistémicas, actúa bloqueando el proceso respiratorio de los hongos, posee un largo efecto residual y es eficaz sobre un amplio rango de enfermedades fungosas. Cyproconazole del grupo de los triazoles afecta a los hongos sensibles en la síntesis del “ergosterol”, vital para la formación y funcionamiento de la membrana celular de los hongos. La acción conjunta de ambos químicos proporciona un excelente control y su mezcla contribuye a bloquear la formación de “resistencia” por el uso excesivo es un Fungicida preventivo, curativo y antiesporulante.

Fitotoxicidad: no es fitotóxico a las dosis recomendadas

Intervalo de reingreso al área tratada: es de 24 horas después de terminada la aplicación

Dosis: 490-560 ml/ha

c. Orius 250 EW. Ingrediente activo = Tebuconazol. Es un fungicida sistémico que pertenece al grupo de los triazoles (según LANAFIL S.A sf).

Características del producto: formulado como emulsión concentrada en aceite (EW) que contiene 250 gramos de i.a por litro de producto comercial.

Mecanismo de acción: es un fungicida sistémico, de amplio espectro, con acción preventiva, curativa y erradicante. Se absorbe por el follaje de las plantas y es traslocado por la savia hacia arriba, protegiendo los nuevos crecimientos de tejido vegetal. Es de largo efecto residual cuya acción consiste en inhibir la biosíntesis del ergosterol, componente esencial de la membrana celular de los hongos. Tiene un efecto preventivo, curativo sobre

un amplio rango de enfermedades fungosas, es decir, su acción preventiva y curativa, controla los hongos patógenos evitando que estos penetren en las plantas (LANAFIL sf).

Intervalo de reingreso al área tratada: se recomienda reingresar una vez transcurridas 12 horas después de la aplicación y verificando que la aplicación se haya secado.

Dosis: 0.4 – 0.75 Lt/ha

d. Rímac 25 EC. Ingrediente activo = Propiconazol. Es un fungicida sistémico que pertenece al grupo de los triazoles.

Características del producto: formulado como concentrado emulsificable (EC) que contiene 250 gramos de propiconazole (i.a) en un litro de producto comercial.

Mecanismo de acción: es un fungicida sistémico de acción protectora y curativa, que actúa por medio de la síntesis del ergosterol componente esencial de la membrana celular de los hongos. Su aplicación es vía foliar y se transporta acropetamente a través del xilema (SUPERAGRO sf).

Usos: previene, protege y cura a las plantas del ataque de una gran variedad de enfermedades fungosas en café. Rimac Propiconazole 25 EC puede utilizarse en el combate de enfermedades foliares en alternancia con otros fungicidas de uso común, con el fin de disminuir la posibilidad de resistencia por parte del patógeno.

Ventajas: por el hecho de tener una acción tan variada como protectante y curativo, Rimac Propiconazole 25 EC es un producto muy completo para el combate de enfermedades en los cultivos recomendados. Así también es un producto idóneo para ser incluido en un programa rotacional de combate, con miras a disminuir la posibilidad de resistencia de los fitopatógenos.

Intervalo de reingreso al área tratada: es de 24 horas después de terminada la aplicación

Dosis: 0.5 – 1.0 Lt/ha

e. Oxiclورو de cobre 50 WP.

Oxicloruro de Cobre 50% es un formulado fungicida presentado en forma de polvo mojable, compuesto de un ingrediente activo: Oxiclورو de Cobre, es un fungicida y bacteriostático de acción preventiva, de amplio espectro y buena persistencia. Se utiliza en el control preventivo de hongos endófitos y royas

Características del producto: es un fungicida de acción protectante de amplio espectro, actúa por contacto inhibiendo la germinación de las esporas y la movilidad de las zoosporas.

Mecanismo de acción: Oxiclورو de cobre 50 % wp es inhibidor de la transferencia electrónica en la respiración celular y el metabolismo energético en el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa. Afecta la germinación de las esporas, evitando así la aparición de ataques secundarios de la enfermedad (SUPERAGRO sf).

Fitotoxicidad: no es fitotóxico a las dosis recomendadas

Intervalo de reingreso al área tratada: es de 24 horas después de terminada la aplicación

Dosis: 3.5 kg/ha

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Descripción del sitio de práctica

El estudio se realizó durante los meses de abril a agosto del 2013, en el centro de investigación y capacitación “José Virgilio Enamorado” del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), ubicado en la aldea “Los Linderos”, municipio de San Nicolás, en el departamento de Santa Bárbara, Honduras C.A. Las temperaturas anuales promedio para esta zona son de 17 °C mínima y 25 °C máxima, la precipitación promedio anual es de 2010 mm y una altitud de 1140 msnm. El Centro Experimental cuenta con un área de 20 mz, de las cuales 12.4 mz están cultivadas de café de diferentes variedades, entre ellas Catuai, Lempira, Ihcafe 90, Parainema. Esta región se ha caracterizado por el gran enfoque que ha tenido en la producción de café.

4.2 Materiales y equipo

Para el presente estudio se utilizó cinta plástica, marcadores indelebles, fungicidas como: Amistar Xtra 28 SC (Azoxystrobin + Cyproconazol), Alto 10 SL (Cyproconazol), Rímac 25 EC (Propiconazol), Orius 25 EW (Tebuconazol), Oxiclóruo de Cobre 50% (Cobre metálico), hojas de muestreo, croquis de campo, tablero, libreta de campo, pluviómetro, termómetro de máxima y mínima, lote de café de la variedad Catuai, metodología de Kushalappa, equipo como bomba de mochila, overol, entre otros.

4.3 Manejo del experimento

Se seleccionó un lote de café de aproximadamente un cuarto de manzana con cultivar Catuai en plena etapa productiva y bajo sombra regulada, esto debido a que es una de las

variedades más susceptibles al ataque de roya en el cual la incidencia inicial era de un 7%. Para aplicar los productos y medir la eficiencia de los tratamientos en el control de roya se utilizó una bomba de mochila manual de 16 litros, con una boquilla de cono vacío, la cual según calibración proporcionó un gasto de 400 litros de caldo fungicida por hectárea.

4.3.1 Tamaño de la parcela

Para la realización de este ensayo se utilizó una parcela experimental de dieciséis plantas para cada tratamiento, con tres repeticiones. Como parcela útil se tomaron las cuatro plantas centrales de cada repetición para evitar interferencia entre los diferentes tratamientos evaluados, de las cuales a dos se les tomó las respectivas lecturas o muestreos.

4.3.2 Marcación de las plantas

Se seleccionaron dentro de cada parcela dos plantas centrales previamente identificadas (1; 2) y en cada una de ellas se marcaron cuatro (4) bandolas que en unos casos fueron primarias y en otras plantas fueron bandolas secundarias; dispuestas en los cuatro puntos cardinales de la parte central de la planta; cada bandola tuvo su respectiva cinta de diferente color que la identificó durante todo el estudio (1, 2, 3 y 4).

4.3.3 Manejo de la parcela seleccionada

Las actividades de manejo que se realizaron en los ensayos experimentales durante los meses de abril a septiembre, fueron prácticas culturales necesarias recomendadas dentro de un manejo integrado como ser regulación de sombra, manejo de tejido, control de malezas, fertilización granular y foliar. Estas prácticas se aplicaron sin ninguna restricción para todos los tratamientos evaluados.

4.3.4 Número de aplicaciones de los tratamientos

Se efectuaron tres aplicaciones a intervalos de 30 días. La primera aplicación se realizó en mayo, inmediatamente antes de comenzar las lluvias y a los 52 días después de la floración de la finca, la segunda a mediados del mes de junio y la tercera a finales de julio.

4.3.5 Forma de aplicación de los productos

En los diferentes productos evaluados las aplicaciones se hicieron dirigidas directamente al follaje de la planta y en horas de la mañana

4.3.6 Dosis

Las dosis utilizadas en cada uno de los fungicidas evaluados fueron dosis comerciales y que son las recomendadas por los técnicos del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Se consideró para la selección del producto más eficiente en el control de roya, aquel producto o aquella combinación de moléculas que permitan menor porcentaje de infección.

4.3.7 Muestreos

Cada muestreo se tomó antes de las aplicaciones de los diferentes tratamientos y se tomaron de la siguiente manera: antes de la primera aplicación se hizo el primer muestreo para calcular la incidencia inicial de la enfermedad en el lote seleccionado. Seguidamente se tomaron muestreos cada 15 días, después de cada aplicación a cada uno de los tratamientos, lo que significa que se realizaron dos muestreos después de cada aplicación, considerando que el intervalo entre una y otra aplicación fue de 30 días.

4.4 Descripción de tratamientos

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el control de roya del café.

Tratamiento	Primera aplicación	Segunda aplicación	Tercera aplicación
T1	Alto 10 SL	Oxicloruro de Cobre 50%	Alto 10 SL
T2	Amistar Xtra 28 SC	Oxicloruro de Cobre 50%	Amistar Xtra 28 SC
T3	Orius 25 EW	Oxicloruro de Cobre 50%	Orius 25 EW
T4	Rímac 25 EC	Oxicloruro de Cobre 50%	Rímac 25 EC
T5	Alto 10 SL	Oxicloruro de Cobre 50%	Amistar Xtra 28 SC
T6	Amistar Xtra 28 SC	Oxicloruro de Cobre 50%	Orius 25 EW
T7	Orius 25 EW	Oxicloruro de Cobre 50%	Rímac 25 EC
T8	Rímac 25 EC	Oxicloruro de Cobre 50%	Orius 25 EW
T9	Alto 10 SL	Oxicloruro de Cobre 50%	Rímac 25 EC
T10	Amistar Xtra 28 SC	Oxicloruro de Cobre 50%	Rímac 25 EC
T11	Orius 25 EW	Oxicloruro de Cobre 50%	Alto 10 SL
T12	Testigo	Testigo	Testigo

Cuadro 2. Fungicidas sistémicos y de contacto que se evaluaron en el control de roya.

No.	Producto	Ingrediente activo	Grupo Químico	Dosis/ha.	
				** g.i.a (g)	*PC (l)
1	Alto 10 SL	Cyproconazole	Triazol	25	0.250
2	Amistar Xtra 28 SC	Azoxystrobina + Cyproconazole	Triazol y estrobirulinas	140	0.5
3	Orius 25 EW	Tebuconazol	Triazol	125	0.5
4	Rímac 25 EC	Propiconazole	Triazol	75	0.5
5	Sulcox 50 WP (Oxicloruro de Cobre)	Cobre Metálico	Cúprico		3.5 kg/ha

** g.i.a (g) = Gramos de ingrediente activo

* P.c (l) = Producto comercial

4.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA), con 12 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales.

4.6 Modelo estadístico

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{Para; } i=1, \dots, k \quad J=1, \dots, r$$

Dónde:

X_{ij} = Variable aleatoria observable

μ = Media general

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Variable aleatoria, independiente de τ y β

r= Número de repeticiones o bloques

k= Número de tratamientos

4.7 Factor bajo estudio

El factor bajo estudio fueron los fungicidas químicos sistémicos y de contacto para el control de roya en café.

4.8 Variables de respuesta

- a. Incidencia de roya en el cultivo de café.
- b. Defoliación de la planta de café.
- c. Severidad de roya del café.

a. Incidencia de roya en el cultivo de café

Se realizó un muestreo inicial de incidencia de roya en el lote seleccionado previo a la aplicación de los tratamientos para conocer el porcentaje de incidencia inicial. Se tomaron al azar 18 plantas en las cuales se seleccionaron las cuatro bandolas y en cada bandola se contó el número total de hojas y el número de hojas con presencia de roya, obteniendo un porcentaje de incidencia inicial del 7%. Seguidamente se realizó la primera aplicación de los tratamientos y después de la primera aplicación se efectuaron muestreos cada 15 días, seleccionando las dos plantas centrales por cada repetición y se tomaron en cuenta las cuatro bandolas previamente identificadas, en cada bandola se contó el número total de hojas y el número de hojas con presencia de roya para calcular el porcentaje de incidencia.

La fórmula para calcular el porcentaje de incidencia según lo propuesto por Kushalappa fue:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Hojas enfermas presentes} + \text{hojas caídas enfermas}}{\text{hojas totales presentes} + \text{hojas sanas caídas totales}} \times 100$$

b. Defoliación de la planta de café

El porcentaje de defoliación se calculó del segundo muestreo en adelante, y para ello se tomaron en cuenta las cuatro bandolas por cada planta seleccionada y se hizo el conteo de hojas caídas tanto sanas como enfermas en cada muestreo, para ello se utilizó la siguiente nomenclatura:

1-1 = presencia de las dos hojas (izquierda y derecha)

1-0 = solo hoja izquierda

0-1 = solo hoja derecha

0-0 = sin presencia de hojas



Figura 3. Bandola de café con presencia y ausencia de hojas por cada nudo productivo.

Las lecturas se iniciaron de izquierda a derecha así como se muestra en la figura 3 y para saber cuál lado era izquierdo o derecho, la persona se colocó al frente de la bandola al momento de tomar cada lectura. El porcentaje de defoliación se obtuvo por regla de tres: por ejemplo si en el primer muestreo se tenía un total de 80 hojas/parcela, y en el segundo muestreo solo se encontraron 75 hojas, lo que significa que se cayeron 5 hojas en la parcela, por lo tanto el porcentaje de defoliación fue de:

$$\begin{array}{r}
 80 \text{ hojas} \text{ ----- } 100\% \\
 5 \text{ hojas} \text{ ----- } X \\
 X = 6.25\%
 \end{array}$$

c. Severidad de roya en el cultivo de café

Según James citado por el IHCAFE (2013) es el área del tejido vegetal afectado por una enfermedad expresada en porcentaje. Para estimar el porcentaje de área foliar afectada por roya se utilizó la escala propuesta por Kushalappa y Chaves (1980), la cual permite estimar el área foliar (1 a 100 cm²) de cada una de las hojas evaluadas y el porcentaje (0 a 100 %) de su área afectada por la roya.

