

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FUNGICIDAS ORGÁNICOS
Y SINTÉTICOS EN EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFE (*Hemileia
vastatrix*) EN EL MUNICIPIO DE EL PARAISO**

POR:

LUIS HUMBERTO COLÍNDRES MARTÍNEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE FUNGICIDAS ORGÁNICOS Y
SINTÉTICOS EN EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFE (*Hemileia vastatrix*)
EN EL MUNICIPIO DE EL PARAISO**

POR:

LUIS HUMBERTO COLÍNDRES MARTÍNEZ

**MARIO EDGARDO TALAVERA, M.Sc.
Asesor Principal**

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

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A **DIOS** todo poderoso, por su infinito amor y gran misericordia para conmigo, porque nunca me ha dejado desamparado y ha hecho de mí una persona diferente.

A mis queridos padres **Pedro Ramón Colíndres Colíndres y Hilsa Ramona Martínez Salgado**, por haberme traído a este mundo y siempre apoyarme incondicionalmente a lo largo de toda mi vida, por sus enseñanzas, consejos, regaños y valores inculcados, por la valentía y el gran esfuerzo que hacen y han hecho y demostrarme que cuando algo se quiere; se puede a pesar de todas las limitantes y adversidades.

A mis queridos y adorados hermanos **Antonio, Pedro, Alberto, Rafael, Orlando, Josué, David, Felipe y Alejandro** por ser la base de mi inspiración y motivación para seguir adelante y nunca darme por vencido.

A mis amigos, compañeros de la carrera y a mi novia por ser uno de los pilares más importantes ya que sin su ayuda, la realización de mi carrera no hubiese sido posible.

AGRADECIMIENTOS

AL DIVINO CREADOR DEL UNIVERSO por su infinito amor y gran misericordia para conmigo y permitirme ser parte de él, regalando sabiduría e inteligencia.

A MI ADORABLE Y AMADA MADRE HILSA RAMONA MARTÍNEZ SALGADO, por haberme enseñado y aconsejado durante toda mi vida y por ser la mejor mamá del mundo.

A MI AMADO PADRE por ser un pilar insustituible en mi familia, por sus consejos y el apoyo incondicional que me ha brindado y darme la ayuda necesaria toda mi vida.

A MIS QUERIDOS Y AMADOS HERMANOS, por siempre estar conmigo y ser quienes me sirven de inspiración para poder continuar y apoyarme cuando más los necesito.

A MIS TIOS, ADAM COLÍNDRES, JULIA COLÍNDRES, DIMAS SALGADO y MIRIAM SALGADO, por el apoyo incondicional durante mi carrera y lo largo de toda mi vida.

AL M.Sc. MARIO EDGARGO TALAVERA, por haberme brindado sus conocimientos e inculcarme su experiencia y asesorado en la realización de mi tesis.

AL PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO DE VIEXCO ECOLÓGICO, por haberme apoyado en la realización de tesis y experimentado en la formación de mi vida profesional.

AL M.Sc. LEONEL MERCADAL por brindarme su apoyo y transmitirme de su experiencia en la redacción de mi trabajo final.

A MIS AMIGOS, de la UNA por ser buenos compañeros y por esos momentos que serán inolvidables y quedarán para la historia, JUAN CRUZ, MELVIN CASTILLO, KEVIN GRANADOS, MARCIAL GUERRERO, ARNALDO ANDRADE, ARIEL CASTRO Y JIMMY BENITEZ Y NELSON CARRANZA, por haberme demostrado su verdadera amistad.

A MI NOVIA KARLA MARIELA MURILLO MOLINA por haberme apoyado y permanecer a mi lado siempre y por el amor sincero que siempre me ha guardado.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA, por ser mi alma máter y haber sido como un segundo hogar durante mi formación universitaria.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	vi
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTAS DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. General	2
2.2. Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
4.1. Importancia de la caficultura en Honduras	3
4.2. Aspectos agroclimáticos sobre el cultivo del café	4
4.3. Prácticas generales de manejo del cultivo	4
4.4. Variedades	6
4.4.1. Pacas	6
4.5. Producción convencional y orgánica de café	6

4.6. Plagas del café	7
4.6.1. Plagas insectiles del cultivo de café	7
4.6.2. Nemátodos (<i>Meloidogyne sp</i> , <i>Pratylenchus coffe</i> , <i>Rotylenchulus sp.</i>).....	8
4.6.3. Enfermedades en el cultivo del café (<i>Coffea arábica</i>)	9
4.7. Metodología de kushalappa para evaluar el daño de roya.....	15
4.7.1. El Procedimiento	16
4.7.2. Nomenclatura.....	17
4.8. Fungicidas ecológicos	17
4.8.1. Descripción del modo y mecanismo de acción de los fungicidas evaluados para el control de la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>)	18
IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	23
5.1 Localización del experimento.....	23
5.2 Materiales y equipo	23
5.3 Manejo del experimento	24
5.3.1 Tamaño y manejo de la parcela experimental	24
5.4. Tratamientos y diseño experimental.....	25
5.4.1. Aplicación de tratamientos	25
5.4.2. Toma de lecturas.....	26
5.5. Variables evaluadas	27
5.5.1. Incidencia de roya en el cultivo de café	27
5.5.2. Severidad del ataque de la roya	28
5.5.3. Defoliación	28
5.5.4. Número de pústulas por hoja.....	30
5.6. Análisis estadístico	30
5.7. Análisis económico	30

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5.1. Incidencia de la roya en el cultivo del café	31
5.2. Severidad del ataque de la roya	38
5.3. Defoliación	43
5.4. Número de pústulas por hoja	48
5.5. Análisis de costos de los fungicidas evaluados	52
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES	55
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	56
ANEXOS	64

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Descripción de los tratamientos que fueron evaluados para el control de la roya de café (<i>Hemileia vastatrix</i>).....	26
Cuadro 2. Descripción de cada uno de los fungicidas que fueron utilizados.....	27
Cuadro 3. Escala diagramática para estimar el porcentaje de área foliar afectada por la roya.	29
Cuadro 4. Costo de aplicación de los productos evaluados.	52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Incidencia (%) encontrados en los diferentes tratamientos por muestreo.	33
Tabla 2. Severidad por hoja, expresada en porcentajes en los distintos tratamientos evaluados.....	40
Tabla 3. Defoliación en cada uno de los tratamientos evaluados durante todo el estudio. ...	46

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Bandola de café con 10 hojas presentes y dos hojas enfermas con roya.	16
Figura 2. Ubicación geográfica donde se realizó la investigación	23
Figura 3. Identificación de la parcela útil dentro de la parcela experimental.....	24
Figura 4. Asignación de valores a las pústulas de la roya del café con el método de Kushalappa para medir el porcentaje de severidad.	28
Figura 5. Medición de la variable incidencia con el método de kushalappa para el conteo de nudos y hojas por bandola.	29
Figura 6. Precipitación promedio por semana durante todo el estudio en el municipio de El Paraíso, El Paraíso.	32
Figura 7. Temperatura promedio por semana durante todo el estudio en el municipio de El Paraíso, El Paraíso.	33
Figura 8. Incidencia de la enfermedad.....	34
Figura 9. Incidencia acumulada de la enfermedad a los 75 días.	37
Figura 10. Severidad de área foliar afectada por la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>) por hoja, durante todo el estudio realizado en El Paraíso (%).	39
Figura 11. Severidad acumulada por hoja representada en porcentaje, que se presentó a los 75 días con los respectivos fungicidas.....	43
Figura 12. Defoliación en porcentajes afectado por la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>) en campo durante todo el estudio.	45
Figura 13. Defoliación acumulada a los 75 días en los tratamientos evaluados.	47
Figura 14. Número de pústulas de la roya por hoja, para medir el efecto que presentaron las diferentes aplicaciones en las hojas de las plantas del cultivo de café.	50
Figura 15. Valores totales que presentaron las variables evaluadas en el estudio para el manejo de la roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i>).	51

LISTAS DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Croquis de campo del ensayo.	65
Anexo 2. Cronograma de actividades a realizar en los meses de junio a septiembre.	65
Anexo 3. Escala de Kushalappa para cuantificar el porcentaje de área foliar con roya.....	66
Anexo 4. Hoja de toma de datos.....	67
Anexo 5. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los cero días.....	68
Anexo 6. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los quince días.....	68
Anexo 7. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los treinta días.	69
Anexo 8. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los cuarenta y cinco días.	69
Anexo 9. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los sesenta días.....	70
Anexo 10. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los setenta y cinco días.....	70
Anexo 11. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los cero días.	71
Anexo 12. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los quince días.....	71
Anexo 13. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los treinta días.....	72
Anexo 14. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los cuarenta y cinco días.....	72

Anexo 15. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los sesenta días.....	73
Anexo 16. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los setenta y cinco días.	73
Anexo 17. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los quince días.	74
Anexo 18. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los treinta días.	74
Anexo 19. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los cuarenta y cinco días.	75
Anexo 20. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los sesenta días.	75
Anexo 21. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los setenta y cinco días.	76

Colindres Martínez, L.M. 2013. Determinación de la eficiencia de fungicidas orgánicos y sintéticos en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el municipio de El Paraíso. Tesis ing. agrónomo. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras C.A. 90 Pág.

RESUMEN

La investigación se realizó en las fincas de COFEVASA, en la aldea de Los Granadillos, en el municipio de El Paraíso, El Paraíso, con el objetivo de evaluar la eficiencia de fungicidas orgánicos y sintéticos en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), utilizando los fungicidas: Phyton 24 SC (Sulfato de cobre pentahidratado), MAI007 (*Streptomyces Spp.*), Fumbact 24 SC (Sulfato de cobre pentahidratado), Brotolom cobre (cobre al 4.5 % p/p), Alto 10 SL (cyproconazole), Silvacur 30 EC (Tebuconazole y Triadimenol), Duet SC (Carbendazim y Epoxiconazol), Nativo 300 SC (Trifloxystrobin y Tebuconazole). Se utilizó un diseño BCA, con 12 tratamientos y 4 repeticiones. Se seleccionó un lote de la variedad paca en plena etapa fructífera y con sombra regulada al 50%. Se realizaron tres aplicaciones de fungicidas a intervalos de 30 días, haciendo rutina de fungicida sistémico en la primera y tercera aplicación y como aplicación intermedia un fungicida de contacto. Para determinar la eficiencia de los fungicidas evaluados se estudiaron cuatro variables: incidencia, severidad, defoliación y número de pústulas. Los resultados encontrados muestran que las combinaciones Phyton-MAI007-Fumbact con 34.27 % y Phyton-Nativo-Brotolom cobre con 36.34 % presentaron los porcentajes más bajos de incidencia; al contrario las aplicaciones de Silvacur-Fumbact-Silvacur con 52.30 % y Fumbact-MAI007-Brotolom cobre 53.77 %, que fueron las que mostraron los porcentajes más altos de incidencia. Mientras el testigo presentó un 98.34 %. Para la variable severidad se observaron diferencias significativas en donde las aplicaciones de Phyton-MAI007-Fumbact (T9) y Phyton-Nativo-Brotolom cobre (T5) ejercieron el mejor efecto con respecto al área foliar dañada por el hongo (*Hemileia vastatrix*) con porcentajes de 1.57 % y 2.01 %; el testigo presentó una severidad de 14.53 %. En cuanto a la variable defoliación se tomaron en cuenta el número total de hojas caídas y además las hojas enfermas, encontrándose diferencias significativas, en donde las combinaciones de Phyton-MAI007-Fumbact (T9) y Duet-Fumbact-Duet (T3) presentaron el mejor efecto en cuanto a la retención de la hoja afectada por roya con porcentajes de defoliación de 10.00% y 13.83 %; por otra parte, el testigo presento una defoliación de 36.06 %. Para la variable número de pústulas, la mejor aplicación fue Phyton-MAI007-Fumbact (T9) con un promedio de 3.26 pústulas por hoja, que ejerció el mejor efecto. Se observó que tanto los niveles de incidencia como severidad de la roya son bajos en los meses de mayo y junio, esto probablemente se debe a las condiciones de humedad relativa, precipitación y temperatura, las cuales no son óptimas para los procesos de dispersión y germinación de esporas del hongo. Sin embargo, para los meses de julio, agosto y septiembre, los niveles de incidencia y severidad de la roya aumentan significativamente, lo que concuerda con el aumento de las lluvias.