Para estimar los porcentajes de área foliar afectada por roya se comparó la hoja de la planta de café, con un patrón de área foliar propuesto por Kushalappa y Chaves (Anexo 1) y según el tamaño de la pústula de roya se le asignaron valores de uno, tres, cinco, siete y diez

expresados en porcentajes, esto se hizo en el envés de la hoja. Por ejemplo en la figura 4 se muestra una hoja de café con 50 cm² de área foliar, mostrando lesiones de 1, 3, 5, y 7% del área total de la hoja dando una sumatoria de 25% de su área foliar afectada por roya.

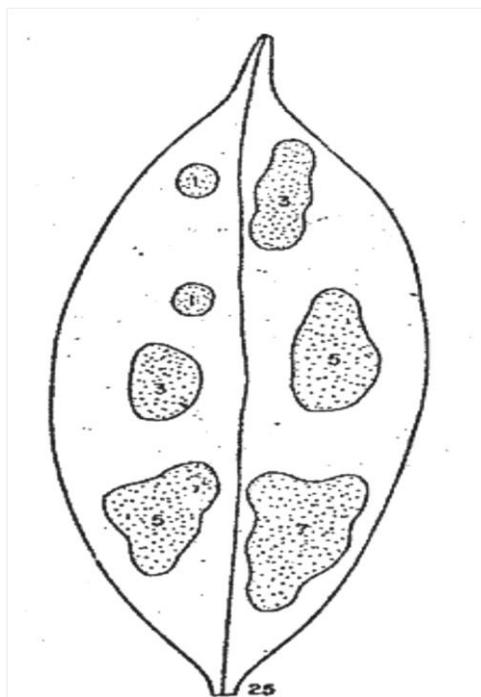


Figura 4. Escala de Kushalappa y Chaves usada para evaluar el porcentaje de área foliar con roya.

4.9 Análisis Estadístico

Previo al análisis los datos fueron transformados mediante raíz cuadrada. A los datos que se obtuvieron de las distintas variables de respuesta se les aplicó un análisis de varianza al (0.05) y una prueba de medias de Duncan para aquellos tratamientos que resultaron significativos. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico InfoStat.

4.10 Análisis económico

Se determinó el costo del producto y de aplicación por hectárea de cada uno de los fungicidas evaluados para saber cuál de los productos evaluados o combinación de estos resulta más económico.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación se realizó en los meses de abril a agosto del 2013, en los que se presentó una temperatura mínima de 13.7 °C y 27.32 °C la máxima, la precipitación promedio diaria fue 5.57 mm. La finca de café de la variedad Catuai que se seleccionó para el estudio tiene una edad de aproximadamente 25 años, la cual se encuentra en buen estado debido al manejo agronómico que se le brinda, con un distanciamiento de siembra de 2x1 m. (5,000 plantas/ha), situada a una altura de 1100 msnm, con un porcentaje de sombra del 41%.

El hongo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) necesita de ciertas condiciones climáticas para causar daño a las hojas de la planta de café como ser precipitación y temperaturas optimas entre 18 °C la mínima y 27 °C la máxima. En especial, requiere de la lluvia para iniciar su proceso de dispersión entre hojas y entre plantas, así como también la presencia de una película de agua en el envés de la hoja para germinar. En la figura 5 se puede observar el comportamiento de la roya del café, bajo las condiciones climáticas de la zona de Linderos, San Nicolás, Santa Barbará, en donde los niveles de incidencia, como severidad de la roya son bajos específicamente en los meses de abril y mayo, esto debido a que las condiciones climáticas que prevalecieron durante estos meses como una temperatura de 29.3 °C la máxima, no es la óptima para el desarrollo rápido de la enfermedad, además en el mes de abril no se presentaron lluvias lo cual influye de manera directa en los procesos de dispersión y germinación del hongo. No obstante en el mes de mayo los niveles de incidencia y de severidad de roya aún permanecen bajos, lo cual coincide con el inicio de las lluvias para esta zona, en donde la precipitación pluvial es baja con un promedio de 77 mm, lo cual asociado a una temperatura de 29.3 °C como máxima, ayudan a que el hongo de la roya no germine y que este se pueda dispersar de manera rápida dentro de la finca.

En cambio en los meses de junio, julio y agosto los niveles de incidencia y severidad de roya aumentan significativamente, lo cual coincide con el aumento de las condiciones climáticas (como precipitaciones de 139 y 404 mm en los meses de junio y julio), sin embargo, en el mes de agosto la precipitación baja, pero esto asociado a la humedad del mes anterior, más el contenido de agua en la hoja, así como temperaturas de 26 °C la máxima, son factores que favorecen la alta agresividad de la enfermedad durante estos meses.

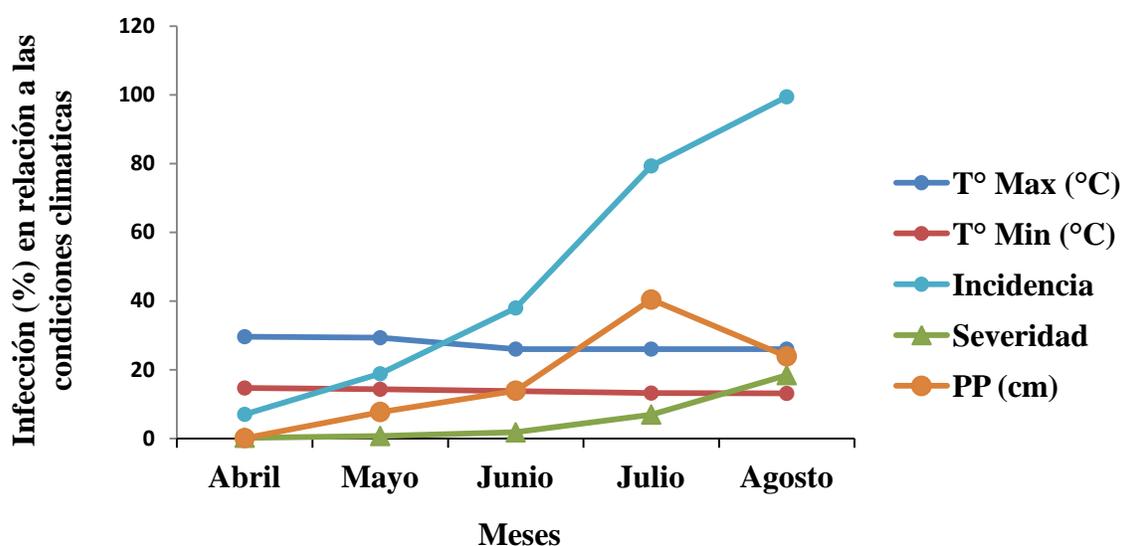


Figura 5. Comportamiento de la roya del café, en relación a las condiciones climáticas de la zona de Linderos, San Nicolás, Santa Barbará.

5.1 Incidencia de roya en café

Una de las variables más importantes para determinar la eficiencia de los fungicidas es el grado de infección que alcanzan los diversos tratamientos evaluados durante el tiempo de estudio, y previo a la primera aspersion la incidencia inicial de roya en el lote seleccionado para el experimento era de un 7%, esto debido a que la incidencia de roya para la zona de Linderos en el mes de abril es baja y además fue un mes en el cual no se presentaron lluvias, un factor determinante para el desarrollo de la enfermedad.

Después de la primera aspersión, en los muestreos realizados a los 15 y 30 días, según el ANAVA (Anexo 4 y 5) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos, sin embargo la prueba de comparación de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) indica que a los 30 días después de la primera aplicación hubo una pequeña diferencia estadística significativa entre las medias de los tratamientos. Los porcentajes de incidencia en los diferentes tratamientos evaluados fueron bajos en los primeros días del mes de junio, lo cual coincide con el desarrollo de la curva epidemiológica de la roya para la zona de Linderos, San Nicolás, Santa Bárbara, en donde la incidencia de roya es baja, y aunque las condiciones de temperatura en ese mes del año son las óptimas para el desarrollo de la enfermedad, la precipitación para el mes de mayo fue baja. Estos son dos factores que influyen de manera directa en el desarrollo de la enfermedad.

Los mejores tratamientos en este muestreo fueron la aplicación de Alto-Cobre-Alto (T1) que mantuvo el menor porcentaje de incidencia con 6.83%, seguidamente la aplicación de Amistar-Cobre-Amistar (T6) con un 11.36% y por último la aplicación de Orius-Cobre-Alto (T11) con 13.68% (Figura 6 y Tabla 1), los cuales se diferenciaron estadísticamente del testigo (T12) que presentó en ese momento un porcentaje de incidencia de 22.50%. Los porcentajes de incidencia más altos en este muestreo fueron encontrados en la aplicación de Orius-Cobre-Rímac (T7) con un 29.23% (Tabla 1).

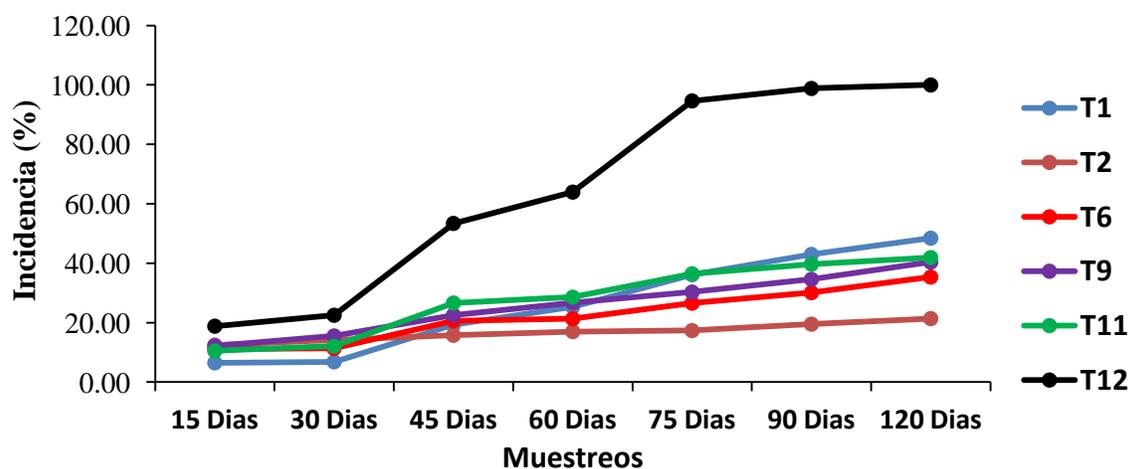


Figura 6. Incidencia de roya observada en el campo durante el tiempo de estudio.

Los datos de incidencia encontrados a los 30 días después de la primera aplicación con el Alto 10 SL (Cyproconazol) se deben a que este es un fungicida con acción preventiva y curativa, el cual es rápidamente absorbido y traslocado dentro de las hojas, inhibiendo la biosíntesis de ergosterol en la pared celular de los hongos, mediante la demetilación de los esteroides del C₁₄, lo cual produce cambios morfológicos y funcionales en la membrana de la célula del hongo, este fungicida mantiene una acción preventiva por 12 a 14 días y curativa por 3 a 6 días, su sitio de acción se debe a que es altamente activo en el crecimiento de la hipa, menos activo en la hipa madura (la síntesis de ergosterol ya ha pasado) y poco o nada en la germinación de la espóra ya que estas tienen una reserva de ergosterol.

Tabla 1. Incidencia de roya en los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Incidencia (%) 30 días	Tratamiento	Incidencia (%) 60 días	Tratamiento	Incidencia (%) 90 días
T1	6.83 a	T2	17.00 a	T2	19.51 a
T6	11.36 ab	T6	21.32 a	T6	30.11 ab
T11	12.09 ab	T1	25.35 ab	T9	34.59 ab
T2	14.12 abc	T9	26.68 ab	T10	34.84 ab
T8	14.54 abc	T8	29.28 ab	T4	35.60 abc
T9	15.54 abc	T10	28.56 ab	T11	39.68 bc
T4	16.23 abc	T11	28.59 ab	T8	41.32 bc
T10	19.82 bc	T4	29.29 ab	T1	42.98 bc
T3	19.91 bc	T3	38.89 bc	T3	46.04 bc
T12	22.50 bc	T5	39.30 bc	T5	47.99 bc
T5	25.75bc	T7	46.89 cd	T7	56.58 c
T7	29.23 c	T12	63.95 d	T12	98.83 d

Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan ($p \leq 0.05$)

Los resultados encontrados a los 30 días coinciden con los resultados obtenidos por Chávez (1987), en Turrialba, Costa Rica en donde encontró que el Cyproconazol (Alto 10 SL) en dosis de 40 y 50 g i.a/ha fue el más efectivo para el control de roya del café, sin embargo difieren con los resultados encontrados por Tronconi *et al.* (1997) que determinó que el Oxidloruro de cobre 50%, resultó ser el tratamiento más eficiente en el control de roya del café y enfáticamente el más económico, comparado con el Cyproconazol (Alto 10 SL) que mostró los niveles más altos de incidencia de roya.

Después de la segunda aplicación de los tratamientos realizada a base de oxiclورو de cobre 50%, el cual es un producto de contacto que solo hace efecto protector en el lugar donde cae la gota del caldo fungicida, se observaron aumentos significativos en los niveles de incidencia de roya en todos los tratamientos, coincidiendo dichos valores con las condiciones climáticas de temperatura y precipitación altamente favorables para el desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, el testigo consistentemente reportó los valores más altos de incidencia en comparación a las diferentes combinaciones de productos fungicidas estudiadas (Tabla 1).

Según el ANAVA (Anexo 6 y 7) se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los diferentes tratamientos en los muestreos realizados a los 45 y 60 días. De acuerdo con la prueba de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) a los 60 días, la aplicación de Amistar-Cobre-Amistar (T2), así como también la de Amistar-Cobre-Orius (T6) fueron las más eficientes en el control de roya con porcentajes de incidencia de 17.00% y 21.32% respectivamente (figura 6 y Tabla 1), las cuales no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí, pero sí se diferenciaron estadísticamente del Testigo (T12) que evidenció una incidencia de 63.95%. La aplicación de Alto-Cobre-Alto (T1) mostró un comportamiento similar a los dos anteriores y a las aplicaciones de Alto-Cobre-Rímac (T9), Rímac-Cobre-Orius (T8), Amistar-Cobre-Rímac (T10), Orius-Cobre-Alto (T11) y Rímac-Cobre-Rímac (T4) (Tabla 1).

Después de efectuada la segunda aplicación a base de oxiclورو de cobre 50%, se puede apreciar en la figura 6, que los tratamientos o alternancia de moléculas químicas (Sistémico-Contacto) que ejercieron un mejor control en la incidencia de roya fueron las aplicaciones de amistar con cobre, lo cual se debe a que el ingrediente activo del oxiclورو de cobre actúa inhibiendo la germinación de esporas fungosas, debido a que este forma complejos con enzimas que poseen grupos sulfhidrilos, hidróxidos amino y carboxílicos, inactivándolas y afectando de esa manera la respiración. Las esporas toman y acumulan cobre durante la germinación hasta llegar a una concentración que causa la muerte de la espора, por lo tanto este producto debe aplicarse antes de que inicie la germinación de las

mismas, en cambio el amistar con sus dos ingredientes activos Cyproconazol y Azoxistrobin, lo hacen ser un fungicida de amplio espectro inhibiendo la biosíntesis de ergosterol.

Después de realizada la tercera y última aplicación de cada uno de los tratamientos con el uso de fungicidas sistémicos y así completar la alternancia de moléculas químicas (sistémico-contacto-sistémico) se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) según el ANAVA (Anexo 9 y 10) entre los tratamientos a los 90 y 120 días, no obstante en algunos tratamientos se observaron altos niveles de incidencia, lo cual coincide con el mejoramiento de las condiciones climáticas para la zona de Linderos, específicamente en el mes de julio, sin embargo en el mes de agosto la precipitación es baja, pero esto asociado a la humedad del mes anterior, más el contenido de agua en la hoja, al igual que temperaturas de 26°C la máxima y 13°C la mínima, son factores que favorecieron la alta agresividad de la enfermedad.

La prueba de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) a los 90 días muestra que la aplicación de Amistar-Cobre-Amistar (T2) fue la que ejerció un mejor control sobre la incidencia de roya, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos con un porcentaje de incidencia de 19.51% (Figura 6 y Tabla 1), en cambio la aplicación Amistar-Cobre-Orius (T6) mostró los mismos efectos que la aplicación Alto-Cobre-Rímac (T9) y la de Amistar-Cobre-Rímac (T10) los cuales fueron iguales entre sí con porcentajes de incidencia de 30.11%, 34.59% y 34.84% respectivamente (Tabla 1).

Después de realizadas las tres aplicaciones (a intervalos de 30 días y haciendo una alternancia de productos químicos sistémico-contacto-sistémico), en la figura 7 se puede observar el porcentaje de incidencia acumulada a los 120 días, en donde la aplicación de Amistar-Cobre-Amistar (T2) mostró el mismo comportamiento que en el muestreo realizado a los 90 días, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos evaluados, con una incidencia de roya de 21.38%, además la aplicación de Amistar-Cobre-Orius (T6) mostró un comportamiento similar como sucedió en los muestreos anteriores

con una incidencia de 35.36%, diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos evaluados (Figura 7), siendo estos dos tratamientos los que menores porcentajes de incidencia de roya presentaron durante el tiempo de estudio.

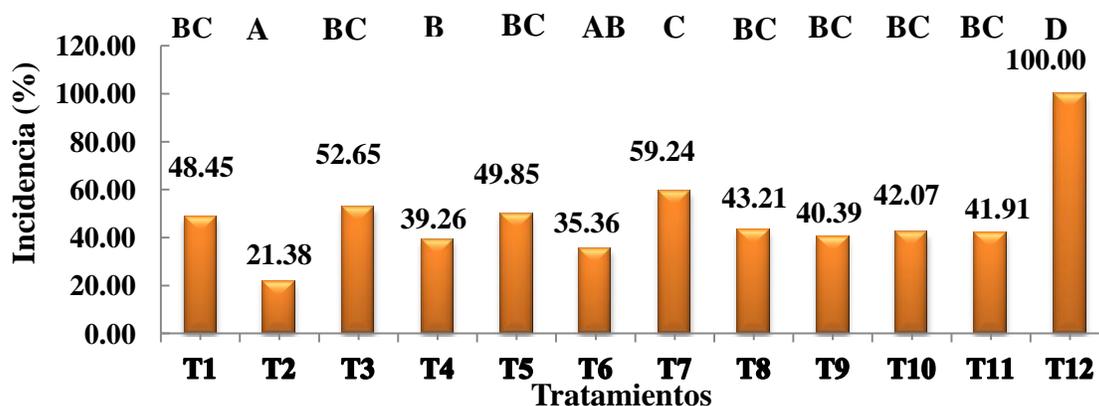


Figura 7. Incidencia acumulada de roya en el muestreo realizado a los 120 días en cada tratamiento.

Estos resultados obtenidos con la aplicación de Amistar-Cobre-Amistar (T2) y Amistar-Cobre-Orius (T6), se puede deber a las características que posee este producto, ya que el Amistar Xtra 28 SC es un fungicida sistémico y de contacto, perteneciente al grupo de los triazoles y de las estrobilurinas, con acción preventiva, curativa y antiesporulante, además su modo de acción es diferente al de otros grupos de fungicidas, tales como los triazoles. Actúa inhibiendo el proceso respiratorio de los hongos, al igual que el oxiclورو de cobre resultando especialmente eficaz para impedir la germinación de esporas y el desarrollo inicial del patógeno, además la azoxistrobina posee actividad translaminar, mediante el movimiento del producto a través de la cutícula de la hoja hasta llegar al mesófilo de la misma, debido a su efecto de contacto y prolongada residualidad aseguran la protección de las hojas, retardando la senescencia y manteniéndolas verdes por más tiempo, lo cual favorece el llenado del grano, así como la maduración del mismo. La mezcla de ambos principios activos determina una acción combinada que asegura un amplio espectro de control durante un periodo prolongado, y con ello reduce el riesgo de aparición de cepas

resistentes, el cual alternado con cobre muestra buenos resultados en cuanto al control de roya.

Estos resultados concuerdan con los trabajos realizados por Tronconi *et al.* (1987) quienes demostraron que los productos sistémicos alternados con oxiclورو de cobre 50% mostraron un eficiente control químico de la roya. Además, según Rivillas *et al.* (2011), El CENICAFE de Colombia mediante sus investigaciones de productos químicos para el control de roya recomienda usar el fungicida Cyproconazole (Alto 10 SL), así como los fungicidas Cyproconazole+Azoxystrobin (Amistar Xtra 28 SC) los cuales ejercen un control eficiente de la roya cuando se aplican en dosis de 750 cc/ha, en cambio un tratamiento efectivo lo constituye la aspersión de la mezcla de un fungicida sistémico alternado con un fungicida cúprico.

5.2 Severidad de roya en café.

La severidad se refiere en este caso a la proporción de área foliar dañada por una enfermedad. Para poder determinarla se utilizó la escala propuesta por Kushallapa para calificar porcentajes de área foliar en hojas de café infectadas por roya (Anexo 1). De manera general se puede decir que la severidad de la roya en la zona fue baja. Este comportamiento pudo deberse a que, en esta zona cuando el porcentaje de incidencia de roya es alta, la severidad de la misma es baja, también las condiciones climáticas durante el periodo que duro el estudio pudieron influir de manera directa sobre la germinación del hongo ya que este ocupa una temperatura entre 18 °C y 27 °C para poder desarrollarse de manera acelerada, en cambio las temperaturas para la zona de Linderos durante el tiempo que duro el estudio, oscilaron entre 13 °C y 27 °C, lo que pudo influir de manera directa a que el hongo no causara tanto daño al área foliar de la hoja.

En cambio las altas precipitaciones observadas en los meses de junio y julio pudieron ayudar a que esporas adheridas a la hoja pudieran ser desprendidas y lavadas por la lluvia, lo cual disminuye en parte el daño del hongo. Además la aplicación de fungicidas,

específicamente los sistémicos, ayudan a que el hongo no continúe su daño en la hoja, caso contrario los de contacto que solo ayudan de manera preventiva.

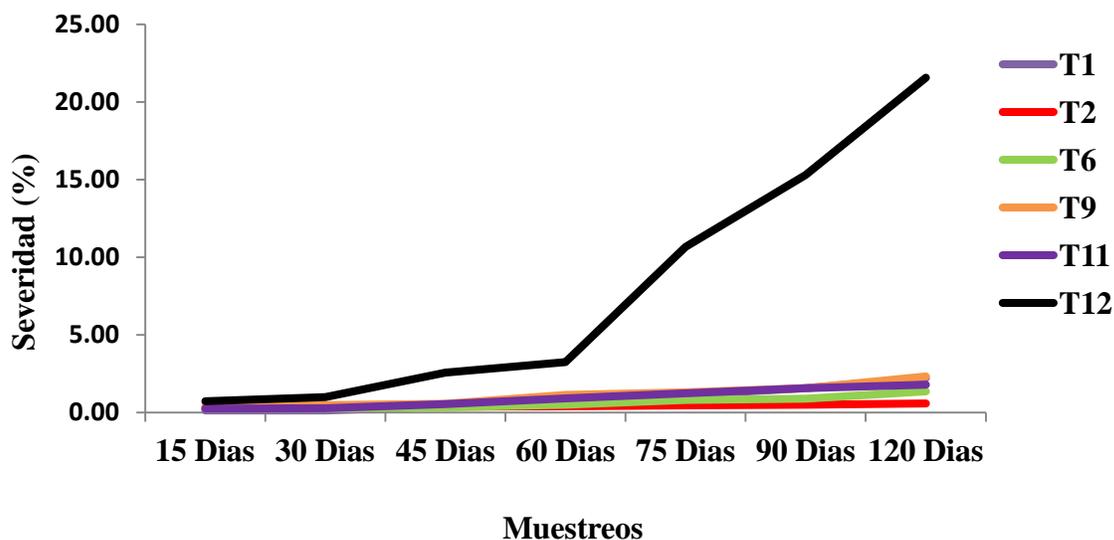


Figura 8. Comportamiento de la severidad de roya en el periodo bajo estudio.

Para realizar el análisis estadístico, los datos de severidad fueron transformados mediante raíz cuadrada. Después de la primera aplicación en los muestreos realizados a los 15 y 30 días según el ANAVA (Anexo 11 y 12) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos, sin embargo la prueba de comparación de medias de Duncan ($P \leq 0.05$) indica que a los 30 días después de la primera aplicación hubo una pequeña diferencia estadística significativa entre las medias de los tratamientos.

Los porcentajes de severidad a los 30 días después de la primera aplicación fueron bajos en cada uno de los tratamientos evaluados (Figura 8), esto es normal considerando que se inicia el periodo de lluvias y es el inóculo primario el que inicia la enfermedad, el cual se encuentra en hojas internas de las bandolas principalmente en los estratos medio y bajo de las plantas, la cual al inicio avanza lentamente con la infección de unas pocas hojas y aumentando las posibilidades de infección en hojas nuevas. La aplicación de Alto-Cobre-Alto (T1) presentó un menor porcentaje de severidad con un 0.13% (Tabla 2)

diferenciándose estadísticamente del resto de los tratamientos, lo cual se puede deber a que el Cyproconazol (Alto 10 SL) con su alta velocidad de penetración dentro de la planta (aprox. 30 minutos), le permite iniciar su acción fungicida casi de inmediato y a que en zonas de alta precipitación, la lluvia no lo puede lavar una vez que este haya ingresado en la planta, la sistematicidad de este producto le permite llegar a zonas superiores y especialmente a los nuevos brotes de la planta, protegiéndolos durante un buen periodo de tiempo, interfiriendo en la biosíntesis de ergosterol en el hongo y provocando cambios morfológicos y funcionales en la membrana del hongo.

A los 30 días, fueron también las aplicaciones de Amistar-Cobre-Orius (T6), Orius-Cobre-Alto (T11) y Amistar-Cobre-Amistar (T2) que presentaron los porcentajes de severidad más bajos con 0.25%, 0.26% y 0.33% respectivamente, siendo estos cuatro tratamientos los que mejor comportamiento mostraron en este muestreo después de la primera aplicación. El testigo (T12) mostró un porcentaje de severidad de 0.99% (Figura 8), sin embargo, fue la aplicación de Orius-Cobre-Rímac (T7) que registró el mayor porcentaje de severidad de roya con un 1.21% (Tabla 2).