Palabras claves: *Hemileia vastatrix*, incidencia, severidad, defoliación, pústulas, fungicidas, Café, *Coffea arabica*.

Colíndres Martínez, L. M. 2013. Determination of the efficiency of organic and synthetic fungicides in the management of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) in the town of El Paraíso. Thesis Ing. Agronomist. National University of Agriculture, Catacamas, Olancho, Honduras CA 90 Pages.

ABSTRACT

The research was conducted in COFEVASA farms in the village of Los Granadillos, in the city of El Paraíso, El Paraíso; with objective evaluate the efficiency of organic and synthetic fungicides in the management of coffee rust (*Hemileia vastatrix*). Using fungicides: (Streptomyces Spp) SC Phyton 24 (copper sulfate pentahydrate) MAI007, Fumbact 24 SC (copper sulfate pentahydrate), Brotolom copper (copper at 4.5 % p / p), Alto 10 SL (cyproconazole) Silvacur 30 EC (tebuconazole and triadimenol), Duet SC (Carbendazim and Epoxiconazole), Native SC 300 (trifloxystrobin and tebuconazole). One RCBD design was used with 12 treatments and 4 replications. Lots of variety in the bale full shade fruitful stage regulated and 50% were selected. Three applications at 30 day intervals were made, making routine systemic fungicide in the first and third intermediate application and as a contact fungicide application. Incidence, severity, defoliation and number of pustules: To determine the efficiency of fungicides evaluated four variables were studied. The results show that the Python-MAI007-Fumbact combinations with 34.27 % and Phyton-Native-Brotolom copper 36.34 % had the lowest incidence rates, unlike applications Silvacur-Fumbact-Silvacur with 52.30% and Fumbact-MAI007-Brotolom copper-53.77 %, which were those that showed the highest incidence rates. The witness presented a 98.34 %. For the severity varying significantly different where applications Phyton-MAI007-Fumbact (T9) and Phyton-Native-Brotolom copper (T5) brought the best effect with respect to leaf area damaged by the fungus (*Hemileia vastatrix*) causal agent coffee rust with percentages of 1.57 % and 2.01 %. The witness provided a severity of 14.53 %. As defoliation varying the total number of fallen leaves and diseased leaves in addition, significant differences, where combinations of Phyton-MAI007-Fumbact (T9) and Duet-Fumbact-Duet (T3) had been taken into account better effect in terms of retention percentages affected by rust defoliation 10.00% and 13.83 % leaf. The witness presented 36.06 % defoliation. For the variable number of pustules was the best application Phyton- MAI007-Fumbact (T9) with an average of 3.26 pustules per leaf, which exerted the best effect. It was observed that both the incidence and levels of rust severity are low in the months of May and June; it is probably because during these months the conditions of relative humidity, precipitation and temperature are not optimal for dispersion processes and germination of fungal spores. However, for the months of July, August and September, the levels of incidence and severity of rust increase significantly, which is consistent with the increased rainfall.

Keywords: *Hemileia vastatrix*, chemical control, incidence, severity, defoliation, pustules, fungicides, Coffee, *Coffea Arabica*.

I. INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo industrial de alta rentabilidad, cuya producción nacional ocupó el tercer lugar en exportación a nivel mundial en el año 2012, Brasil en el segundo lugar y Vietnam ocupa el primer lugar. La caficultura en Honduras ha demostrado ser un rubro que genera más de 1,200 millones de dólares en divisas, destacándose como una de las mejores actividades productivas comparándola con otros rubros que se exportan en el país (Alvarenga, 2012)

Según Rodríguez (2012), se estima que durante la cosecha 2013-2014, Honduras perderá hasta 1.2 millones de quintales de la producción de café de ocho millones de quintales y que generará unos 1,500 millones de dólares. No obstante, el brote de la roya y la caída de precios en el mercado internacional hará que la cifra prevista se reduzca en unos 500 millones de dólares, es decir un 33,33 %.

La mayor parte de café cultivado en Honduras, se encuentra sembrado bajo los sistemas agroforestales que inducen a la proliferación de hongos, debido a la humedad estos patógenos causan altas pérdidas económicas en la producción. En la actualidad, los caficultores y organizaciones de nuestro país utilizan diversos tipos de control para la roya del café. El control químico es el método más efectivo y utilizado por los caficultores, la utilización de estos productos sintéticos contaminan el ambiente. Para reducir el daño ambiental se han propuesto nuevos fungicidas de acción ecológica que son amigables con el medio ambiente.

Como iniciativa para reducir esta problemática que ha surgido en la caficultura en los últimos años, se realizó la presente investigación con el objetivo de estudiar el efecto de fungicidas orgánicos y sintéticos para reducir la incidencia y severidad de este patógeno.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Determinar la eficiencia de fungicidas orgánicos y sintéticos en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el municipio de El Paraíso

2.2. Específicos

Comparar el efecto de cada uno de los tratamientos como alternativa de manejo para la reducción de la incidencia y la severidad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*).

Analizar la relación beneficio-costo parcial de los fungicidas ecológicos a evaluar en el control de roya (*Hemileia vastatrix*).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Importancia de la caficultura en Honduras

El café (*Coffea arábica*) en nuestro país es uno de los cultivos primordiales dentro de nuestro patrimonio nacional, no solo por ser el principal rubro de exportación del país, sino por su capacidad de redistribución directa de la riqueza a más de 109, 265 familias. El café genera empleo, desarrolla el transporte interno en muchas regiones, respalda las finanzas públicas, incentiva el consumo y transforma tanto el sector industrial como el rural y agrícola. La vida económica, política y social de muchas aldeas en Honduras gira en torno a este grano. La producción de café contribuye con 5 a 8% del PIB nacional y 30% del PIB agropecuario (Flores, 2012).

También se destaca por ser un cultivo generador de divisas y en el área social la caficultura contribuye a promover el 25 % de empleos en las zonas rurales. Es el cultivo de mayor influencia en el sector agrícola vinculando las familias de nuestro país. Asimismo se hace énfasis en la parte política ya que el gobierno se interesa por contribuir con todas las ayudas posibles promoviendo estrategias de manejo para el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) que causó grandes pérdidas económicas en la cosecha (IHCAFE, 2012).

A nivel ambiental el café se distingue en su mayoría de los demás cultivos por contribuir a la protección de los recursos naturales, destacándose que se produce en sistemas agroforestales (bajo sombra). Entre otros se menciona que también reduce la degradación de los suelos ya que contribuye a que estos generen materia orgánica y favorece la protección y producción del agua, involucrando a 15 departamentos en la producción de café distribuido casi en su totalidad por el país (Agromercados, 2012).

4.2. Aspectos agroclimáticos sobre el cultivo del café

El cultivo de café se desarrolla a una altitud óptima entre los 500 y 1700 msnm, la precipitación va desde los 1000-2800 mm, las cantidades menores o mayores a estas afectan el crecimiento y la calidad del grano. La temperatura óptima para su cultivo es de 17 a 23 °C, temperaturas inferiores a 10 °C provocan clorosis, la humedad relativa óptima es de 70% y mayor al 80% de humedad aumentan las enfermedades fungosas. El viento induce a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, asimismo favorece la incidencia de enfermedades (CICAFE, 2011).

Sullca (s.f), describe que el suelo es muy importante para cultivar café ya que es el determinante de la producción, teniendo en cuenta la permeabilidad, drenaje y el contenido de minerales incluyendo la topografía del suelo. Los mejores suelos son los que contienen altos porcentajes de materia orgánica, se debe evitar los suelos que se forman por las escorrentías, ya que son suelos muy pesados por su alto contenido de arcilla, los suelos planos o con pequeñas pendientes ofrecen mejores condiciones agrícolas que los inclinados. Para un mejor desarrollo del cultivo se requieren suelos profundos >1.5 m, con un pH de 5 a 6.5 y suelos de textura franca. Los elementos nutritivos que el cafeto requiere en mayor cantidad son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

4.3. Prácticas generales de manejo del cultivo

La actividad cafetalera inicia con el establecimiento del semillero. Un aspecto muy importante en esta etapa es preparar un buen sustrato. La arena de río o arena blanca es muy utilizada, tamizada para evitar piedras que desvíen o tuerzan la radícula, además tratada con desinfectante de suelo en eras de unos diez centímetros de grosor y el largo a criterio propio, se prefieren camas de un metro de ancho. Sin embargo, para el buen desarrollo radicular de la planta, es importante crear las condiciones de aireación, infiltración de agua, buena fertilización y para tener una buena porosidad del suelo, la textura del sustrato deberá

ser franco/arenoso, se puede preparar un buen material de calidad, haciendo una mezcla de 50% de tierra negra, 25% de pulpa de café en estado seco y 25 % de arena.

La semilla se debe sumergir en agua por 24 a 36 horas, esto ayuda a que el embrión germine más rápido, de 35 a 40 días dependiendo de la época en que se realice la siembra en el germinador. Se debe aplicar cada 15 días mientras salga los cotiledones un fungicida preventivo. La semilla se puede sembrar utilizando varias metodologías entre ellas se encuentran el chorrillo, en surco o al voleo, el sistema más recomendable es siembra en surcos de 2 cm de profundidad y 5 cm de separación, procurando no colocar una semilla sobre otra y de esta manera que quede bien distribuida para aprovechar la mayor cantidad de semilla sembrada. Una vez que las camas estén sembradas se deben tapar con una cubierta de paja seca de una especie de gramínea que esté libre de semillas (Delgado, 2010).

Para el trasplante al vivero se debe verificar que la raíz sea la mejor, eliminando todas aquellas raíces torcidas, cortas o raíces dañadas, para reducir de 2 a 5 % de pérdidas en esta fase garantizando mayormente la producción y la longevidad de la planta en el campo definitivo. Los agricultores ponen en práctica las buenas prácticas agrícolas mediante métodos sostenibles como el manejo integrado de plagas y enfermedades a través de los diferentes tipos de control siendo el control químico el más eficaz y el uso racional de fertilizantes. Debe de planificarse la construcción de viveros entre los meses de marzo y abril, para efectuar la siembra al campo definitivo a los 4 o 5 meses de edad cuando por lo menos posea 6 pares de hojas verdaderas. En todo caso se debe de planificar que la siembra coincida con las lluvias, ya que esto favorecerá el pegue de la futura plantación (Fartan, 2011).

4.4. Variedades

Según López (2007), en nuestro país se cultivan variedades que son resistentes a la roya como ser: lempira, IHCAFE-90, catimor y parainema. También se cultivan variedades que presentan susceptibilidad a la enfermedad como caturra, típica, Bourbon, pacas.