Tabla 2. Severidad de roya del café según tratamiento.

Tratamiento	Severidad (%) 30 días	Tratamiento	Severidad (%) 60 días	Tratamiento	Severidad (%) 90 días
T1	0.13 a	T2	0.40 a	T2	0.49 a
T6	0.25 ab	T6	0.49 ab	T6	0.88 ab
T11	0.26 ab	T1	0.59 abc	T11	1.56 abc
T2	0.33 ab	T11	0.90 abcd	T9	1.57 abc
T8	0.41 abc	T8	1.24 abcd	T1	1.57 abc
T3	0.42 abc	T10	1.18 abcd	T10	1.62 abc
T9	0.47 abc	T9	1.13 abcd	T8	1.84 abc
T10	0.56 abc	T4	1.63 bcde	T4	2.10 bcd
T4	0.68 abc	T3	1.71 cde	T3	2.26 bcd
T5	0.94 bc	T5	2.10 de	T5	2.45 cd
T12	0.99 bc	T7	2.31 de	T7	3.46 d
T7	1.21 c	T12	3.25 e	T12	15.29 e

Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan ($P \leq 0.05$)

Los resultados encontrados con Alto 100 SL a los 30 días, en donde se encontraron los porcentajes más bajos tanto en incidencia, como en severidad de roya coinciden con los resultados encontrados por Campos *et al.* (2013) en la finca “San Jerónimo Miramar” en la ciudad de Guatemala, en donde el mejor control de la roya lo ejerció el fungicida sistémico Alto 10 SL, en cambio los fungicidas preventivos como oxiclورو de cobre presentaron un comportamiento similar al testigo sin aplicación

Después de la segunda aplicación de los tratamientos realizada con oxiclورو de cobre 50%, cuyo mecanismo de acción consiste en un bloqueo de los procesos de respiración, producción de proteínas y debilitamiento de la membrana celular en las esporas del hongo (lo que lo hace ser un fungicida de contacto), al igual como ocurrió en la variable incidencia, se observaron aumentos significativos en los niveles de severidad de roya en todos los tratamientos, coincidiendo dichos valores con las condiciones climáticas de temperatura y precipitación altamente favorables para el desarrollo de la enfermedad durante el mes de junio. No obstante, fue el testigo el que reportó los niveles más altos de severidad de roya, en comparación a las diferentes combinaciones estudiadas.

A los 60 días se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre los tratamientos (Anexo 14.), siendo la aplicación de Amistar-Cobre-Amistar (T2) el que presentó un menor daño en la parcela con un 0.40%, diferenciándose estadísticamente del testigo (T12), que mostró un porcentaje de severidad de roya de 3.25% (Figura 8), además las aplicaciones de Amistar-Cobre-Orius (T6), Alto-Cobre-Alto (T1), que presentaron diferencias estadística entre sí, fueron los otros dos tratamientos que mostraron bajos porcentajes de severidad de roya con 0.49% y 0.59% respectivamente, superando al resto de los tratamientos (Tabla 2). Los resultados encontrados con estos productos a los 60 días se deben a que el oxiclورو de cobre, como fungicida de contacto solo ejerce un control eficiente en el lugar donde cae el producto, pero esto asociado a los bajos porcentajes de severidad encontrados a los 30 días, ayudaron a una mejor eficiencia de estos productos sobre el área foliar de la hoja.

En el muestreo realizado a los 90 y 120 días después de la última aplicación de los tratamientos, se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) (Anexo 16 y 17). La prueba de medias de Duncan ($P \leq 0.05$) a los 90 días, indica que las aplicaciones de Amistar-Cobre-Amistar (T2), así como también la de Amistar-Cobre-Orius (T6) fueron los que ejercieron un mejor control de la roya sobre el área foliar, diferenciándose estadísticamente entre sí, como también del resto de los tratamientos, con porcentajes de severidad de 0.49% y 0.88% respectivamente, en cambio el testigo (T12) presentó el mayor daño con un 15.29% (Figura 8 y Tabla 2).

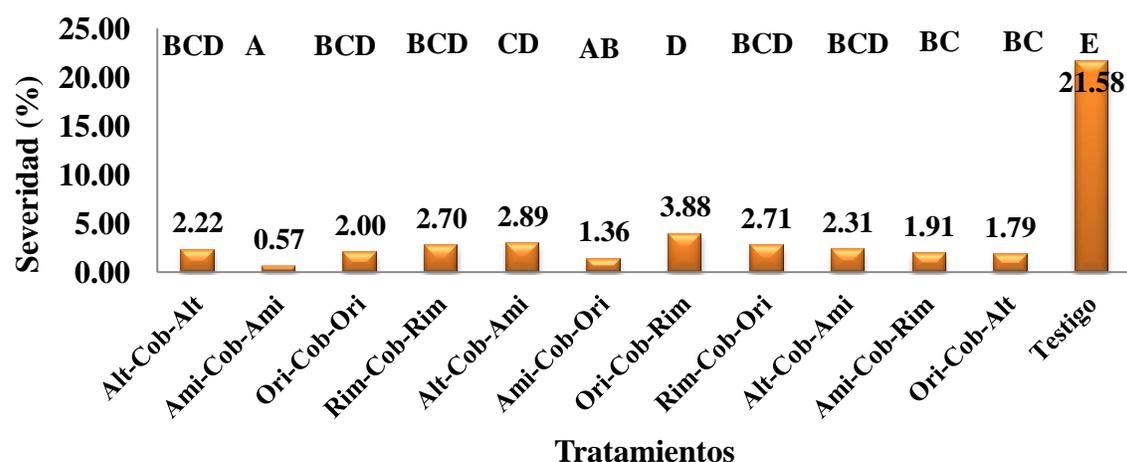


Figura 9. Severidad acumulada de roya en el muestreo realizado a los 120 días en cada tratamiento.

Al igual que sucedió en la variable descrita anteriormente, después de efectuadas las tres aplicaciones de los tratamientos se puede observar (Figura 9) que después de realizado el último muestreo a los 120 días los mejores tratamientos fueron las aplicaciones de Amistar-Cobre-Amistar (T2), así como también la combinación de Amistar-Cobre-Orius (T6), las cuales se diferenciaron estadísticamente del resto de los tratamientos con porcentajes de severidad de 0.57% y 1.36% respectivamente. También las aplicaciones de Orius-Cobre-Alto (T11), como también la de Orius-Cobre-Rímac (T10), mostraron bajos porcentajes de

severidad con 1.79% y 1.91%, siendo estos cuatro tratamientos los que mejor eficiencia mostraron en cuanto al manejo de severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*).

Estos resultados encontrados con las diferentes combinaciones de productos evaluadas en cuanto a la variable severidad de roya, se pueden considerar muy buenos ya que todas ellas tuvieron una excelente respuesta en cuanto al control de daño del hongo, debido a que obtuvieron porcentajes de severidad de roya menores al 10%, a excepción del testigo absoluto (T12) que alcanzó un 21.58% de daño (Figura 9). La combinación de Amistar-Cobre-Amistar (T2) fue la que mostró el menor porcentaje de daño al área foliar con un 0.57% lo que se puede deber al doble mecanismo de acción que posee este producto, que le permite atacar al hongo mediante dos formas, una inhibiendo la biosíntesis de ergosterol por parte del hongo y la otra forma afectando la respiración mitocondrial del hongo, este tratamiento presentó una diferencia de casi un 3.3% con respecto a la combinación de Orius-Cobre-Rímac (T7) que fue la combinación que presentó el mayor daño al área foliar con un 3.88%, seguidamente las aplicaciones de Amistar-Cobre-Orius (T6), Orius-Cobre-Alto (T11) y Amistar-Cobre-Rímac (T10) evidenciaron porcentajes de severidad entre 1.30% y 1.90% respectivamente.

Los resultados encontrados se pueden deber al mecanismo de acción del ingrediente activo, como es el caso de Azoxystrobin, Cyproconazol y Tebuconazol de los triazoles, los cuales alternados con cobre metálico resultan ser eficientes en cuanto al manejo de la roya, el oxiclورو de cobre actúa mediante un mecanismo de acción preventiva, el cual una vez aplicado a la planta queda por fuera de ella formando una película o capa protectora, además el depósito de estas partículas metálicas hace que se liberen los iones de cobre que son tóxicos para las esporas y para el micelio del hongo, lo que provoca que cuando las esporas de roya llegan a la superficie de la hoja de la planta, se encuentren con esta película lo cual impide que la espора pueda germinar y penetrar dentro de la hoja. El oxiclورو de cobre no cura, por lo que en las partes que ya han sido atacadas, el hongo continúa su desarrollo.

En cambio los Triazoles al ser sistémicos ingresan a la planta, teniendo la capacidad de alterar el funcionamiento del hongo dentro de la planta, el mecanismo de acción del Cyprocoazol consiste en inhibir la biosíntesis del ergosterol, lo que causa un incremento del ergosterol ocasionado un incremento en la permeabilidad de la membrana, disturbio en el transporte de nutrientes y un desequilibrio en la biosíntesis de quitina y balance enzimático lo que impide el desarrollo del hongo, mediante la acción preventiva, curativa y erradicante de la roya.

El azoxistrobin por su parte tiene un movimiento lento dentro de la planta e inhibe la producción y germinación de esporas, así como también el crecimiento del micelio del hongo; lo cual se logra mediante la inhibición de la respiración mitocondrial del hongo a través del bloqueo de la transferencia de electrones entre el mitocondrio y el citocromo del hongo. El Tebuconazol (Orius 250 EW) es un fungicida sistémico, de amplio espectro, con acción preventiva, curativa y erradicante, se absorbe por el follaje de las plantas y es traslocado por la savia hacia arriba, protegiendo los nuevos crecimientos de tejido vegetal. Es de largo efecto residual cuya acción consiste en inhibir la biosíntesis del ergosterol, componente esencial de la membrana celular de los hongos.

Estos resultados en cuanto a la alternancia de fungicidas sistémicos con el oxiclورو de cobre concuerdan con una investigación llevada a cabo en Colombia por Villarraga y Ayala (1986), en donde encontraron que tres aplicaciones de un fungicida sistémico y un sistémico con oxiclورو de cobre, con intervalos de 45 y 60 días controlan eficientemente la enfermedad de la roya y presentan los más bajos porcentajes de defoliación, severidad y hojas infectadas.

5.3 Defoliación de la planta de café.

Esta variable puede estar asociada a varios factores como ser caída de hojas debido al daño ocasionado por la roya, además se puede dar por factores naturales o mecánicos que pueden estar influenciados por las distintas actividades de manejo que se realizan en la finca. Se

tomaron en cuenta las hojas sanas y enfermas caídas en cada muestreo. Esta variable se puede asociar con el grado de severidad de la roya, ya que cuando más del 50% del área de la hoja es cubierto por la roya, disminuye su actividad fotosintética, así como también la respiración y la transpiración, y tiende a caerse, lo que hace que en ciertos casos la incidencia y la severidad bajen.

Esto se puede apreciar mejor en la curva epidemiológica de la roya, en donde en el mes de septiembre los porcentajes de incidencia de roya, al igual que la severidad son bajos, pero esto es debido a que en el mes de agosto se alcanzan los porcentajes de infección más altos, y por lo tanto hay mayor daño a la planta entonces esta tiende a desprender la hoja, lo que provoca un descenso en los niveles de incidencia y severidad en la zona de Linderos, San Nicolás, Santa Bárbara.

Al igual que las variables descritas anteriormente se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos en el muestreo realizado a los 30 días (Anexo 18), en donde la prueba de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) muestra que las aplicaciones de Amistar-Cobre-Amistar (T2), Amistar-Cobre-Rímac (T10) no presentaron defoliación, lo cual se puede deber a que estos tratamientos presentaron bajos porcentajes de incidencia y severidad, además el amistar es un producto que ayuda a conservar la hoja verde por más tiempo en la planta, debido a que reduce la producción de etileno, el cual induce a la senescencia de la hoja, además incrementa la acción de enzimas que desactivan los superóxidos que son producidos por el estrés que causa la senescencia, ambos tratamientos presentaron diferencia estadística con respecto al Testigo (T12) el cual mostró un 3.44%, sin embargo fue la aplicación de Orius-Cobre-Alto (T11) el que presentó el mayor porcentaje de defoliación con un 4.15%, lo cual se pudo deber a factores naturales o mecánicos relacionados con las actividades de manejo de la finca, ya que sus porcentajes tanto de incidencia y severidad de roya no fueron tan altos a los 30 días después de la primera aplicación, lo que contribuye a que la planta pueda desprender sus hojas (Figura 10 y Tabla 3).

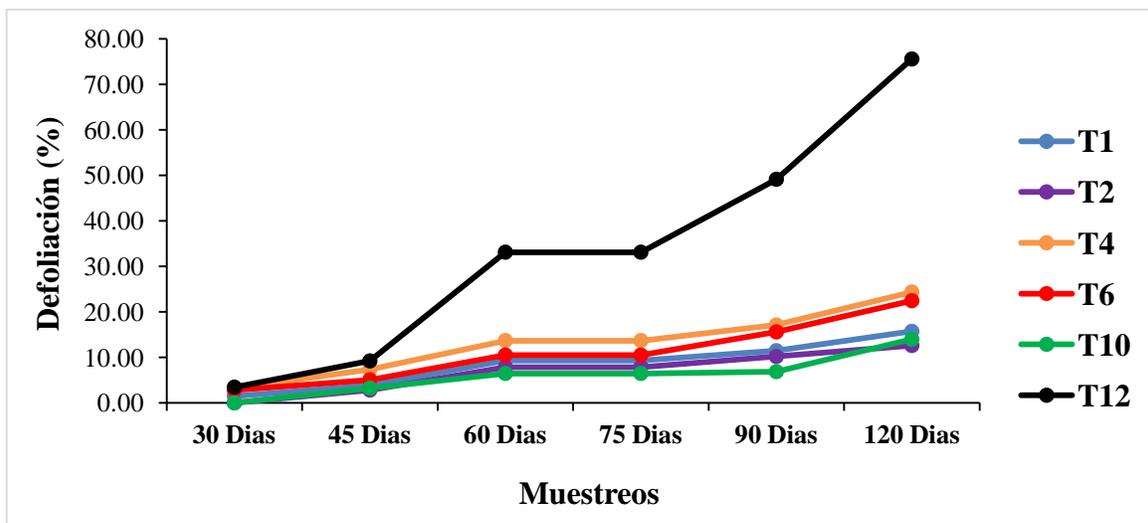


Figura 10. Comportamiento de la defoliación provocada por *Hemileia vastatrix* en los diferentes muestreos realizados.

Una vez efectuada la segunda aplicación con oxiclورو de cobre 50%, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 19) a los 45 días, sin embargo a los 60 días sí se encontraron diferencias significativas entre estos (Anexo 20). La prueba de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) muestra que todas las combinaciones estudiadas fueron iguales estadísticamente, mostrando el mismo efecto sobre la variable estudiada. Esto se puede deber a que en el mes de junio las lluvias con viento fueron bajas, y este factor influye de manera directa para que la hoja se caiga de la planta al estar débilmente sujeta debido al ataque de la roya. Los tratamientos solo mostraron diferencia estadística con respecto al testigo (T12) que resultó ser el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de defoliación con un 33.09%, mientras que las aplicaciones de Amistar-Cobre-Rímac (T10), Amistar-Cobre-Amistar (T2) y Alto-Cobre-Alto (T1) presentaron los porcentajes más bajos de defoliación con 6.46%, 7.82% y 9.30%, respectivamente (Figura 10 y Tabla 3).

A los 90 y 120 días después de la tercera aplicación se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los tratamientos (Anexo 22 y 23). La prueba de medias de Duncan ($p \leq 0.05$) indica que a los 90 días los mejores tratamientos fueron la aplicación de Amistar-Cobre-Rímac (T10), Amistar-Cobre-Amistar (T2), y Alto-Cobre-Alto (T1), los que ejercieron un mejor efecto sobre la retención de la hoja por parte de la planta. El testigo

(T12) alcanzó un porcentaje de defoliación de 49.11%, lo cual se asocia con los altos porcentajes tanto de incidencia como de severidad acumulada que mostraron las plantas desde el inicio del estudio. El resto de las diferentes combinaciones o tratamientos mostraron porcentajes de defoliación entre un 10% y un 25% (Tabla 3)

Tabla 3. Defoliación de las plantas de café de acuerdo a los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Defoliación (%) 30 días	Tratamiento	Defoliación (%) 60 días	Tratamiento	Defoliación (%) 90 días
T2	0.00 a	T10	6.46 a	T10	6.85 a
T10	0.00 a	T2	7.82 a	T2	10.18 ab
T8	0.73 ab	T1	9.30 a	T1	11.46 abc
T3	1.05 ab	T6	10.50 a	T6	15.58 abc
T1	1.49 ab	T8	12.11 a	T8	16.82 abc
T7	2.61 b	T4	13.67 a	T4	17.10 abc
T9	2.77 b	T11	15.03 a	T3	17.85 abc
T6	2.78 b	T9	15.13 a	T9	17.68 abc
T4	3.22 b	T7	15.84 a	T7	20.55 bc
T12	3.44 b	T3	16.44 a	T5	20.82 bc
T5	3.56 b	T5	17.71 a	T11	25.53 c
T11	4.15 b	T12	33.09 b	T12	49.11 d

Letras distintas indican diferencias significativas según Duncan ($P \leq 0.05$)

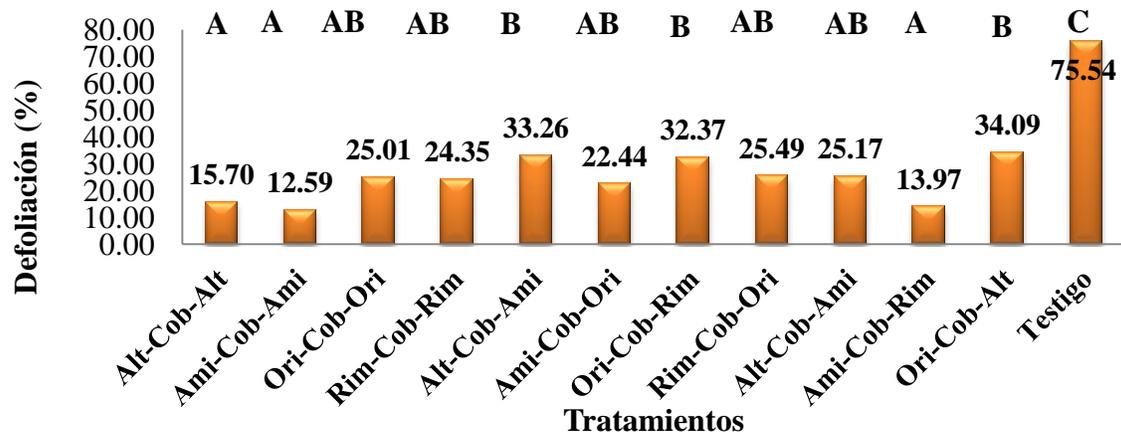


Figura 11. Defoliación acumulada a los 120 días en los diferentes tratamientos evaluados.

En el último muestreo, realizado a los 120 días después de completadas las tres aplicaciones (Figura 11), los tratamientos Amistar-Cobre-Amistar (T2), Amistar-Cobre-Rímac (T10) y Alto-Cobre-Alto (T1) presentaron la mejor eficiencia en cuanto a la reducción de la defoliación. En este caso los productos triazoles tienen al oxígeno con un doble enlace que es el epoxi, en medio de una pentosa y hexosa que es la base estructural de la mayoría de los triazoles, los cuales entran más rápidamente en el proceso de formación del ergosterol, que es la materia prima de la pared celular del hongo, los triazoles actúan inhibiendo este proceso, o más bien evitando que se forme la pared celular del hongo, esta inhibición se da en el citocromo P-450 a través de la inactivación de la enzima C-14- α -demetilasa, la que interrumpe la síntesis de ergosterol en la membrana celular, aumenta la permeabilidad de la membrana y se interrumpe el crecimiento del hongo, lo que evita la defoliación en plantaciones de café afectadas por roya.

El testigo (T12) mostró el mayor porcentaje de hojas caídas durante el tiempo de estudio llegando a un 75.54% en el último muestreo, lo cual se debió a los altos porcentajes de incidencia y severidad de roya que mostró. La aplicación de Amistar-Cobre-Orius (T6) que en las variables anteriores fue una de las más eficientes en cuanto al control de la incidencia y la severidad de la roya, alcanzó un porcentaje de defoliación de 22.44%, siendo estadísticamente igual que la aplicación de Orius-Cobre-Orius (T3), Rímac-Cobre-Rímac (T4), Rímac-Cobre-Orius (T8) y Alto-Cobre-Rímac (T9) (Figura 11).

Una de las alternativas para el control de la roya del café es la aplicación alternante de fungicidas sistémicos-contacto-sistémicos, como lo son las combinaciones de Amistar-Cobre-Amistar y Amistar-Cobre-Orius evaluadas en este estudio, donde fueron las que presentaron los menores porcentajes de infección en cuanto a incidencia y severidad de la roya del café durante el tiempo que duro el estudio. En la primera aplicación realizada se usaron los fungicidas sistémicos los cuales penetran dentro del tejido de la planta afectando el crecimiento del hongo al inhibir la biosíntesis de ergosterol, generalmente estos fungicidas se usan cuando el potencial de inóculo es alto, lo que trae como resultado una caída rápida de la infección debido a su acción curativa y erradicante.

La duración de estos productos en la planta es entre los 20 y 30 días, después de esto se hace uso de un fungicida de contacto el cual requiere de una buena cobertura del follaje, principalmente en el envés de la hoja, la aplicación de un cúprico se hace para aumentar la eficiencia del sistémico, debido a las propiedades preventivas del cobre las cuales ayudan a inhibir la germinación y penetración de esporas en la planta, esto se debe a que los fungicidas de contacto protegen hojas que no han sido atacadas por el hongo, ya que cuando una hoja está infectada por roya, esta continuará su crecimiento aunque se haya aplicado un producto a base de cobre, el cual tiene un efecto preventivo en la planta de 15 a 25 días. Por lo tanto después de una segunda aplicación es necesaria una última aplicación de un fungicida sistémico para tener un mejor control en aquellas áreas donde el fungicida protector no ocasionó efecto alguno. Los productos sistémicos tienen características preventivas al inhibir la germinación de la espora, curativas por que penetran dentro de la hoja mediante un movimiento traslaminar que permite al producto transpasar la cutícula y llegar hasta el mesófilo de la misma y erradicativas por que detienen el crecimiento micelial del hongo y la formación de pústulas.

En este estudio llevado a cabo en la zona de Linderos como segunda aplicación se hizo uso del oxiclورو de cobre 50% en donde se pudo observar que en los tratamientos antes mencionados, se observaron aumentos en los niveles de incidencia, como también en el daño al área foliar de la hoja, lo cual como se explicó anteriormente se debió a que ya había un daño por parte del hongo en las hojas, por lo tanto solo se pudieron proteger hojas nuevas que no habían sido atacadas por la roya, ya que en las hojas que ya había daño por parte del hongo este continuo su desarrollo teniendo como resultado el aumento en los niveles de severidad de roya en las combinaciones de fungicidas evaluadas. Por lo que fue necesario realizar la tercera aplicación de los fungicidas sistémicos para tener un mejor control sobre aquellas áreas en donde el fungicida de contacto no hizo efecto alguno, el empleo de fungicidas sistémicos se hace con el objetivo de aprovechar las características erradicantes y curativas que ofrecen los mismos.

Campos *et al.* (1985) evaluaron la alternancia de un fungicida sistémico con un oxiclóruo de cobre, en donde efectuaron aplicaciones a intervalos de 28 días, los resultados obtenidos indicaron que los tratamientos con sistémicos disminuyeron el índice de infección, cuando se usó primero el fungicida sistémico, y luego cuando se aplicó el oxiclóruo de cobre, se observó un eficiente control de la roya. No se puede decir que la mejoría se debió solamente al sistémico, el aumento del índice de infección fue grande después de la última aplicación, no siendo así el caso en el que se aplicó el fungicida sistémico y el oxiclóruo de cobre.

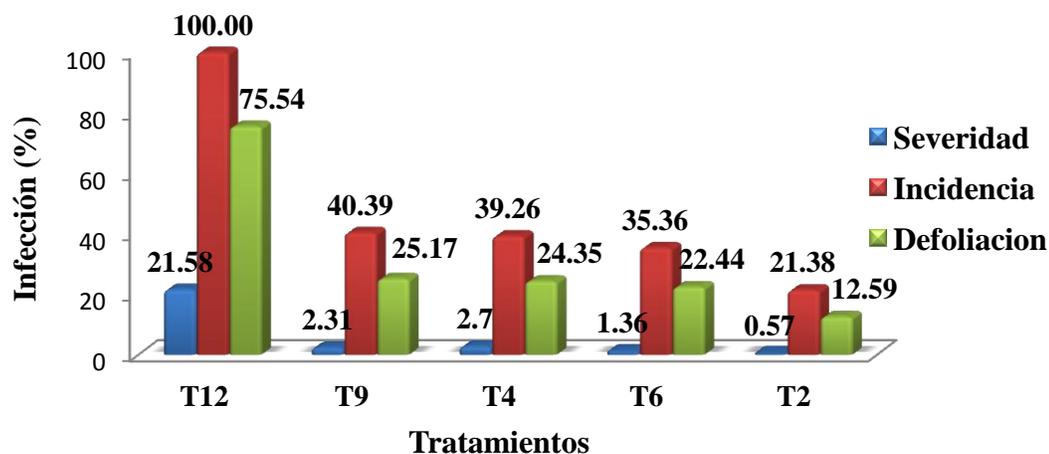


Figura 12. Incidencia, severidad y defoliación acumulada a los 120 días provocada por *Hemileia vastatrix*, en los tratamientos evaluados.

En la figura 12 se muestran los porcentajes de infección en el último muestreo de las diferentes variables evaluadas en cada uno de los tratamientos, en donde se puede apreciar que el testigo (T12) presentó los mayores porcentajes de infección y defoliación. La aplicación de Amistar-Cobre-Orius (T6) y Amistar-Cobre-Amistar (T2) fueron los tratamientos que mostraron los más bajos porcentajes de infección y defoliación durante el tiempo que duro el estudio. Claramente se pudo apreciar la importancia de las aplicaciones de fungicidas en las fincas, ya que estas ayudan a mantener un mejor control y manejo

sobre la enfermedad evitando alcanzar niveles tan altos de infección como los que se alcanzaron en el testigo absoluto (T12).