4.4.1. Pacas

Según SICA-INEC-MAG (2002), esta variedad se originó en El Salvador y es considerada como una mutación del café Bourbon. Sus tipologías agronómicas y productivas son equivalentes a la variedad Caturra rojo y presenta susceptibilidad a la roya del café. Se comenzó a sembrar en el Ecuador alrededor de 1966. El germoplasma del CATIE, identificado como Pacas T-2942, se introdujo, evaluó y distribuyó en el Ecuador.

4.5. Producción convencional y orgánica de café

La Prensa (2013), mencionó que en la cosecha 2012-2013 se obtuvo una producción de setecientos mil quintales de café orgánico a nivel nacional, aun con las altas pérdidas causadas en el periodo anterior por la roya del café se estima facturar más de 100 millones de dólares de café orgánico. En cuanto a la producción convencional hubo una disminución de 266 millones de dólares, habiendo obtenido en la cosecha 2011 5.2 millones de quintales con 1238.9 millones de dólares (un área de 350,050.76 hectáreas) por lo cual se tiene previsto para el 2013 una pérdida más alta que la obtenida en el 2012.

La organización internacional del café (OIC), señaló que Honduras es el segundo exportador de café orgánico en América, Perú ubicado en primer lugar, con un área de producción de 25,000 mz, el costo para producir un quintal de café orgánico es de 140 dólares, similar a producir un quintal de café convencional.

Argüijó (2011), señala que Honduras exportó un total de 229, 403 sacos, con ingresos de 124 millones de dólares para la cosecha 2006-2007 en comparación con la cosecha 2012-2013 que tuvo un incremento del 7 %. El IHCAFE (2013), reportó que en la cosecha 2012-2013, Honduras alcanzó un record de 7, 250,000 millones de quintales con 1400 millones de dólares por la exportación de café. Por otro lado, el café crea miles de empleos en la zona rural de nuestro país. También se destacó que las exportaciones de café en el país incrementaron un 172 por ciento en diciembre de 2012, con respecto al año 2010. Actualmente el café en Honduras se ha determinado como la principal fuente de exportación y uno de los cultivos que más genera divisas, este rubro se encuentra representado en 15 departamentos del país y beneficiando a más de 110,000 familias productoras.

4.6. Plagas del café

4.6.1. Plagas insectiles del cultivo de café

No son muchas las plagas insectiles que atacan la planta de café, la más importante y destructiva sin duda es la broca del café (*Hypothenemus hampei*).

Esta es una plaga clave que se presenta y causa daños económicos considerables. Mayormente se presenta en las zonas bajas, desde 800 a 1200 msnm. Los daños ocasionados por la broca se resumen en la pérdida de calidad del producto, favorecer la entrada de organismos patógenos y la reducción en el peso del fruto perforado que no cae. La broca del café también es capaz de atacar bajo condiciones de almacén y cuando se guarda café con alto porcentaje de humedad (CEPICAFAE, 1999).

Para el manejo de este insecto plaga se hace uso de una integración de medidas. En el control cultural se busca reducir las pérdidas de rendimiento realizando prácticas como la raspa, que simplemente es la recolección manual de los frutos inmediatamente una vez finalizada la cosecha.

Esta plaga se ve favorecida por frutos maduros, sobre maduros y secos, para evitarlo se realizan recolecciones oportunas y repases permanentes. Un buen programa de fertilización favorece cosechas fructíferas y floración más uniforme. Se debe mantener una sombra adecuada del cultivo, realizando podas ya que permite conservar mayor entrada de luz y ventilación reduciendo la humedad relativa, utilizar variedades de floración tardía, renovación y manteniendo de cafetales productivos (Decazy et al., 1990).

También se practica el control etológico de la broca. Según Bustillo (2006), para controlar la broca, se instalan las trampas que cuelguen en los cafetos. Uno de los medios utilizados es el cebo que se arregla a base de Cerezas maduras de café que se muelen finamente, se envuelven con alcohol y se cuelan. Otros medios utilizados para controlar esta plaga son: alcohol metílico y etílico como atrayente. Para una mayor eficiencia de control se debe realizar un trampeo masivo de 18-20 trampas/ha, reduciéndose las pérdidas económicas y el rendimiento hasta en un 50-60%.

4.6.2. Nemátodos (*Meloidogyne sp*, *Pratylenchus coffe*, *Rotylenchulus sp.*)

Los nematodos son organismos microscópicos que tienen forma de gusano delgado, alargado, cilíndrico e incoloro, se sitúan en el cuello y las raíces del café, causando atrofias. Además, se visualizan nudos en las raíces atacadas. Los principales síntomas que presenta la planta de café son un color amarillento, un crecimiento reducido y no reaccionan favorablemente a la aplicación de abonos. Para un manejo adecuado se recomienda el uso de variedades resistentes como catimores, preparando los almácigos en la misma finca, evitar el uso de gallinaza fresca, ya que puede ser fuente de infección, aumentar la materia orgánica del suelo en las épocas secas y un buen programa de fertilización (Bertrand, 2009).

4.6.3. Enfermedades en el cultivo del café (*Coffea arabica*)

Rodríguez (s.f), cita que las enfermedades que se presentan en el cafeto son causadas especialmente por hongos y bacterias afectando las plantas en diferentes etapas fenológicas de su desarrollo. La influencia que éstas puedan tener en el crecimiento, producción y rendimiento de los cafetos estará determinada por su incidencia, por la edad de la planta y por el manejo de todas las condiciones para el desarrollo del cultivo. Por tanto, además de poder reconocer los síntomas de las enfermedades, se debe hacer uso de métodos de control adecuados para evitar la proliferación de dichos patógenos.

Entre las principales enfermedades están la roya del café o roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), Ojo de gallo (*Mycena citricolor*), Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*), pie negro (*Rosellinia bunodes*), Mal de Hilachas, Arañero (*Pellicularia koleroga*). Estas causan pérdidas económicas dentro del cultivo, bajan la calidad del grano y disminuyen la producción debido a la defoliación de la planta (Angela d´Areny, s.f). De todas ellas, la roya es sin duda la más importante.

A. Descripción y origen de la roya del café (*Hemileia vastatrix*)

El IICA (1977), explica el origen y evolución de la roya del cafeto que mostró su gran apogeo cuando se dieron a conocer las dos primeras epidemias documentadas. En el año 1868, en la isla de Ceilán (hoy en día Sri-Lanka), el daño fue tan grave que quienes cultivaban el cafeto al no conocer la enfermedad ni su control, decidieron arrancar los cafetales y sembrar té. Posterior a este hecho, estudios desarrollados en África, Asia e India permitieron observar que sí se podía controlar la enfermedad. Es considerado como un parásito obligado, no puede sobrevivir en el suelo o en material vegetal inerte; hasta la fecha no ha sido posible su cultivo en laboratorio.

En cuanto a la clasificación taxonómica del patógeno causante de la roya del cafeto según Subero (2013) pertenece a la división eumycota, subdivisión basidiomycotina, clase teliomycetes, al orden uredinales, familia pucciniaceae, género *Hemileia* y la especie *vastatrix* Berk & br. Con la llegada de la roya a Brasil en los años setentas, se evaluó que en cultivos donde las plantas no habían sido tratadas, los porcentajes incrementaron en un 80%, mientras que las plantas tratadas con fungicidas protectantes presentaban cantidades iguales o inferiores a un 5%. En 1976 se detectó en Centroamérica, llegando después a Colombia en la década del 80's afectando los cultivos de las áreas bajas de 600 a 1000 msnm (Croplife s.f).

B. Síntomas que presentan las plantas

LANREF (2013), relata que las plantas de café se ven afectadas por la caída prematura de las hojas infectadas, dicha enfermedad provoca la reducción en el rendimiento en un 50% y una defoliación del 60%. Una epidemia de la roya presenta tres fases claramente identificables en procesos denominados poli cíclicos. Con una etapa lenta con infección de unas pocas hojas; posteriormente una fase rápida o explosiva y una fase terminal o máxima, se observa el efecto en el amarre de los frutos.

Los indicios surgen en forma de manchas polvorientas de color amarillo naranja sobre el envés de las hojas. Al principio las manchas son redondas y pequeñas y tienen un diámetro de casi 5 mm, crecen hasta 10 veces más grandes y se cubren de polvo anaranjado. Cárdenas *et al.* (s.f), cita que la roya provoca la caída de hojas debido a que la parte central de las manchas se seca consecutivamente, se tornan de color pardo forzando a que la hoja se pierda o se caiga tempranamente.

El hongo se desarrolla en donde tiende a acumularse más agua, ya que esta induce al crecimiento de uredosporas que se reconocen como el polvillo amarillo o naranja ubicado por el envés de la hoja afectada. El ataque de este patógeno disminuye drásticamente la producción porque obstruye la obtención de energía en la hoja, la cual es responsable de

tres procesos vitales (fotosíntesis, respiración y transpiración); al ser atacada reduce su funcionamiento y puede incluso desprenderse del árbol. A mayor número de hojas enfermas, mayor es el impacto en la producción. Las pérdidas por la roya del cafeto pueden llegar hasta un 30% de cada cosecha. La pérdida es inmediata por los frutos que caen o no maduran debido a la defoliación de las plantas. A mediano plazo, ocurre disminución de la producción para el siguiente año por el debilitamiento de los cafetos afectados.

C. Factores que facilitan la expansión de la roya del cafeto

Velásquez (2012), puntualiza que los componentes que intervienen en el desarrollo de la enfermedad son las condiciones climáticas favorables de la zona, el hospedero susceptible, patógeno virulento y el manejo agronómico.

Según Procafé (2007), las temperaturas de 24 a 26°C son óptimas para el desarrollo del patógeno, una película de agua sobre la superficie de las hojas por lo menos durante seis horas que es el agente que activa el ciclo del hongo, se ve favorecida por la oscuridad o penumbra ya que la luz inhibe o atrasa su crecimiento, cafetos dañados en las raíces por insectos y hongos debido a que penetran la planta por las heridas o estomas, alta producción y cafetos mal fertilizados o sin fertilización.

El desarrollo de la roya se ve favorecido por humedades relativas mayores al 75%, donde las precipitaciones son constantes y en bajas altitudes que van desde los 600-1200 msnm. Otro factor importante es la diseminación de las esporas por el viento y por el hombre. También el hongo se ve favorecido por altos porcentajes de sombra (>80 %), el porcentaje ideal de sombra para el cultivo de café es de 50-60%, el hongo se ve afectado por la entrada de luz debido a que inhibe el desarrollo de esporas (Calderón 2011).

D. Proceso infectivo y ciclo de vida de la roya (*Hemileia vastatrix*)

Etapas de infección

Se realiza por esporas de tamaño microscópico (30 micras de largo por 20 micras de ancho), denominadas uredosporas que producidas en grandes cantidades corresponden al polvillo amarillo o anaranjado que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad. La penetración del hongo se efectúa por una estoma bien formada.

Lo anterior permite explicar que las hojas muy jóvenes cuya maduración de los estomas es incompleta son menos receptivas que las hojas adultas. La germinación puede lograrse en menos de cinco horas y penetra a través de los estomas en 2-4 horas, en condiciones óptimas de temperatura de 15 a 28 °C, luz, humedad la germinación aumenta con mayor rapidez. Después las uredosporas germinan a través de los poros germinales de la hoja y producen las esporas, de 24 a 48 horas se completa la infección (Christancho, 2012).