Además después de efectuadas las tres aplicaciones se pudo apreciar el efecto individual de ciertos productos durante el tiempo que duro el estudio, como lo fue el Alto 10 SL (Cyproconazol) específicamente en la primera aplicación de los tratamientos, ya que en los muestreos realizados a los 30 días, fue uno de los que ejerció un mejor control sobre la roya manteniendo los menores porcentajes de infección en algunos tratamientos, este producto tiene un efecto de control en el tejido vegetal, el cual es de aproximadamente 30 días.

En cambio fue el fungicida Amistar Xtra 28 SC (Cyproconazol + Azoxystrobin), que individualmente ejerció un mejor control de la roya del café en el momento durante el cual fue aplicado, presentando los menores porcentajes de infección y defoliación en los muestreos realizados a los 30, 90 y 120 días en los diferentes tratamientos a los cuales se les aplico este producto. Además el Orius 25 EW (Tebuconazol) fue uno de los fungicidas que cuando fue aplicado a los diferentes tratamientos presentó altos porcentajes de infección en los muestreos realizados a los 30 días después de la primera aplicación y a los 90 días después de efectuada la tercera aplicación, sin embargo cuando fue alternado con el Oxiclورو de cobre 50% y el Amistar Xtra 28 SC fue el que presento los más bajos porcentajes de infección en las variables de incidencia y severidad de la roya del café durante los muestreos realizados a los 90 y 120 días, el cual ayudo en parte a controlar la roya del café después de la aplicación del oxiclورو de cobre, por lo cual tomando en cuenta los resultados de este estudio se debe usar de manera alternada con otros productos.

5.4 Costos de aplicación de los fungicidas evaluados.

Para hacer este análisis se consideró el precio de los fungicidas y la mano de obra para hacer las tres aplicaciones a intervalos de 30 días entre una y otra aplicación. El costo de estos fungicidas en las casas comerciales es de Lps. 1,600 el litro Amistar Xtra 28 SC,

1,500.00 el litro de Alto 10 SL, 900.00 el litro de Rímac 25 EC, 900.00 el litro de Orius 25 EW y el costo del oxiclورو de cobre es de Lps. 160.00 el Kg.

Cuadro 3. Costo de aplicación de los productos evaluados.

No	Tratamientos	Costos fijos/ha	Costos variables/ha	Costo total (Lps.)
1	Alto 10 SL-O. cobre 50%-Alto 10 SL	300.00	2,060.00	2,360.00
2	Amistar Xtra 28 SC-O. cobre 50%- Amistar Xtra 28 SC	300.00	2,160.00	2,460.00
3	Orius 25 EW-O. cobre 50%-Orius 25 EW	300.00	1,460.00	1,760.00
4	Rímac 25 EC-O. cobre 50%-Rímac 25 EC	300.00	1,460.00	1,760.00
5	Alto 10 SL-O. cobre 50%-Amistar Xtra 28 SC	300.00	2,110.00	2,410.00
6	Amistar Xtra 28 SC-O. cobre 50%-Orius 25 EW	300.00	1,810.00	2,110.00
7	Orius 25 EW-O. cobre 50%-Rímac 25 EC	300.00	1,460.00	1,760.00
8	Rímac 25 EC-O. cobre 50%-Orius 25 EW	300.00	1,460.00	1,760.00
9	Alto 10 SL-O. cobre 50%-Rímac 25 EC	300.00	1,760.00	2,060.00
10	Amistar Xtra 28 SC-O. cobre 50%-Rímac 25 EC	300.00	1,810.00	2,110.00
11	Orius 25 EW-O. cobre 50%-Alto 10 SL	300.00	1,760.00	2,060.00
12	Testigo	0.00	0.00	0.00

Costos fijos/ha = Mano de obra, depreciación del equipo

Costos variables/ha = Costo de los productos químicos utilizados/ha

Se puede apreciar que las combinaciones más económicas para el productor, son las combinaciones de Orius-Cobre-Orius (T3), Rímac-Cobre-Rímac (T4), Orius-Cobre-Rímac (T7) y Rímac-Cobre-Orius (T8). Sin embargo, su efectividad en cuanto al control de severidad de la roya no es tan bueno ya que se alcanzaron porcentajes de 2.00%, 2.79%, 3.88% y 2.71% respectivamente, por lo tanto es necesario complementarlos realizando prácticas culturales y agronómicas de manejo en la finca, como fertilizaciones granulares y

foliares, basadas en un análisis de suelo, y si es posible un análisis de tejido, regulación de sombra y el manejo de tejidos, los cuales si se hacen de forma oportuna y complementadas con tres aplicaciones de cualquiera de estos tratamientos, contribuirán a mantener o disminuir los porcentajes de incidencia y severidad de la roya dentro de la finca.

En cambio las combinaciones de mayor costo son el Amistar-Cobre-Amistar (T2) y Amistar-Cobre-Orius (T6) y estas son las más eficientes en cuanto al control de la enfermedad, pero su precio tan elevado las hace poco accesibles para la mayoría de los pequeños productores. Sin embargo, son una excelente opción para medianos y grandes productores por la efectividad mostrada en este estudio.

VI. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos indican que los mejores tratamientos para contrarrestar el ataque de la roya del café fueron las combinaciones de Amistar-Cobre-Amistar y Amistar-Cobre-Orius. También resulto efectiva la alternancia de Orius-Cobre-Alto en cuanto a la reducción de la severidad de roya.
2. Tomando en cuenta los costos de los fungicidas, de su aplicación y la eficiencia en el control químico de la roya, resulta más conveniente la combinación de Amistar-Cobre-Orius y Amistar-Cobre-Amistar, ya que aunque los costos de estos sean elevados, su eficiencia en el campo en cuanto al manejo de la roya del café los hace ser mejores que aquellas combinaciones de productos químicos de más bajo costo.
3. Las condiciones ambientales (como una temperatura de 29 °C como máxima y bajas precipitaciones en los meses de abril y mayo), ayudaron a mantener bajos los niveles de infección de la roya del café en la zona de Linderos, en cambio estos niveles de infección aumentaron a medida que las condiciones ambientales (como altas precipitaciones y temperaturas de 26 °C como máxima) se vuelven favorables para el desarrollo del hongo.
4. La razón fundamental para el control de la roya del café radica en la necesidad de proteger el follaje de la planta de café, y así evitar alcanzar niveles de infección y defoliación tan altos como los que se alcanzaron en el testigo absoluto durante el tiempo que duro el estudio, lo cual ocasiona pérdidas en la producción de café, así como también perdidas de las plantaciones en general.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar diferentes dosis de estos fungicidas, específicamente aquellos que fueron más eficientes en el control de la roya del café, bajo diferentes condiciones ambientales para optimizar las dosis contra la roya del café.
2. Las aplicaciones de fungicidas químicos para la zona de Linderos, San Nicolás, Santa Bárbara se deben efectuar de acuerdo al comportamiento del hongo para esa zona, siguiendo el desarrollo de la curva epidemiológica que nos indica que la incidencia de la roya es baja entre los últimos días del mes de marzo hasta la primera quincena del mes de junio.
3. Antes de recomendar un fungicida, es recomendable considerar tres aspectos: eficiencia contra la enfermedad, el daño ambiental que ocasiona y los costos económicos por aplicación
4. Es importante tomar en consideración que con un buen manejo de la sombra y las podas sanitarias, se reduce grandemente la incidencia de la roya del café
5. Dada la importancia que tiene el cultivo de café en la zona de Linderos, San Nicolás, Santa Bárbara y siendo la roya del café una de las enfermedades que más limitan su producción, es necesario continuar realizando más investigaciones para encontrar otros productos adecuados para el control de la roya del café, en forma tal que resulte eficiente y económico para los productores de dicha zona, así como también sería importante investigar el efecto de la alternancia sistémico-sistémico-sistémico sobre el control de la roya del café bajo diferentes condiciones ambientales. .

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Arcila, P; Farfán, V; Moreno B; Salazar, F; Hincapié, E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia: Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 309 P

Avelino, J; Muller, R; Eskes, A; Santacreo, R; Holguin, F. 1999. La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. Desafíos de la caficultura de Centroamérica. San José. 99 P

Balaña, PJ. 2003. Determinación del efecto económico de los nematodos Fitoparasíticos en el cultivo de café (*Coffea arabica*). Tesis Ing. Agr. Ciudad de Guatemala. Universidad de San Carlos. 60 p

Barrera, F; Manuel, V; Muñoz, R. 1990. Investigaciones referentes al control biológico de la broca del café mediante la utilización de parasitoides de origen africano. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura (IICA) México, Centroamérica, Panamá y el Caribe, 1er informe técnico. P 2

Becker, S; Moraes, W; Quijano, M. 1991. La roya del cafeto conocimiento y control. Cooperación técnica. República Federal de Alemania. 281 p

Bonilla, C.A. 1982. Evaluación de la eficiencia de fungicidas en el combate de la roya del cafeto (*Hemileia vastarix*) Resúmenes de Investigación sobre el Problema de la Roya del Cafeto, ISIAP, El Salvador. p. 65-69.

_____ ; Tronconi, N. 1985. Evaluación de tres dosis y tres fungicidas cúpricos en el control químico de la roya del cafeto en Santa Barbará. Segunda reunión regional del

PROMECAFE sobre el control de la roya del cafeto. Tegucigalpa MDC. Honduras C.A. P 63-74

_____ ; Cerón A. 1985. Evaluación de campo de tres formulaciones de cobre 50% cobre metálico contra la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) en El Salvador. In 2 Reunión Regional del PROMECAFE sobre el Control de la Roya del cafeto, Tegucigalpa, Honduras, 20-23 agosto, 1985. Honduras, IICA. p. 174-185

Chávez, G.M. 1987. Resultados epidemiológicos de la Comisión Roya durante cuatro años de estudio en Guatemala. In 3 Reunión Regional del PROMECAFE sobre el Control de la Roya del Cafeto, Boquete, Panamá, 6-9 mayo, 1987. Panamá, IICA. p. 16-30.

Campos, O; Gento, J.C; Colon, D; Reyes, J; Mazariegos, R. 2013. Análisis sobre la eficiencia de fungicidas contra la roya del cafeto. Revista el cafetal (en línea). Consultado el 29 octubre de 2013. Disponible en <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Eficiencia-fungicidas-roya>

Campos, V.P; Abreu, M; Spiller, J.T. 1985. Alternancia de un fungicida sistémico y un protector en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). Boletín técnico no 10:914. CENICAFE. P 12-13

Canjura E. 2000. Reproducción masiva de *Verticillum* sp. Hiperparásito de la roya del café (*Hemileia vastatrix*). Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 75 P

Cárdenas, S. 2007. Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo del café (*Coffea arabica* L.) del CATIE. Tesis Mag. Sc en agricultura ecológica. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 117 P

Carvajal, JF. 1985. Cafeto - cultivo y fertilización. 2da. Edición. Berna, Suiza. Instituto Internacional de la Potasa. 254 P

CICAFE (Centro de Investigaciones en Café) 2013. Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). Barva, Heredia. San José Costa Rica. 73 P

CODOCAFE (Consejo Dominicano del Café) 2012. Manejo integrado de la roya del cafeto. Santo Domingo, República Dominicana. Editora Corripio. 10 P

CLCD (Centro Latinoamericano para la competitividad y el desarrollo) 2000. La Caficultura en Honduras. INCAE. Honduras C.A. P 1-2,4

Cristancho, M. 2011. Control biológico de la roya del café. Enfermedades del cafeto en colombia, Cenicafé (en línea). Consultado el 22 de mayo 2013. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/index.php/forums/viewthread/20/#44>

Díaz, A. 2011. Estimación de los efectos del cambio climático sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café. Tesis Lic. Biología. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 91 P

Fumagalli, A; Rivera, M; Menendez, L. 1985. Proyecto del método para calcular el efecto acumulativo de la roya del cafeto. Segunda reunión regional del PROMECAFE sobre el control de la roya del cafeto. Tegucigalpa MDC. Honduras C.A. P 150-159.

Gálvez, C; Montoya, M; Osorio, M. 1982. Estudio epidemiológico de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en el Salvador. San Salvador, El Salvador. P 121-146

Gil, S.L. 1982. Determinación de la dosis óptima de oxiclورو de cobre 50% CM. y óxido cuproso 50% C.M. para el combate de la roya del cafeto. In 5 Simposio Latinoamericano

sobre Caficultura, San Salvador, El Salvador, 20-22 octubre, 1982. Costa Rica, IICA. p. 200-216.

_____; Bautista, F. 1982. Evaluación de épocas y frecuencias de aplicación de oxiclورو de cobre 50% y su persistencia activa en el área foliar para el combate de la roya del cafeto. In 5 Simposio Latinoamericano sobre Caficultura, San Salvador, El Salvador, 20-22 octubre 1982. Costa Rica, IICA. p 81-103

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café) 1995. V seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura. Tegucigalpa Honduras, C.A. 366 P

_____. 1997. VI seminario nacional de investigación y transferencia en caficultura. Tegucigalpa Honduras, C.A. 400 P

_____. 2013. Problemática de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en Honduras. Tegucigalpa Honduras, C.A. 30 p.

LANAFIL, sf. Orius 25 EW. Fungicidas (en línea). Consultado el 17 de may. 2013. Disponible en <http://www.lanafil.com/es/?pg=producto&id=66>

Leguizamón, C. 1994. Control químico de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) con fungicidas sistémicos aplicados al suelo y al follaje. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). Informe Anual de Labores de la Disciplina de Fitopatología del período octubre 1993 a 1994. Chinchiná, Cenicafé. 25 p.

Londoño, G. 1995. Evaluación de un fungicida sistémico Cyproconazol para el control de la roya del cafeto. Cenicafé 46 (1). 15 p

López, D. 2010. Efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) del café, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 117 P

Macías, N; Escoto, JA; Donaire, JA; Rivera, J. 1985. Evaluación de dosis de Count-N en el control de roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). Segunda reunión regional del PROMECAFE sobre el control de la roya del cafeto. Tegucigalpa MDC. Honduras C.A. P 46-62

Macías, N. 2001. Enfermedades del cultivo de café. Manual de caficultura. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Tegucigalpa MDC. Honduras C.A. P 143-153

Meléndez, H. 1985. Epidemiología de la roya del cafeto bajo diferentes condiciones ecológicas. Segunda reunión regional del PROMECAFE sobre el control de la roya del cafeto. Tegucigalpa MDC. Honduras C.A. P 150-159.

Ochoa, C. 1985. Evaluación de dosis y frecuencias de un fungicida cúprico en el control de la roya del cafeto. Tesis Ing. Agr. La ceiba, Atlántida, Honduras. CURLA. 64 P.

OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria) 2000. Buenas prácticas de cultivo en café orgánico. Costa Rica. 50 P

Orozco, E; Figueroa P; Pacheco, A; Calderón, G. 2011. Manejo integrado de la roya del cafeto. Revista el cafetal la revista del caficultor (28). P 4-6

Palma, M; Pineda, C; Tronconi, M. 1990. Determinación de dosis óptimas de tres formulaciones de cobre, en el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en el departamento de Olancho. In Taller Regional sobre Epidemiología, Control Químico de

la Roya y Otras Enfermedades del Caté, Tegucigalpa, Honduras, 15-17 mayo, 1989. Guatemala, IICA. p. 77-97.

Palma, M. 2001. Poda de los cafetales. Manual de caficultura. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Tegucigalpa MDC. Honduras C.A. p 91-101

Pineda, JA. 2000. 15 años de investigación en café. Sección fitopatología. IHCAFÉ. Linderos, San Nicolás, Santa Bárbara. 25 P

_____. 2001. Establecimiento del cafetal. Manual de caficultura. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Tegucigalpa MDC. Honduras C.A. P 45-57

Pinochet, J. 1987. Plagas y enfermedades de carácter epidémico en cultivos frutales de la región centroamericana. Informe técnico N^o. 110 CATIE. Panamá. 57 P.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) 1998. Condiciones Socioeconómicas de los Productores de Café en Honduras-informe sobre el desarrollo humano en Honduras. 23 P

PROMECAFE (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y la Modernización de la Caficultura) 1985. Taller regional sobre epidemiología de la Roya del Cafeto (*Hemileia vastatrix*). Antigua Guatemala. 141p.

_____. 2013. La roya del café boletín n^o. 134. El Salvador P1-15

Rayner, R.W. 1972. Micología, Historia y Biología de la roya del cafeto. Costa Rica, IICA-CATIE, Publicación Miscelánea 94. p 68.

Rivillas, C; Serna, C; Cristancho, M; Gaitán, A. 2011. La roya del cafeto en Colombia (impacto, manejo y costos de control resultados de investigación). Centro Nacional de Investigación del Café (Cenicafé). Chinchiná, Caldas, Colombia. 53 p

Romero, A. 2010. Efecto de los sistemas agroforestales del café y del contexto del paisaje sobre la roya, (*Hemileia vastatrix*), broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari) y los nematodos *Meloidogyne* spp.), con diferentes certificaciones en la provincia de Cartago Costa Rica. Tesis Mg. Sc en agricultura ecológica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 102 P

Santacreo, R; Reyes, E; Oseguera, S. 1983. Estudio del desarrollo de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Y su relación con factores biológicos y climáticos en condiciones de campo en dos zonas cafetaleras de Honduras, C.A. In 6 Simposio Latinoamericano sobre Caficultura, Panamá, Panamá, 24-25 noviembre, 1993. Costa Rica, IICA. p 199 - 213.

Santacreo, R. 2001. Historia del cultivo del cafeto en Honduras. Manual de caficultura. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Tegucigalpa MDC. Honduras. P 1-3

_____. 2001. Variedades y Mejoramiento Genético del Café. Manual de caficultura. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Tegucigalpa MDC. Honduras. P 18-29.

Sierra, S. 1987. Persistencia de depósitos de dos fungicidas cúpricos en condiciones de campo. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). Informe de labores de la Disciplina de Fitopatología en el período 1985 - 1987. Chinchiná. 10 p

Silva A, R.; Alvarez V, V.H.; Zambolim, L. 2002. Estrategias de control de la roya del cafeto con la aplicación de fungicida protector y Sistémico en viçosa, minas gerais, Brasil. Pág. 13.

Silva, R; Rosales, M; Tenias, J.2000. Aspectos fisiológicos del cafeto: su influencia en el ataque de roya. Brasil. 15 p

SINAVEF (Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Sanitaria) 2013. Ficha técnica de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). México. 28 P.

Sosa, M. 2001. Biología de la planta y clima para el cultivo de café. Manual de caficultura. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Tegucigalpa MDC. Honduras C.A p 5-17

_____; Ordoñez, M. 2001. Uso y manejo de sombra. Manual de caficultura. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). Tegucigalpa MDC. Honduras. P 61-67

Subero, L. sf. I Reunión sobre la roya del café. Tapachula, Chiapas, México. 15 p

Superagro Honduras, sf. Productos agropecuarios de calidad (en línea). Consultado el 5 abril 2013. Disponible en <http://www.superagrohonduras.com>

Syngenta. 2011. Recomendaciones para su uso. Grandeza de los altos rendimientos. 1-2 p.

Syngenta. 2013. Recomendaciones para su uso. Grandeza de los altos rendimientos. 1-2 p.

Toledo, C; Avelino, J; Medina B. 1995. Evaluación de fungicidas para el control de la roya *Hemilcia vasfatrix* en el cultivo del café. **In** 16 Simposio sobre Caficultura Latinoamericana, Managua, Nicaragua, 25-29 octubre, 1993. Honduras, IICA. Sin número de páginas.

Tronconi, N; Escoto, JA; Agurcia, R. 1987. Evaluación de productos sistémicos alternados con oxiclورو de cobre en el control de la roya del cafeto (*Hemilcia vasfatrix*) en la zona

del Lago de Yojoa. X Simposio de Caficultura Latinoamericana, Tapachula, Chis. México, 12-13 noviembre. IICA. p. 50-60.

Tronconi, N; Escoto, JA. 1990. Eficiencia de triadimenol en el control químico de la roya del cafeto en Honduras. In 11 Simposio de Caficultura Latinoamericana, San Salvador, El Salvador, 5-6 diciembre. Costa Rica, IICA. p. 115-131.

_____ ; Zaldivar R; Acosta, J.R. 1997. Determinación de la eficiencia y economía en el control de la Roya del Cafeto, Mediante el uso de Cyproconazol (Alto 100 SL). In: Sexto Seminario Nacional de investigación y Transferencia en Caficultura. Instituto Hondureño del café (IHCAFE). Tegucigalpa, Honduras. Pág. 282-288.

Willians, B.C.W.; Ureta, J.C.; Miranda, E. y Cortes, L. 1991. Control químico de los hongos: *Hemileia vastatrix*, *Cercospora Cofeicola* y *Mycena citrocolor* en el cultivo del café, en dos localidades de Boquete. In: XIV Simposio de Caficultura Latinoamericano, IICA-IMA-MIDA, Panamá, 20-24 de mayo, p. 16.

Villarraga, L; Ayala, H. 1986. Épocas y frecuencia de aplicación de fungicidas sistémicos y mezclas para el control de roya del café en Colombia, Bogotá, Colombia. 19 p

ANEXOS

Anexo 4. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 15 días después de la primera aplicación

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	5.19	2	2.59	3.31	0.0553 N.S
Tratamiento	18.46	11	1.68	2.14	0.0618 N.S
Error	17.23	22	0.78		
Total	40.88	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.58 C.V = 23.31**

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.7833 gl: 22

Tratam.	Medias	
T1	2.51	A
T11	3.24	AB
T6	3.33	AB
T4	3.41	AB
T9	3.43	AB
T2	3.48	AB
T8	3.56	ABC
T10	4.16	A BC
T12	4.18	ABC
T3	4.22	ABC
T5	4.85	BC
T7	5.20	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 5. ANAVA para la variable de incidencia de roya a los 30 días después de la primera aplicación

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3.31	2	1.66	2.05	0.1524 N.S
Tratamiento	19.89	11	1.81	2.24	0.0517 N.S
Error	17.76	22	0.81		
Total	40.95	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.57 C.V = 22.33**

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.8071 gl: 22

Tratam.	Medias	
T1	2.57	A
T6	3.36	AB
T11	3.46	AB
T2	3.73	ABC
T4	3.75	ABC
T8	3.77	ABC
T9	3.86	ABC
T10	4.33	BC
T3	4.40	BC
T12	4.56	BC
T5	5.07	BC
T7	5.40	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 6. ANAVA para la variable de incidencia de roya a los 45 días después de la segunda aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3.33	2	1.67	2.73	0.0870 N.S
Tratamiento	31.91	11	2.90	4.76	0.0009 **
Error	13.42	22	0.61		
Total	48.66	35			

N.S = No Significativa ($p \leq 0.01$) **R² = 0.56 C.V = 14.77**

** = Altamente Significativa

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.6098 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	3.95	A
T1	4.38	AB
T6	4.54	AB
T8	4.58	AB
T9	4.70	ABC
T10	5.07	ABC
T11	5.12	ABC
T4	5.30	ABCD
T3	5.81	BCDE
T5	6.16	CDE
T7	6.62	DE
T12	7.22	E

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 7. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 60 días después de la segunda aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3.19	2	1.59	2.93	0.0746 N.S
Tratamiento	36.28	11	3.30	6.05	0.0002 **
Error	11.99	22	0.54		
Total	51.46	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.63 C.V = 13.15**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.5449 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	4.12	A
T6	4.61	A
T1	5.02	AB
T9	5.12	AB
T8	5.23	AB
T10	5.30	AB
T11	5.31	AB
T4	5.38	AB
T3	6.19	BC
T5	6.25	BC
T7	6.84	CD
T12	7.98	D

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 8. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 75 días después de la tercera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3.02	2	1.51	2.25	0.1287 N.S
Tratamiento	62.56	11	5.69	8.49	0.0001 **
Error	14.73	22	0.67		
Total	80.31	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.71 C.V = 13.25**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.6697 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	4.16	A
T6	5.11	AB
T9	5.48	AB
T4	5.66	B
T10	5.71	B
T8	5.77	B
T1	6.00	BC
T11	6.01	BC
T3	6.40	BC
T5	6.64	BC
T7	7.43	C
T12	9.73	D

Anexo 9. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 90 días después de la tercera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	2.33	2	1.17	1.58	0.2279 N.S
Tratamiento	59.98	11	5.45	7.41	0.0001 **
Error	16.19	22	0.74		
Total	78.50	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.67 C.V = 13.27**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 104.0966 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	4.41	A
T6	5.41	AB
T9	5.83	AB
T10	5.84	AB
T4	5.92	ABC
T11	6.25	BC
T8	6.28	BC
T1	6.53	BC
T3	6.76	BC
T5	6.92	BC
T7	7.52	C
T12	9.94	D

Anexo 10. ANAVA para la variable incidencia de roya a los 120 días después de la tercera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3.32	2	1.66	2.95	0.0732 N.S
Tratamiento	53.65	11	4.88	8.67	0.0001 **
Error	12.38	22	0.56		
Total	69.35	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.72 C.V = 11.07**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 87.7734 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	4.62	A
T6	5.88	AB
T4	6.22	B
T9	6.34	B
T11	6.42	BC
T10	6.42	BC
T8	6.45	BC
T1	6.94	BC
T5	7.05	BC
T3	7.25	BC
T7	7.70	C
T12	10.00	D

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 11. ANAVA para la variable severidad de roya a los 15 días después de la primera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.16	2	0.08	1.53	0.2393 N.S
Tratamiento	1.08	11	0.10	1.85	0.1050 N.S
Error	1.16	22	0.05		
Total	2.40	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.52 C.V = 35.19**

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0528 gl: 22

Tratam.	Medias	
T1	0.35	A
T11	0.49	AB
T2	0.52	AB
T6	0.58	ABC
T9	0.60	ABC
T8	0.61	ABC
T3	0.61	ABC
T10	0.66	ABC
T4	0.71	ABC
T12	0.78	ABC
T5	0.92	BC
T7	1.00	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 12. ANAVA para la variable severidad de roya a los 30 días después de la primera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.13	2	0.07	1.08	0.3560 N.S
Tratamiento	1.44	11	0.13	2.17	0.0589 N.S
Error	1.33	22	0.06		
Total	2.91	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.54 C.V = 35.78**

Letras distintas indican diferencias significativas (P ≤ 0.05)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0606 gl: 22

Tratam.	Medias	
T1	0.36	A
T6	0.49	AB
T11	0.50	AB
T2	0.57	AB
T8	0.63	ABC
T3	0.63	ABC
T9	0.67	ABC
T10	0.71	ABC
T4	0.74	ABC
T12	0.90	BC
T5	0.96	BC
T7	1.09	C