Etapas de esporulación

En esta fase se dan tres procesos importantes en el desarrollo de este hongo que son:

La producción de uredosporas inicia primero originando las hifas y los haustorios intracelulares que dura de 15 a 25 días. Luego sigue el proceso de maduración de uredosporas, donde se forman y producen uredios con las uredosporas que dura 10-15 días. Luego la colonización se da cuando el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas uredosporas (Ramírez *et al.*, s.f.).

Etapa de disseminación

La liberación de uredosporas inicia después que las esporas están desarrolladas y que han alcanzado su madurez. La dispersión de uredosporas se realiza a través del viento, uno de los factores importantes de la dispersión de esporas, el hombre, etc. Estas llegan a los tejidos de las hojas adultas ya que estas contienen los estomas más abiertos y pueden penetrar fácilmente y luego se da la deposición de uredosporas (Ramírez *et al.*, s.f.).

E. Manejo de la roya del café

Manejo cultural

Dentro de las prácticas culturales usadas se recomienda mantener un buen programa nutricional, mantener la sombra menos del 50-60% para evitar que el hongo tenga las condiciones adecuadas para su desarrollo, lo cual también reducirá la humedad relativa y adicionalmente estimulará el incremento de área foliar y la vida media de las hojas. Es importante además, evitar densidades de plantación altas (superior a 10,000 tallos por sitio) para evitar la proliferación de múltiples chupones que induzcan autosombreamiento (Rivillas *et al.*, 2011).

Manejo genético

Este es quizás el método más importante y de mayor impacto en la lucha contra la roya. Una de las principales variedades que presenta resistencia a la roya del café es la variedad Catimor, la cual responde bajo alta presión de inóculo manteniendo un nivel de infección menor al 15% según Moreno y Alvarado citado por SAGARPA (2013). Suarez y Bustamante (1999), describen que las variedades Icatú y el Arabusta son híbridos con resistencia genética a este patógeno.

Potencialmente están nuevas fuentes de resistencia en germoplasma de *C. arabica*, cada uno con resistencia a diferentes razas fisiológicas del hongo. El híbrido de Timor presenta resistencia a todas las razas conocidas del hongo.

Entre las características de interés agronómica para la selección están: altura o porte de la planta, susceptibilidad al patógeno, porcentaje de granos vanos, producción en kilogramos de café cereza por planta y relación de café oro/café cereza. La transferencia de genes de una planta de café a otra que codifican estas características se puede lograr mediante una serie de cruzamientos controlados, seguido de un proceso de evaluación y selección. Entre las variedades que recomienda el IHCAFE en Honduras están Catimor, IHCAFE-90 y Lempira.

Manejo biológico

Esta es una técnica poco estudiada en nuestros países. CATIE (2000), destaca que debido a los altos costos de control químico en la roya (*Hemileia vastratix*), el control biológico es una opción extra a otras prácticas de manejo para reducir la severidad de la enfermedad. Según estudios preliminares se han descubierto organismos antagonistas a *H. vastratix*, entre ellos *Verticillium lecanii*, que es un hongo hiperparásito común en los cafetales. Actualmente este hongo no se ha logrado producir a gran escala a corto plazo y bajo costo, necesarias para sus aplicaciones en el campo.

Manejo químico

La base racional para el manejo químico de la roya del café involucra la fenología de la planta, para lo cual se requiere entender e identificar los periodos de mayor susceptibilidad y factores de manejo que impactarán sobre la enfermedad. Para el caso de Guatemala el mayor incremento de la enfermedad se observa en los meses correspondientes al desarrollo y maduración del fruto, en la época de cosecha (SENASA, 2012).

En Honduras se destaca que la enfermedad aumenta en mayo-septiembre, con los primeros indicios de lluvia inicia la proliferación del patógeno. En marzo-abril del siguiente año hay un descenso de la enfermedad por condiciones de clima adverso al hongo, caída de hojas durante la cosecha, vientos de la estación seca y defoliación inducida por la enfermedad. Por lo tanto, es el momento oportuno para realizar las aplicaciones, primeramente con fungicidas de contacto (preventivos) o sistémicos (curativos) para reducir o eliminar infecciones latentes durante la fase de “floración” y “formación del fruto” (CENICAFE, 2012).

Posteriormente se aplican productos de contacto en la etapa de “formación de frutos”. Durante el “crecimiento y llenado de fruto” se repite la misma estrategia, condicionada por la incidencia de la enfermedad. Para condiciones de mediana incidencia, en dicho programa se debe realizar aplicaciones alternadas de productos de contacto y sistémicos en las etapas de “formación de fruto” y “crecimiento y llenado de fruto”. Entre los fungicidas más usados está el Oxidloruro de Cobre 50% (Cobre 50 % cobre metálico), alto 10 (Cyproconazole), Silvaur (Tebuconazole + Triadimenol), amistar extra (Azoxystrobin y Ciproconazol), etc (IHCAFE, s.f).

4.7. Metodología de kushalappa para evaluar el daño de roya

Para medir el efecto de los fungicidas sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*) se realiza mediante estudios que determinen el comportamiento del patógeno, a través de variables que nos permiten estudiar y conocer los puntos críticos de la enfermedad para efectuar las aplicaciones con los fungicidas correspondientes, como ser: la incidencia (hojas enfermas) y la severidad (área foliar afectada) de la enfermedad en las fincas con variedades susceptibles, obtener curvas epidemiológicas de la enfermedad correlacionadas con las condiciones climáticas prevalecientes en la zona y determinar la relación beneficio-costos para recomendarle al productor la mejor aplicación que sea de bajo costo y eficiente.

4.7.1. El Procedimiento

- a.) Se deben marcar un número de árboles dentro de la plantación que sea una muestra representativa de la población.
- b.) En cada árbol, en su tercio medio, seleccionar cuatro bandolas (ramas) plagiotrópicas, orientadas de acuerdo a los puntos cardinales.
- c.) 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.
- d.) 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).
- e.) 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)
- f.) 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 16 número de lecturas que sean necesarias cada 14 días. La bandola siempre se lee de frente al observador para ubicar el lado izquierdo y derecho de la misma.

1a. lectura de campo: 10 hojas presentes



Figura 1. 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

4.7.2. 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:

Nota

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. Para evitar contar dos o más veces las hojas caídas es importante dejar en blanco el cuaderno de notas los espacios correspondientes en la columna donde estuvo ubicada la hoja en las siguientes fechas de conteos.

4.8. Fungicidas ecológicos

Según CEE (1991), la agricultura ecológica se define como un conjunto de medios de producción dedicados en producir alimentos libres de contaminantes químicos de síntesis, de alto valor nutricional y organoléptico, estos sistemas contribuyen a la protección del

medio ambiente, la reducción de los costos de producción y permiten obtener una renta digna a los agricultores.

Pernia (2006), dice que los fungicidas ecológicos se definen como sustancias o materias activas que sirven para controlar las enfermedades criptogámicas causadas por hongos patógenos, son preparados de los extractos de las plantas que contienen mecanismos de autoprotección, siendo los más utilizados el azufre y el cobre. Entre los extractos de plantas están: los aceites esenciales, fermentados y decocciones, lecitinas, etc. Incluso microorganismos (hongos y bacterias) aislados en el medio natural que atacan a los hongos causantes de las enfermedades.

El uso de sustancias y materias activas (extractos de plantas), son de fácil degradación, en general inofensivos para el medio ambiente, ya que no poseen contaminación y no son nocivos para la salud humana (el cobre es el menos inocuo, por eso está limitado su uso anual a 6 Kg/ha, además de respetar los plazos de seguridad). Los fungicidas naturales no generan residuos tóxicos ni ocasionan resistencias frente a estas enfermedades y otorgan cierta independencia del agricultor sobre todo cuando se utilizan preparados caseros a base de plantas. Algunos fungicidas utilizados se fabrican a base de bicarbonato de sodio, a base de leche, a base de azufre, la cola de caballo, los extractos de semillas de cítricos, entre otros.

4.8.1. Descripción del modo y mecanismo de acción de los fungicidas evaluados para el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix*)

A. Phyton 24 SC

Debido al proceso patentado, se hace posible la acción sistémica de PHYTON-27/24 en las plantas. Este proceso hace que el sulfato de cobre pentahidratado se absorba a nivel sistémico en la planta y "proteja el interior" en contra de bacterias y las enfermedades

causadas por los hongos. En los fungicidas convencionales de cobre, el ingrediente activo se queda fuera de las plantas como "protector". Es un producto de acción sistémica y es absorbido por la planta y transportado por la corriente de la savia. En ensayos realizados en la universidad de Ohio-USA, se determinó que las plantas tratadas con PHYTON 24 SC mantienen 122 ppm de cobre en el follaje después de 20 días de tratada versus 38 ppm las tratadas con fuentes de cobre (Viexco ecológico, 2005).

Debido a los efectos sistémicos de Phyton, se reduce en un 98% la cantidad de cobre que va al medio ambiente, con respecto al uso de fungicidas de cobre convencionales. PHYTON-27/24 ha sido efectivamente utilizado para el control de 150 enfermedades (bacterias y hongos) en más de 145 cultivos en todo el mundo, como ornamentales, hortalizas, hierbas, cereales, cultivos crudos, forestales, frutales, cultivos de exportación como el café, plátano, caña de azúcar, banano, etc.

Según Viexco (2005), PHYTON-27/24 es un producto ambientalmente seguro. Es seguro para el operador, los animales domésticos, etc. Se biodegrada rápidamente en el medio ambiente y en el interior de la planta. Además, no provoca resistencia a las plagas y puede ser utilizado en rotación con otros plaguicidas químicos para retardar el desarrollo de resistencia a las plagas por los plaguicidas químicos.

B. MAI-007

Según Marketing Arm International (2005), MAI-007 SL es un fungicida de amplio espectro que se produce por la fermentación de la bacteria *Streptomicess Spp*. Debido a su modo de acción que es absorbido por las hojas y raíces de la planta y transportado vía xilema y floema por la corriente de la savia, el ingrediente activo de MAI-007 pertenece a un grupo llamados anti-metabolitos. El mecanismo de acción se base en que los anti-metabolitos son inhibidores del metabolismo del patógeno. La presencia de anti-metabolitos afecta el metabolismo del crecimiento celular y la división celular de los patógenos objetivo (bacterias y hongos).

Además, los anti-metabolitos son seguros para el consumo humano. Los Anti-metabolitos se utilizan en humanos para la quimioterapia para el cáncer y la artritis en la industria farmacéutica. El ingrediente activo de MAI-007 es compatible con el medioambiente, ya que finalmente se degrada por las enzimas a CO₂, H₂O y urea. MAI-007 tiene un control de amplio espectro de hongos patógenos que causan enfermedades en una variedad de cultivos

C. Brotolom cobre

Según Iñesta (2006), es inductor de las autodefensas naturales de las plantas, de origen vegetal, reforzado por su alto contenido en cobre. Cuando se aplica este producto sobre la planta, ejerce un efecto inductor y bioestimulante de sus autodefensas, desencadenando una respuesta consistente en activar todos sus mecanismos naturales de defensa:

- Síntesis de fitoalexinas, producción de fenoles y polifenoles.
- Formación de papilas celulares y tilosas.
- Aumento del grosor de la pared celular.

Según la enfermedad a combatir, se puede aplicar el producto de manera preventiva o curativa, foliar o al suelo.

D. Fumbact 24 SC

Marketing Arm International (s.f), sostiene que este es un fungicida- bactericida a base de sulfato de cobre pentahidratado especialmente formulado para el control de enfermedades causadas por bacterias y hongos en los cultivos. Contiene aminoácidos dentro de su formulación lo que confiere una acción bio-estimulante sobre los tejidos de la planta. Es un producto de acción sistémica; su ingrediente activo interfiere en los procesos reproductivos de hongos y bacterias, específicamente a nivel de la pared celular; no afecta el núcleo del patógeno por lo cual no genera resistencia.

E. Nativo 300 SC

Es un fungicida químico de amplio espectro, de acción sistémica y mesostémica, compuesto por dos ingredientes activos, el Trifloxystrobin y el Tebuconazole. Trifloxystrobin le confiere la actividad mesóstémica, caracterizada por una alta afinidad con la superficie foliar, siendo absorbido por las capas cerosas, redistribuyéndose sobre toda la superficie de la planta por vapor superficial. Trifloxystrobin tiene actividad tras laminar (Bayer CropScience, 2009). Es particularmente activo durante el comienzo del desarrollo de las enfermedades, aportando a Nativo® 300 SC un prolongado efecto residual. Tebuconazole es un fungicida de actividad sistémica, distribuyéndose en forma ascendente en la planta. Detiene el desarrollo de los hongos interfiriendo en la biosíntesis de sus membranas celulares. El Tebuconazole posee efecto preventivo y buen poder curativo. Debido al modo de acción de Nativo® 300 SC, el mismo puede usarse en forma preventiva y/o curativa

F. Silvacur combi 30 EC

Según Bayer cropsience (2009), el modo de acción de Silvacur Combi 30 EC, es un fungicida eficaz con efecto sistémico. Se absorbe por los ectodesmos y luego se transporta vía xilema a todo el vegetal. Es de efecto preventivo, curativo y erradicante. En su mecanismo de acción es un inhibidor de la biosíntesis del ergosterol.

G. Alto 10 SL

Es un fungicida de amplio espectro de acción, perteneciente al grupo de los triazoles, formulado como líquido soluble en agua. Está Clasificado en el grupo de los fungicidas conocidos como inhibidores de la biosíntesis del ergosterol. Alto 10 SL, ha demostrado a través de varios años de intensa investigación, poseer una serie de propiedades sistemáticas

que le permiten proporcionar un excelente control preventivo, curativo, dependiendo de la dosis aplicada sobre una amplia gama de hongos patógenos (Agrosiembra, s.f)

Según Syngenta (2013), alto 10 SL posee de buena a excelente eficacia para controlar diversos hongos de los órdenes Ascomycetos, Basidiomycetos y Deuteromycetes, en concentraciones muy bajas de ingrediente activo por unidad de superficie. Posee una excelente actividad sistémica, especialmente en forma acropetal y una excepcional velocidad de penetración a través del follaje (aprox. 30 minutos). También tiene una eficacia más prolongada como fungicida que otros productos del grupo de los triazoles; 45 días sobre royas y 35 a 40 sobre mildius polvorientos.

H. Duett™ SC

Es un fungicida químico de acción preventiva y curativa, compuesto de dos ingredientes activos: Carbendazim y Epoxiconazol, ambos con propiedades sistémicas y amplio espectro de control. El Carbendazim pertenece al grupo de los benzimidazoles e inhibe el desarrollo del tubo germinativo, la formación de apresorios y el crecimiento de micelio; el Epoxiconazol, un triazol, inhibe la biosíntesis del ergosterol (BASF, s.f).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

5.1 Localización del experimento

La investigación se realizó durante los meses de mayo a septiembre en las fincas de COFEVASA, ubicada en la aldea Granadilla, municipio de El Paraíso, en el departamento de El Paraíso, Honduras. La temperatura promedio para esta zona es de 27 °C, con una humedad relativa promedio del 70 %, la precipitación promedio anual es de 2200 mm y una altitud de 750-850 m.s.n.m, ubicado al oriente con coordenadas de 13.86° de latitud y -86.55 ° de longitud.

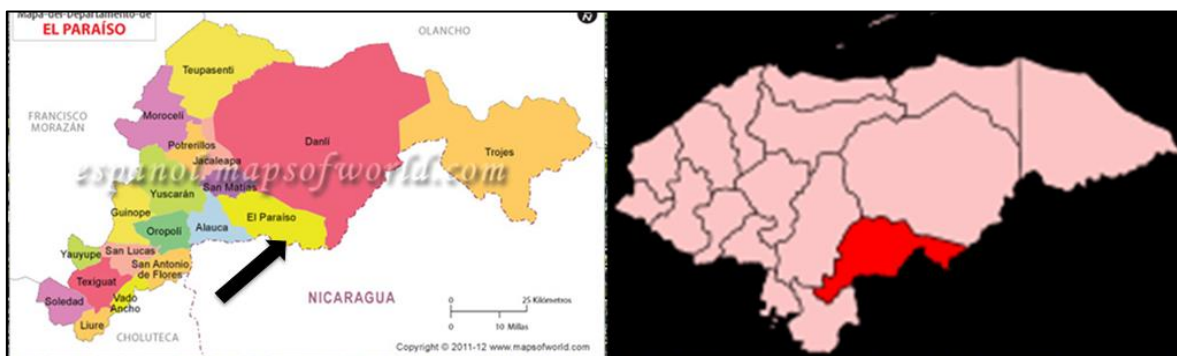


Figura 2. Ubicación geográfica donde se realizó la investigación

5.2 Materiales y equipo

Para el presente estudio se utilizó cinta plástica, marcadores indelebles, fungicidas de acción sistémica, adherentes, penetrantes, croquis de campo, tablero, libreta de campo, lotes de café con incidencia de la enfermedad, equipo como bomba de mochila, overol, entre otros.

5.3 Manejo del experimento

En las fincas de COFEVASA, se seleccionó un lote homogéneo con 48 plantas por tratamiento y se utilizó el cultivar paca, en plena etapa productiva y bajo sombra regulada que presentaba incidencia de roya.

5.3.1 Tamaño y manejo de la parcela experimental

Para realizar este estudio se utilizó una parcela experimental de 48 plantas para cada tratamiento con cuatro repeticiones. Se dejaron dos surcos a la orilla de cada parcela para tener una parcela útil de 3 plantas centrales por cada repetición, a las cuales se les tomaron las lecturas. Estas tres plantas se identificaron y en cada una de ellas se marcaron cuatro (4) bandolas que podían ser primarias, dispuestas en los cuatro puntos cardinales de la parte central de la planta; cada bandola se identificó con una cinta durante todo el estudio (1, 2, 3, 4).

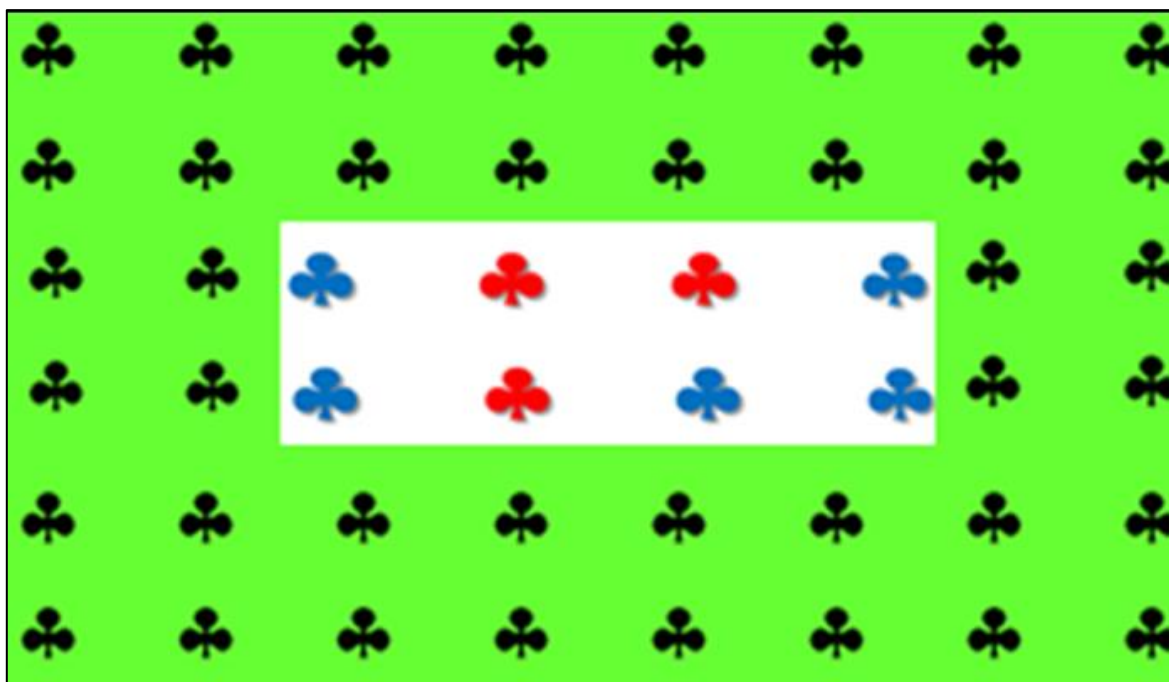


Figura 3. Identificación de la parcela útil dentro de la parcela experimental.

Las actividades de manejo que se efectuaron en el ensayo durante los meses de mayo a septiembre, fueron prácticas culturales 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 en evaluación.

5.4. Tratamientos y diseño experimental

En esta investigación se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA), con 12 tratamientos y 4 repeticiones.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Para, $i = 1, \dots, k$ $j = 1, \dots, r$

Dónde:

Y_{ij} = Variable aleatoria observable

μ = Media Poblacional de todas las observaciones

T_i = Efecto del i-esimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental independiente aleatorio con distribución $N(0,1)$ constante.

r = Numero de repeticiones o bloques

k = Numero de tratamientos

B_j = efecto del bloque de la enésima

5.4.1. Aplicación de tratamientos

Se realizaron tres aplicaciones para cada tratamiento a intervalos de 30 días. La primera aspersión se hizo en junio, la segunda en julio y la tercera en agosto. Las aplicaciones se hicieron con bomba de motor y se utilizó una sola bomba, lavándola intensamente después de aplicado cada producto.

El control de la deriva de los fungicidas entre cada parcela al momento de realizar la aplicación se hizo colocando un plástico de 2.5 m de alto al entorno de la parcela. En el caso de los triazoles que se evaluaron, se realizó una alternancia de un triazol con un fungicida de contacto de diferente ingrediente activo (Sulfato de cobre pentahidratado).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos que fueron evaluados para el control de la roya de café (*Hemileia vastatrix*).

Tratamiento	Primer aplicación	Segunda aplicación	Tercera aplicación
T1	Alto 10	Fumbact	Alto 10
T2	Silvacur	Fumbact	Silvacur
T3	Duet	Fumbact	Duet
T4	Nativo	Fumbact	Nativo
T5	Phyton	Nativo	Brotolom Cobre
T6	MAI-007	Alto 10	Phyton
T7	Alto 10	Phyton	Brotolom Cobre
T8	Fumbact	Brotolom Cobre	Fumbact
T9	Phyton	MAI-007	Fumbact
T10	MAI-007	Brotolom Cobre	MAI-007
T11	Fumbact	MAI-007	Brotolom Cobre
T12	Testigo	Testigo	Testigo

5.4.2. Toma de lecturas

Se tomaron antes de cada aspersión en los diferentes tratamientos de la siguiente manera; luego de la primera aplicación se realizó una lectura para calcular la incidencia y la severidad inicial de la enfermedad en el lote seleccionado. Seguidamente se efectuaron lecturas cada 15 días, en los distintos tratamientos evaluados, lo que significa que se hicieron dos lecturas por aplicación, considerando que el intervalo entre una y otra es de 30 días con un total de seis lecturas en toda la investigación.