Anexo 13. ANAVA para la variable severidad de roya a los 45 días después de la segunda aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.03	2	0.02	0.20	0.8241 N.S
Tratamiento	2.99	11	0.27	3.30	0.0083 *
Error	1.81	22	0.08		
Total	4.84	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.62 C.V = 30.67**

.* = Significativo (P ≤ 0.05)

Letras distintas indican diferencias significativas (P ≤ 0.05)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.4845 gl: 22

Tratam.	Medias	
T6	0.34	A
T2	0.37	A
T1	0.40	A
T11	0.54	AB
T9	0.56	AB
T3	0.88	AB
T8	0.93	AB
T10	1.08	AB
T4	1.30	ABC
T5	1.32	ABC
T7	1.84	BC
T12	2.56	C

Anexo 14. ANAVA para la variable severidad de roya a los 60 días después de la segunda aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.32	2	0.16	1.81	0.1877 N.S
Tratamiento	3.89	11	0.35	4.04	0.0026 **
Error	1.93	22	0.09		
Total	6.13	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.69 C.V = 26.58**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0876 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	0.62	A
T6	0.70	AB
T1	0.76	ABC
T11	0.93	ABCD
T8	1.04	ABCD
T10	1.04	ABCD
T9	1.05	ABCD
T4	1.26	BCDE
T3	1.28	CDE
T5	1.44	DE
T7	1.49	DE
T12	1.75	E

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 15. ANAVA para la variable severidad de roya a los 75 días después de la tercera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.34	2	0.17	1.90	0.1728 N.S
Tratamiento	14.19	11	1.29	14.36	0.0001 **
Error	1.98	22	0.09		
Total	16.50	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.81 C.V = 22.09**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0898 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	0.67	A
T6	0.89	AB
T1	1.03	ABC
T11	1.09	ABC
T9	1.12	ABC
T10	1.14	ABC
T8	1.16	ABC
T4	1.35	BCD
T3	1.37	BCD
T5	1.48	CD
T7	1.74	D
T12	3.24	E

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 16. ANAVA para la variable severidad de roya a los 90 días después de la tercera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.33	2	0.16	1.76	0.1960 N.S
Tratamiento	21.71	11	1.97	21.26	0.0001 **
Error	2.04	22	0.09		
Total	24.08	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.92 C.V = 20.29**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0928 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	0.70	A
T6	0.92	AB
T11	1.21	ABC
T9	1.23	ABC
T1	1.24	ABC
T10	1.24	ABC
T8	1.26	ABC
T4	1.42	BCD
T3	1.47	BCD
T5	1.56	CD
T7	1.85	D
T12	3.90	E

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 17. ANAVA para la variable severidad de roya a los 120 días después de la tercera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	0.44	2	0.22	3.42	0.0508 *
Tratamiento	30.85	11	2.80	43.66	0.0001 **
Error	1.41	22	0.06		
Total	32.70	35			

* = Significativo **R² = 0.96 C.V = 14.69**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0642 gl: 22

Tratam.	Medias	
T2	0.75	A
T6	1.16	AB
T11	1.31	BC
T10	1.35	BC
T9	1.48	BCD
T1	1.49	BCD
T8	1.61	BCD
T3	1.62	BCD
T4	1.63	BCD
T5	1.70	CD
T7	1.97	D
T12	4.64	E

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 18. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 30 días después de la primera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.4258 gl: 22

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	19.04	2	9.52	22.36	0.0001 **
Tratamiento	11.74	11	1.07	2.51	0.0321 *
Error	9.37	22	0.43		
Total	40.14	35			

* = Significativo ($p \leq 0.05$) **R² = 0.77 C.V = 64.11**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Tratam.	Medias	
T2	0.00	A
T10	0.00	A
T8	0.49	AB
T3	0.59	AB
T1	1.00	AB
T9	1.32	B
T7	1.32	B
T6	1.36	B
T4	1.46	B
T12	1.49	B
T5	1.54	B
T11	1.65	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 19. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 45 días después de la primera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.7280 gl: 22

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	9.31	2	4.66	6.40	0.0065 *
Tratamiento	9.37	11	0.85	1.17	0.3604 N.S
Error	16.02	22	0.73		
Total	34.70	35			

* = Significativo ($P \leq 0.05$) **R² = 0.54 C.V = 38.39**

N.S = No Significativo

Tratam.	Medias	
T2	1.37	A
T1	1.55	A
T10	1.76	A
T8	1.82	A
T6	2.09	A
T3	2.17	A
T4	2.21	A
T9	2.50	A
T11	2.50	A
T12	2.82	A
T7	2.85	A
T5	3.02	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 20. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 60 días después de la primera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	2.59	2	1.29	1.58	0.2278 N.S
Tratamiento	24.05	11	2.19	2.67	0.0238 *
Error	17.99	22	0.82		
Total	44.63	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.60 C.V = 24.90**

* = Significativo ($p \leq 0.05$)

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.8178 gl: 22

Tratam.	Medias	
T10	2.54	A
T2	2.65	A
T1	2.92	A
T6	3.20	A
T8	3.31	A
T4	3.45	A
T9	3.86	A
T11	3.86	A
T3	3.92	A
T7	3.95	A
T5	4.19	A
T12	5.73	B

Anexo 21. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 75 días después de la primera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	2.59	2	1.29	1.58	0.2278 N.S
Tratamiento	24.05	11	2.19	2.67	0.0238 *
Error	17.99	22	0.82		
Total	44.63	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.60 C.V = 24.09**

* = Significativo ($p \leq 0.05$)

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.8178 gl: 22

Tratam.	Medias	
T10	2.54	A
T2	2.65	A
T1	2.92	A
T6	3.20	A
T8	3.31	A
T4	3.45	A
T9	3.86	A
T11	3.86	A
T3	3.92	A
T7	3.95	A
T5	4.19	A
T12	5.73	B

Anexo 22. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 90 días después de la primera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	3.54	2	1.77	2.03	0.1549 N.S
Tratamiento	41.78	11	3.80	4.36	0.0016 **
Error	19.15	22	0.87		
Total	64.47	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.70 C.V = 22.41**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.8703 gl: 22

Tratam.	Medias	
T10	2.61	A
T2	2.99	AB
T1	3.27	ABC
T4	3.82	ABC
T6	3.88	ABC
T8	4.02	ABC
T3	4.13	ABC
T9	4.16	ABC
T7	4.51	BC
T5	4.56	BC
T11	5.02	C
T12	7.01	D

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

Anexo 23. ANAVA para la variable defoliación de roya a los 120 días después de la primera aplicación.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloque	2.26	2	1.13	1.50	0.2445 N.S
Tratamiento	60.93	11	5.54	7.38	0.0001 **
Error	16.52	22	0.75		
Total	79.70	35			

N.S = No Significativo **R² = 0.79 C.V = 16.95**

** = Altamente Significativo ($p \leq 0.01$)

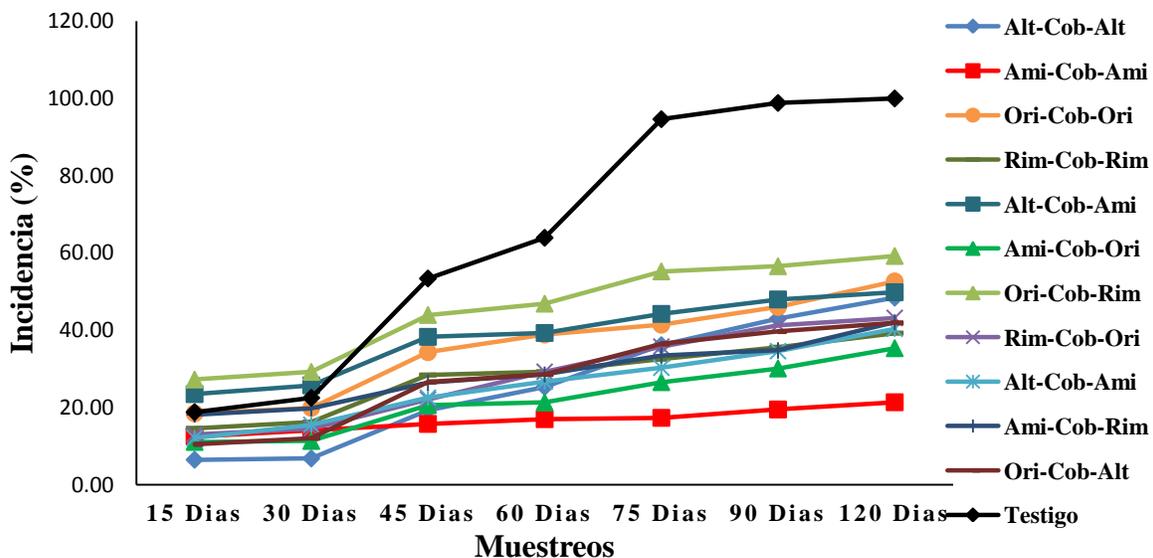
Test: Duncan Alfa=0.05

Error: 0.7508 gl: 22

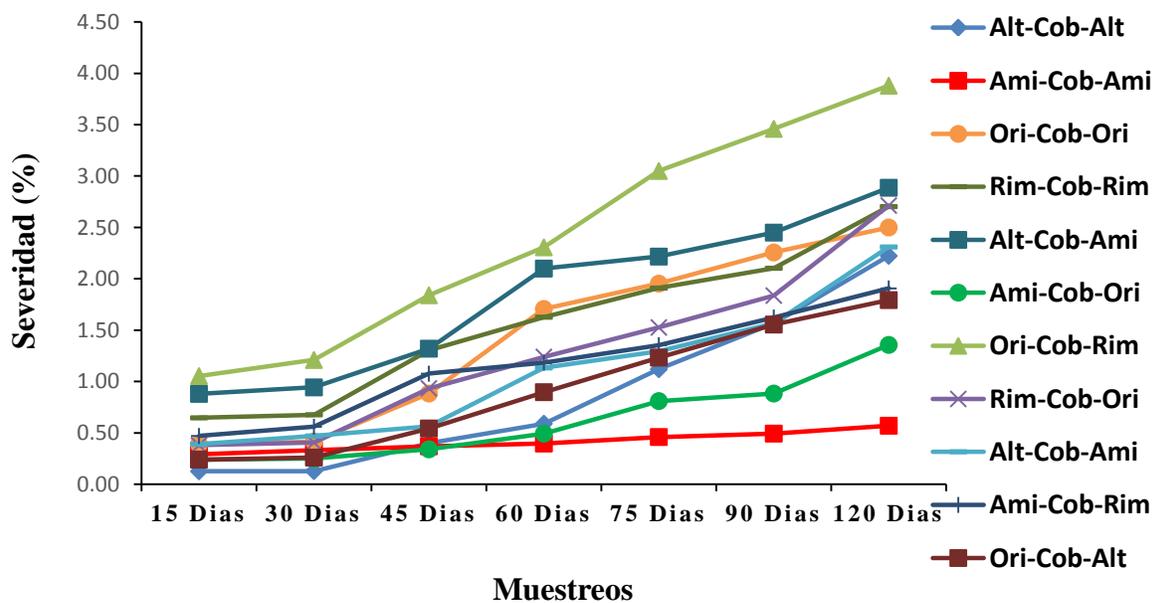
Tratam.	Medias	
T2	3.47	A
T10	3.73	A
T1	3.88	A
T6	4.68	AB
T4	4.85	AB
T3	4.91	AB
T8	4.92	AB
T9	5.01	AB
T7	5.64	B
T5	5.76	B
T11	5.80	B
T12	8.67	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

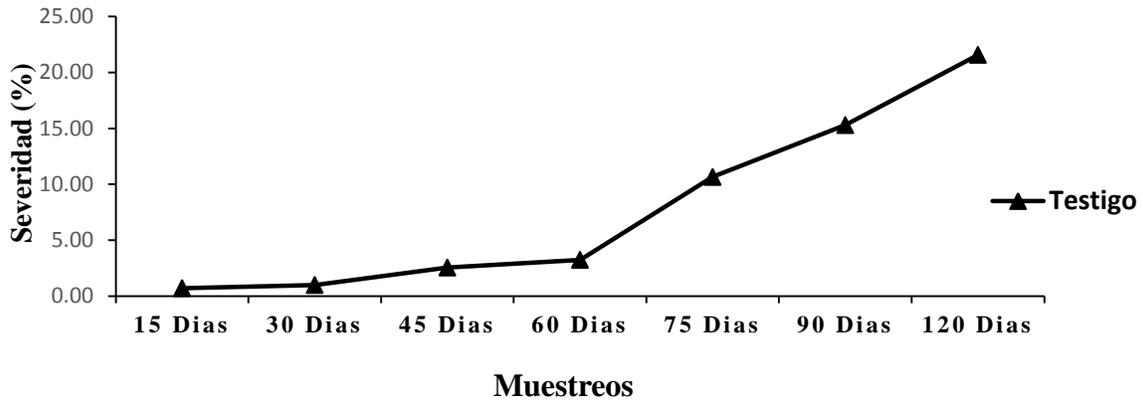
Anexo 24. Incidencia de roya observada en el campo durante el tiempo de estudio.



Anexo 25. Comportamiento de la severidad de roya en el periodo bajo estudio.



Anexo 26. Comportamiento de la severidad de roya en el testigo absoluto en el periodo bajo estudio.



Anexo 27. Comportamiento de la defoliación provocada por *Hemileia vastatrix* en los diferentes muestreos realizados.