Cuadro 2. Descripción de cada uno de los fungicidas que fueron utilizados.

N ₀	Productos	Ingrediente activo	Grupo Químico	Dosis/ha
1	Alto 10 SL	Cyproconazole	Triazol	200-300 ml/ha
2	Silvacur	Tebuconazole y Triadimenol	Triazol	1.0-1.25lt/ha
3	Duet	Carbendazim y Epoxiconazol	Estobilurina, Triazol	0.40-0.75 lt/ha
4	Nativo	Trifloxystrobin y Tebuconazole.	Tebuconazole	200 a 400 lt/ha
5	Phyton	Sulfato de cobre pentahidratado	Cúprico	3.5 kg/ha
6	MAI-007	Nucliosido de pirimidina		0.75-1.5 lt/ha
7	Brotolom Cobre	Cobre al 4.5 % (p/p)	Cúprico	1 lt/ha
8	Fumbact	Sulfato de cobre pentahidratado 20%	cúprico	0.5-1.0 lt/ha

5.5. Variables evaluadas

Factor bajo estudio: fue el efecto de nuevas moléculas fungicidas para el manejo de la roya en cafeto (*Hemileia vastatrix*).

5.5.1. Incidencia de roya en el cultivo de café

Se define como el porcentaje o proporción de plantas u órganos enfermos en una muestra o población, independientemente del grado de severidad. Para determinar la incidencia de roya en el cultivo de café se hizo uso de la metodología propuesta por Kushalappa (1980). Se seleccionaron las 3 plantas centrales por cada repetición y se tomó en cuenta las seis bandolas previamente identificadas, en cada bandola se evaluó el número total de hojas y el número de hojas con presencia de roya. La incidencia se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de hojas con roya}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$

5.5.2. Severidad del ataque de la roya

Según James (1974), la severidad es el área del tejido vegetal afectado por una enfermedad, expresada en porcentaje y/o una proporción de área total (Casa *et al.*, 2009). Para estimar el porcentaje de área foliar 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 foliar afectada por la roya midiendo cada pústula. Para calcularla se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Severidad/hoja} = \frac{\text{Área de la hoja dañada por la roya}}{\text{Área total de la hoja}} * 100$$

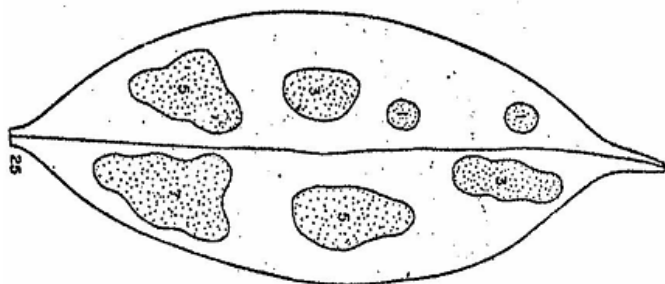


Figura 4. Asignación de valores a las pústulas de la roya del café con el método de Kushalappa para medir el porcentaje de severidad.

5.5.3. Defoliación

Va a depender del porcentaje de incidencia y severidad de la enfermedad, este se conocerá si se desea a partir de la segunda lectura, al comparar la lectura actual con la(s) lectura(s) anterior(es), ya que para cada lectura se consideró el conteo de nudos, así como la existencia de hojas de cada nudo, (Figura 5) cuyos datos fueron anotados en un formato (Anexo 3), y se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Defoliación} = \frac{\text{Número de hojas caídas}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$



Figura 5. Medición de la variable incidencia con el método de kushalappa para el conteo de nudos y hojas por bandola.

Cuadro 3. Escala diagramática para estimar el porcentaje de área foliar afectada por la roya.

Nudos	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
Bandola	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1

La ventaja del método de kushalappa es que permite cuantificar entre mediciones el recuento de hojas (hojas sanas y enfermas), así como los nudos por bandolas.

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

Las lecturas se iniciaron de izquierda a derecha así como se muestra en el Cuadro 3 y para saber el lado, se colocó al frente de la bandola al momento de tomar cada lectura.

5.5.4. Número de pústulas por hoja

Al momento de tomar lecturas para incidencia se contó el número de pústulas por hoja, esto con la finalidad de tener un dato más objetivo del avance de la enfermedad y de la efectividad de los productos.

5.6. Análisis estadístico

La variable de respuesta observada se analizó con el programa estadístico SAS, aplicando un análisis de varianza (0.05) y la prueba de Tukey para la separación de medias.

5.7. Análisis económico

Se realizó un análisis económico parcial en el que se determinaron los costos variables de cada uno de los fungicidas evaluados y el costo de aplicación por hectárea.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el experimento se utilizó la variedad de café Paca con una edad de 17 años, la temperatura mínima registrada fue de 17.5 °C y 28 °C máxima, la finca está ubicada a 800 m.s.n.m, posee un porcentaje de sombra del 45%, con una precipitación promedio anual de 1300 mm y una humedad relativa anual de 74%. El distanciamiento de siembra es de 1.5x1.2 m (4489 plantas/ha.). Las ventajas de esta variedad es que debido al sistema radicular es tolerante al viento, sol y sequía; y sus desventajas son la susceptibilidad a la roya del cafeto y a otros problemas fitosanitarios. La productividad promedio por manzana es de 3040.78 kg/ha, la finca posee un manejo convencional.

5.1. Incidencia de la roya en el cultivo del café

Antes de efectuar la primera aspersión de los fungicidas, la incidencia inicial promedio fue de 12.09%. Esto probablemente se debe a que la incidencia de la roya aumenta en el mes de mayo para esta zona debido a que las condiciones climáticas son ideales para el desarrollo del patógeno.

Posteriormente a la primera aspersión, en la toma de lecturas realizadas a los 15 días después, según el ANAVA (Anexo 5) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, los porcentajes de incidencia encontrados antes de la primera aspersión aumentaron en comparación a los datos que la finca maneja para el mes de mayo, esto fue un posible resultado de no haber realizado ninguna aspersión en el mes de mayo, ya que para los meses de mayo a agosto las lluvias y las temperaturas son determinantes en el desarrollo de esta enfermedad.

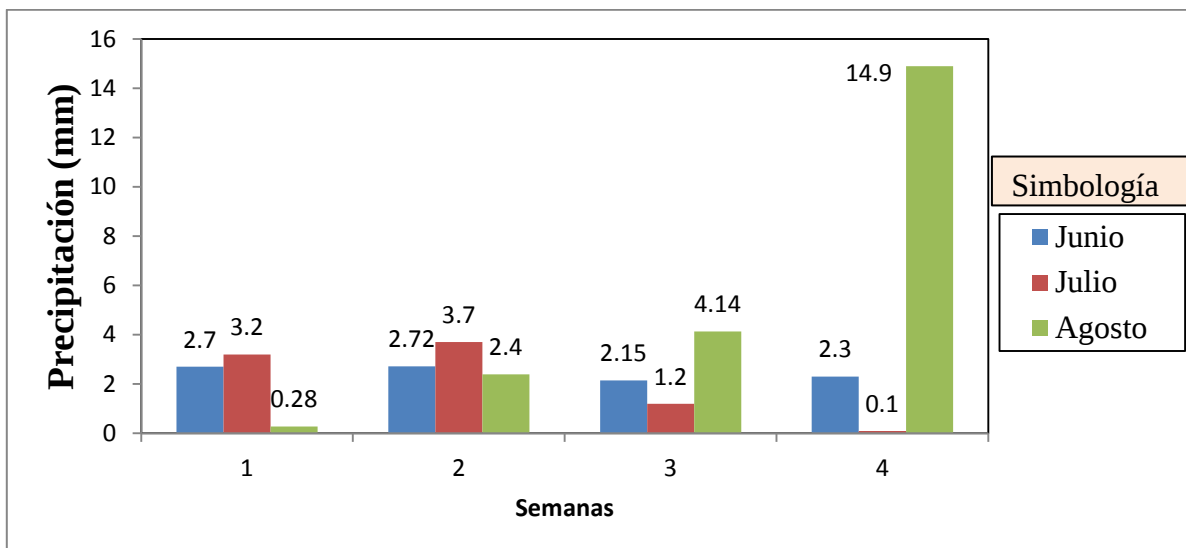


Figura 6. Precipitación promedio por semana durante todo el estudio en el municipio de El Paraíso, El Paraíso.

Por otro lado, estas fincas de café fueron bastante afectadas por la roya en el ciclo productivo 2012-2013 y la cantidad de inóculo residual para este año era seguramente abundante, siendo activado por las primeras lluvias. El fungicida Phyton que corresponde al tratamiento nueve, ejerció el mejor efecto mostrando bajo porcentaje de incidencia con un 17.90 %, seguido por el fungicida Phyton que corresponde al tratamiento cinco, que presentó 19.14 % (Tabla 1 y Figura 3). Este efecto se debe posiblemente a que el sulfato de cobre pentahidratado se absorbe a nivel sistémico en la planta y "protege el interior" en contra de las enfermedades causadas por los hongos. En los fungicidas convencionales de cobre, el ingrediente activo se queda fuera de las plantas como "protector". En ensayos realizados en la universidad de Ohio-USA, se determinó que las plantas tratadas con PHYTON 24 SC mantienen 122 ppm de cobre en el follaje después de 20 días de tratada versus 38 ppm las tratadas con fuentes de cobre, debido a que el 98% del cobre es absorbido por la planta (Viexco ecológico, 2005). El tratamiento testigo (T12) mostró los porcentaje más altos de incidencia con 34.57 % y el fungicida Fumbact (T11) presentó un efecto similar al testigo con un porcentaje de 29.20 %.

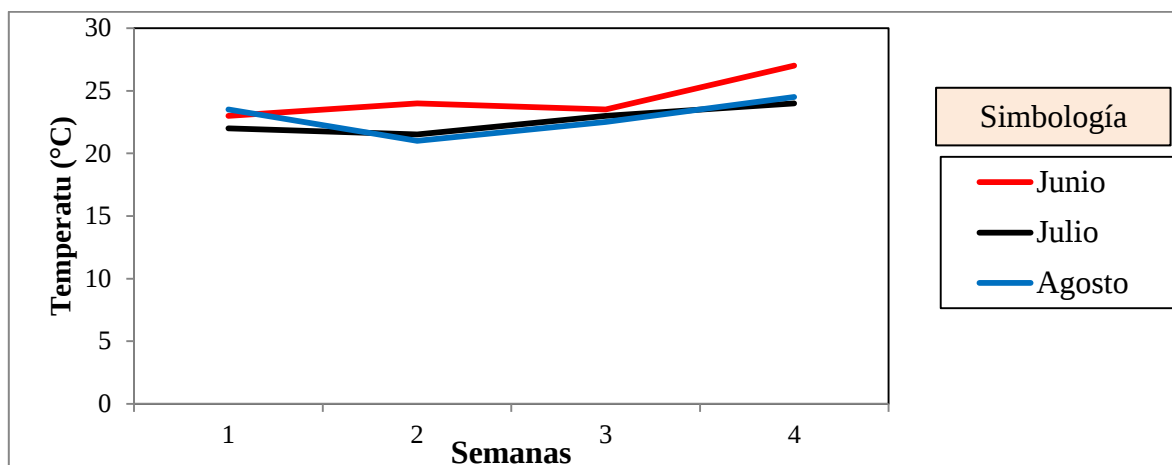


Figura 7. Temperatura promedio por semana durante todo el estudio en el municipio de El Paraíso, El Paraíso.

Tabla 1. Incidencia (%) encontrada en los diferentes tratamientos por muestreo.

Tr	15 días	Tr	30 días	Tr	45 días	Tr	60 días	Tr	75 días
T9	17.90 a	T9	23.87 a	T9	27.015 a	T9	30.49 b	T9	34.27 a
T5	19.15 a	T5	27.06 a	T10	29.55 a	T5	38.92 ab	T10	36.33 a
T3	22.23 a	T4	31.13 ab	T5	34.77 ab	T4	43.15 ab	T5	40.92 ab
T8	23.16 a	T3	32.29 ab	T4	35.56 ab	T3	43.59 ab	T1	44.42 ab
T1	23.28 a	T8	33.62 ab	T3	38.61 ab	T1	43.95 ab	T4	45.85 ab
T7	24.24 a	T7	33.78 ab	T7	38.61 ab	T8	44.72 ab	T8	49.56 ab
T4	24.70 a	T6	34.16 ab	T1	39.97 ab	T7	46.21 ab	T6	50.76 ab
T10	25.10 a	T1	34.67 ab	T8	40.55 ab	T6	46.95 ab	T7	51.79 ab
T6	25.76 a	T2	35.58 ab	T6	42.26 ab	T11	48.39 ab	T3	52.01 ab
T2	28.70 a	T10	37.06 ab	T11	42.84 ab	T10	48.85 ab	T2	52.3 ab
T11	29.20 a	T11	47.68 b	T12	43.15 ab	T2	49.79 ab	T11	53.77 ab
T12	34.57 b	T12	57.98 c	T2	48.56 b	T12	97.02 a	T12	98.34 b

En el muestreo realizado a los treinta días después de la primera aplicación, se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos, lo cual se corroboró mediante la prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 6). El mejor tratamiento fue la aplicación Phyton (T9) presentando una incidencia de 23.87 %, seguido por la aplicación Phyton (T5), el cual mostró un porcentaje de 27.06 % similar al tratamiento nueve.

Los resultados encontrados a los quince y treinta días para los tratamientos nueve y cinco, se deben al efecto que ejerció el fungicida Phyton, que posee un modo y mecanismo de acción sistémica dentro de la planta, inhibiendo los procesos reproductivos y la pared celular del hongo, ya que es sistémico con acción preventiva y curativa, con este producto las moléculas de Cobre son absorbibles por el follaje, pueden ser absorbidas y transportadas en forma sistémica protegiendo así los tejidos de la planta. El testigo (T12) presentó un porcentaje de 57.98 %. La aplicación de Fumbact (T11) presentó un alto porcentaje de incidencia con 47.68 %, comportándose similar al testigo (T12). Sin embargo, los resultados encontrados para el tratamiento once, probablemente se deben al efecto acumulado que ejerció el fungicida Fumbact, este efecto posiblemente se debe a que la primera aplicación se debe realizar con un fungicida sistémico, el cual se transporta y se dispersa en toda la planta e inhibe los procesos de formación de los patógenos.

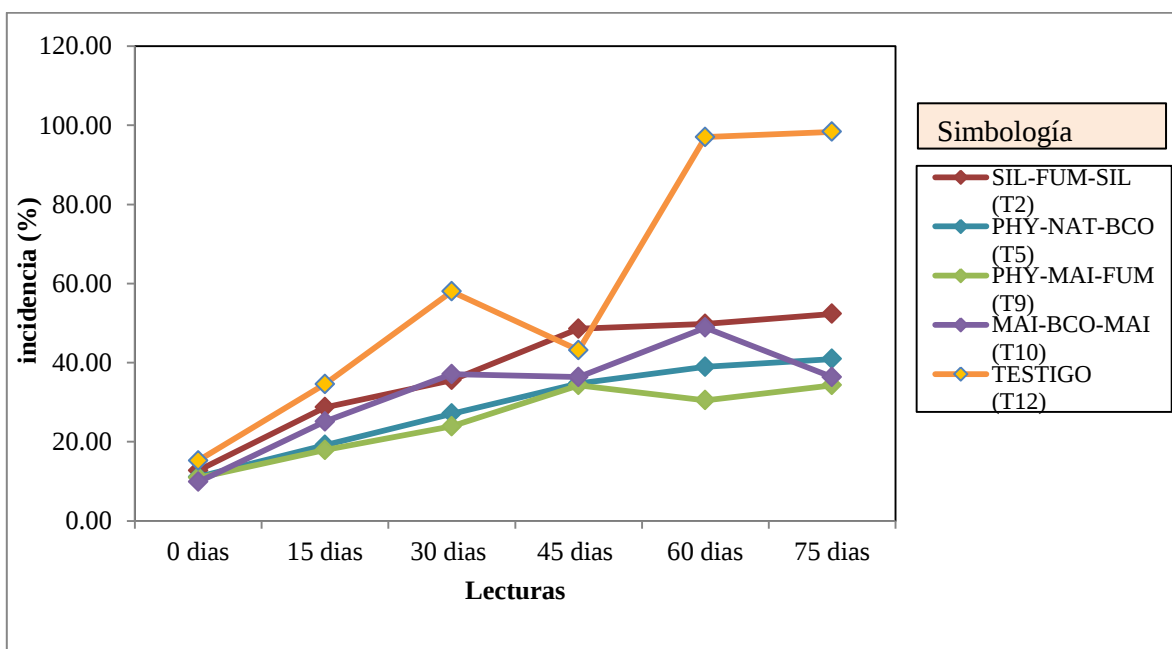


Figura 8. Incidencia de la enfermedad.

En el muestreo efectuado quince días después de la segunda aplicación se encontró diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos (Anexo 7). La aplicación Phyton-MAI007 (T9) ejerció el mejor efecto, presentando una incidencia de 27.02 %, seguido por la aplicación de MAI007-Brotolom cobre (T10) que mostró un efecto similar,

presentando una incidencia de 29.55 %. Este efecto probablemente se debe al modo y mecanismo de acción que ejerció el fungicida MAI007, el cual se basa en que los anti-metabolitos son inhibidores del metabolismo del patógeno.

La presencia de anti-metabolitos afecta el metabolismo del crecimiento y la división celular de los patógenos objetivo (hongos). Sin embargo, la aplicación Silvaur-Fumbact (T2) en comparación a los demás tratamientos mostró los porcentajes más altos, presentando una incidencia de 48.56 %. El testigo (T12) presentó un porcentaje de 43.15 %, muy similar al tratamiento dos (ver figura 3).

El el muestreo realizado a los sesenta días, con los distintos fungicidas en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), según el ANAVA (Anexo 8) se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos, lo cual se comprueba mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.01$). La aplicación de Phyton-MAI007 (T9) ejerció el mejor efecto, presentando una incidencia de 30.49 %, esto probablemente es un efecto que ejerció el fungicida MAI007, seguido por Phyton-nativo (T5) que ejerció un efecto similar al tratamiento nueve, mostrando un porcentaje de 38.91 %, esto probablemente se debe al modo y mecanismo de acción que realizó el fungicida nativo, siendo sistémico y mesostémico (Foliar) es sistémico debido al TEBUCONAZOLE. Un Triazol que brinda rápido efecto curativo de las enfermedades. Y mesostémico porque tiene un efecto de nueva generación de fungicidas dado por el TRIFLOXISTROBIN, estrobirulina que provee al producto un efecto preventivo de las enfermedades y la residualidad necesaria para las condiciones climáticas en nuestro país; además la extrema afinidad del TRIFLOXISTROBIN con la copa cerosa de la hoja, permite que éste sea un reservorio natural de producto protegido por el clima.

Desde allí va liberando pequeñas cantidades muy activas, en forma de vapor, tanto hacia el exterior con redeposición en otros sectores de la hoja, como en el interior en forma translaminar.

Este novedoso modo de acción, único en TRIFLOXISTROBIN, permite mantener un nivel constante, equilibrado y sumamente efectivo del producto por más tiempo. La aplicación Silvacur-Fumbact (T2) presentó los porcentajes de incidencia más altos con 49.79 %. El testigo (T12) presentó una incidencia de 97.02 %. Este efecto posiblemente se debe a que las condiciones climáticas para los meses de agosto y septiembre son ideales para la zona de Los Granadillos ya que la precipitación aumenta, la temperatura promedio es de 24 °C influyendo de manera directa, la cual favorecen el desarrollo y la dispersión de la roya del café (*Hemileia Vastatrix*).

En el muestreo realizado quince días después de la tercera aplicación, según el ANAVA (Anexo 9) se encontraron diferencias estadísticas altamente significativa ($p < 0.01$) entre los tratamientos, la cual se corrobora mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.01$). La aplicación Phyton-MAI007-Fumbact (T9) ejerció el mejor efecto en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), presentando una incidencia de 34.27 %, esto posiblemente se debe a los efectos acumulados de los tres fungicidas. En segundo lugar se ubicó la aplicación MAI007-Brotolom cobre-MAI007 (T10) que ejerció un efecto similar al tratamiento nueve, mostrando un porcentaje de 36.33 %, esto seguramente se debe al modo y mecanismo de acción que ejerce el fungicida MAI007, que actúa inhibiendo el metabolismo del patógeno y afecta el crecimiento y la división celular.

La aplicación Fumbact-MAI007-brotolom cobre (T11) mostró altos porcentajes de incidencia con 53.76 %, esto posiblemente se debe al efecto del fungicida brotolom cobre, ya que no posee ningún ingrediente activo que afecte el metabolismo de este patógeno, en comparación a los demás tratamientos que ejercieron efectos similares. El testigo (T12) presentó una incidencia de 98.34 %. Posiblemente la elevada incidencia en el testigo se debió a factores agronómicos como una alta densidad de siembra para esta variedad, creando un micro clima que favorece el desarrollo de la enfermedad, esto pudiese explicarse según Guharay *et al.* (2000) porque condiciones favorables propician el desarrollo del hongo, como una alta humedad relativa y una temperatura de 20 - 23 °C, sino se aplican controles adecuados.

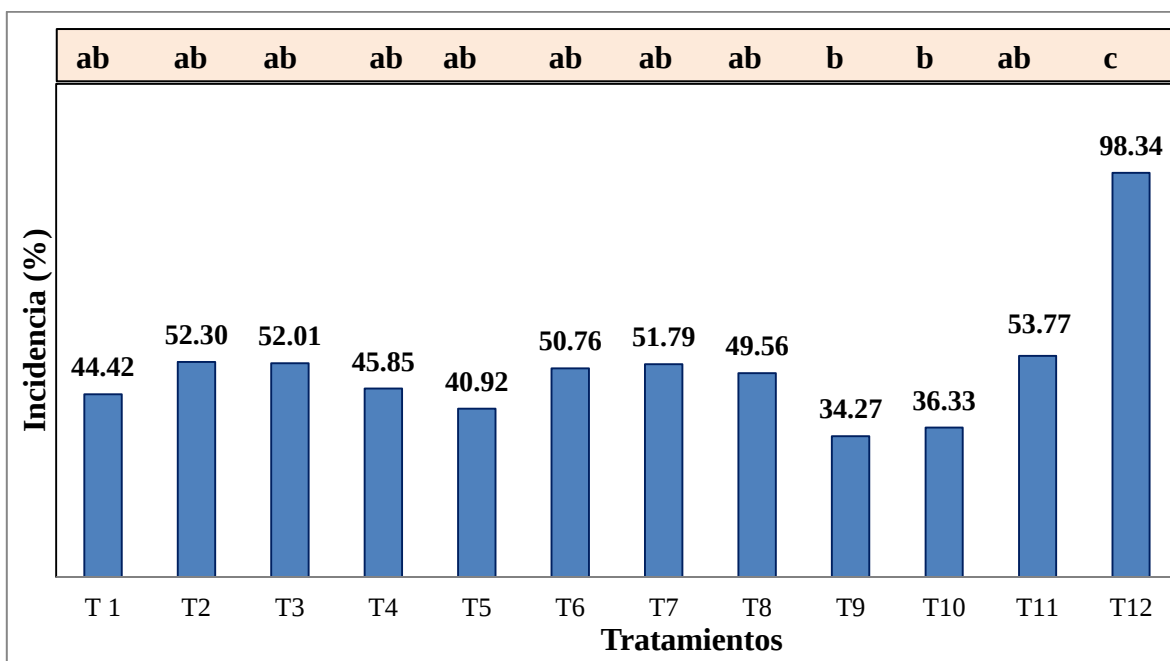


Figura 9. Incidencia acumulada de la enfermedad a los 75 días.

El fungicida Phyton mostró un buen efecto en todas las combinaciones en que se usó, por ejemplo el tratamiento nueve (Phyton-MAI007-Fumbact) mostró una incidencia final baja con 34.27 %, si se compara con el resto de los tratamientos y con el testigo. La acción del Phyton que actúa a nivel celular de manera sistémica, posteriormente el mecanismo del MAI007 que posee anti-metabolitos afectando el metabolismo del crecimiento celular y la división celular de los patógenos objetivo y seguidamente la acción que ejerce el Fumbact que es un fungicida de contacto inhibiendo la germinación de esporas y el desarrollo de hifas del patógeno; de esta manera al ejecutar las tres aplicaciones se logra un buen manejo de esta enfermedad, reduciendo significativamente la población del patógeno.

Por otro lado, el fungicida MAI007 presentó también un buen efecto en todas las combinaciones en que se usó, por el ejemplo el tratamiento diez (MAI007-brtolom cobre-MAI007) que manifestó una incidencia final acumulada baja con 36.33 % (ver figura 4). El fungicida MAI007 mostró tener un buen efecto sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*), este efecto probablemente se debe al modo y mecanismo de acción del fungicida MAI007,

ya que está formulado a base de la fermentación de la bacteria *Streptomyces spp.* la cual actúa de forma parasitaria sobre el patógeno.

5.2. Severidad del ataque de la roya

La severidad se refiere al área foliar afectada por una enfermedad expresada en porcentaje, para calcularla se utilizó la escala propuesta por Kushalappa para determinar el área de la hoja afectada y la agresividad que presenta *Hemileia vastatrix*. Sin embargo, en la toma inicial los porcentajes de severidad encontrados fueron bajos, debido a que la enfermedad no se incrementó mucho debido al poco tiempo que había transcurrido desde las primeras lluvias que activaron las uredosporas. El uso de fungicidas sistémicos en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) ayudan a que los daños en las hojas se reduzcan, ya que afectan el metabolismo de el patógeno.

En el muestreo realizado a los quince días después de efectuada la primera aplicación, según el ANAVA (ver anexo 11) se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos, lo cual se comprueba mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.01$). El fungicida Phyton (T9) presentó un bajo porcentaje de 0.67 %. Esto posiblemente se debe a que el Phyton (Sulfato de cobre pentahidratado) posee una acción sistémica de mayor eficacia, es absorbido por la planta rápidamente teniendo mejor cobertura que los demás fungicidas, de esta forma su mecanismo de acción actúa efectivamente evitando que esta enfermedad aumente significativamente. Este resultado coincidió con una baja incidencia para este tratamiento en ese momento. Es importante decir que los surfactantes, penetrantes y/o adherentes contribuyen a ejercer mejor control principalmente en zonas de altas precipitación donde las lluvias favorecen el desarrollo de las enfermedades primordialmente la roya del café (*Hemileia vastatrix*).

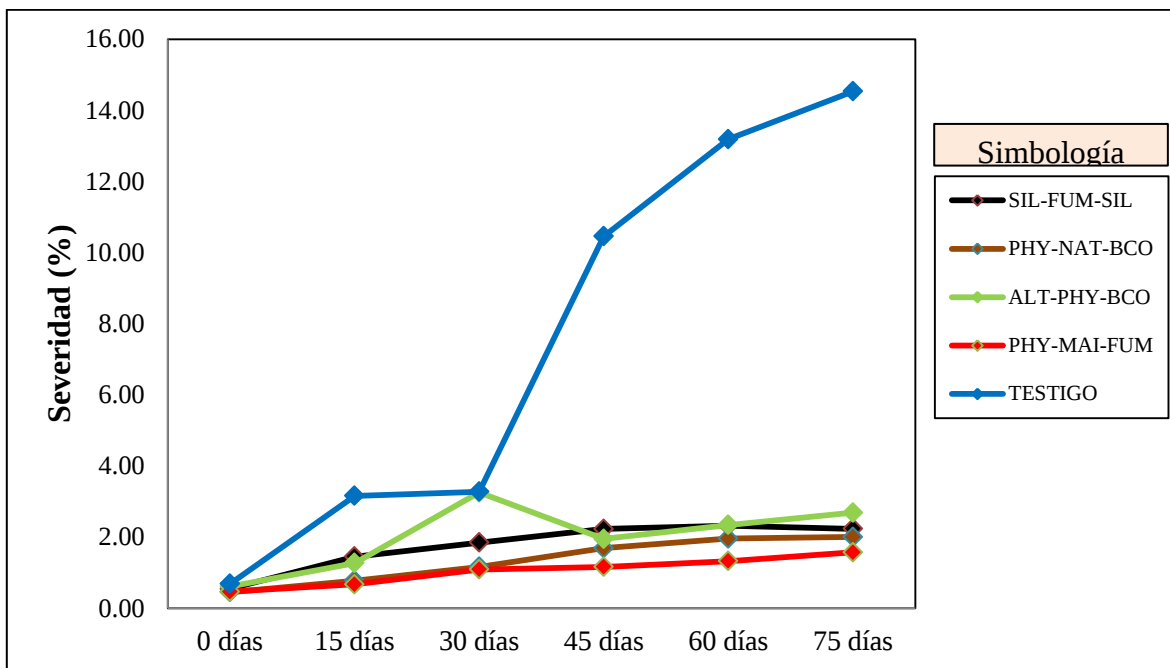


Figura 10. Severidad de área foliar afectada por la roya del café (*Hemileia vastatrix*) por hoja, durante todo el estudio realizado en El Paraíso (%).

El fungicida Phyton (T5) mostró un efecto similar, presentando un bajo porcentaje de severidad de 0.77 %. El testigo presentó una severidad de 3.16 %. Esto probablemente se debe a que las condiciones climáticas presentes en la zona son las adecuadas para el desarrollo de esta enfermedad.

A los treinta días después de realizada la segunda aplicación no se encontraron diferencias estadísticas significativa ($p < 0.05$), según el ANAVA (Anexo 12). La aplicación Phyton (T9) presentó un bajo porcentaje de severidad de 1.09 %. Esto probablemente se debe a la caída de las hojas de la planta y al efecto que ejerció el fungicida Phyton en la reducción de la incidencia, el cual posee rápida penetración dentro de la planta la cual reacciona de manera efectiva y como consecuencia de ello baja los porcentajes de severidad en cada uno de los tratamientos. Seguidamente la aplicación de Phyton (T5) mostró un efecto similar al tratamiento nueve, presentando un bajo porcentaje de severidad de 1.16 %.

El testigo mostró los porcentajes más altos de severidad con 3.28 %, la aplicación Alto (T7) presentó un efecto similar, presentando una severidad de 3.25 %, esto posiblemente se debe a que las altas lluvias en el mes de julio provocan que el fungicida no actué de manera efectiva en contra del patógeno, por otro lado los factores climáticos como las bajas temperaturas fueron adecuadas para el desarrollo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*). Los resultados encontrados con Alto SL a los 30 días, en donde se encontraron los porcentajes altos tanto en incidencia, como en severidad de roya, No 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.

Tabla 2. Severidad por hoja, expresada en porcentajes en los distintos tratamientos evaluados.

TR	15 días	TRT	30 días	TRT	45 días	TRT	60 días	TRT	75 días
9	0.67 b	9	1.09 ab	8	1.17 b	9	1.32 b	9	1.57 b
5	0.77 b	5	1.16 ab	9	1.17 b	5	1.96 b	5	2.01 b
8	0.94 b	1	1.31 ab	4	1.60 b	4	2.03 b	4	2.03 b
3	0.97 b	4	1.41 ab	5	1.69 b	1	2.18 b	1	2.12 b
4	1.01 b	11	1.42 ab	3	1.93 b	8	2.25 b	2	2.24 b
6	1.05 b	10	1.54 ab	1	1.94 b	2	2.32 b	8	2.54 b
11	1.06 b	3	1.58 ab	7	1.95 b	7	2.34 b	6	2.55 b
1	1.07 b	6	1.72 ab	6	2.10 b	6	2.38 b	10	2.61 b
10	1.26 b	2	1.85 ab	11	2.20 b	3	2.42 b	7	2.69 b
7	1.27 b	8	1.85 ab	2	2.23 b	11	2.58 b	3	2.76 b
2	1.45 b	7	3.26 a	10	2.32 b	10	2.67 b	1	2.96 b
12	3.16 a	12	3.28 a	12	10.45 a	12	13.19 a	12	14.53 a

Para el muestreo realizado a los quince días después de la segunda aplicación se observó diferencias altamente significativa ($p<0.01$) entre los tratamientos (ver anexo 13). Esto se ratificó mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ($p<0.01$). La aplicación de Fumbact-Brotolom cobre (T8) presento un bajo porcentaje de severidad con un porcentaje

de 1.17 %, la aplicación Phyton-MAI007 (T9) mostró un efecto igual al tratamiento ocho, con 1.17 %. La aplicación MAI007-brotolom cobre (T10) mostró los porcentajes más altos de severidad con 2.32 % (tabla 2). El testigo presentó un porcentaje de severidad de 10.45 %. Esto posiblemente se debe a que a mayor incidencia la severidad aumenta significativamente, en el caso del testigo aumentó considerablemente a medida que las condiciones climáticas como la temperatura, la humedad relativa y las fuertes lluvias que se presentaron en la zona contribuían con el desarrollo del hongo (*Hemileia vastatrix*), agente causal de la roya del café.

A los sesenta días se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos (ver anexo 14), lo cual se comprueba mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.01$) encontrándose diferencias estadísticas. La aplicación Phyton-MAI007 (T9) ejerció el mejor efecto, mostrando una baja severidad de 1.32 %, esto posiblemente se debe a los resultados encontrados a los cuarenta y cinco días que mostraron un bajo porcentaje de incidencia lo cual baja la severidad, por otro lado los fungicidas aplicados en este tratamiento ejercieron una excelente cobertura, probablemente se deben al mecanismo de acción del fungicida MAI007 el cual inhibe los procesos metabólicos como el crecimiento y la división celular del patógeno, seguido por la aplicación Phyton-Nativo (T5) que mostró un efecto similar con 1.96 %. Sin embargo, la aplicación MAI007-brotolom cobre-MAI007 (T10) presentó un alto porcentaje de severidad de 2.67 %, esto probablemente se debe al modo y mecanismo de acción que ejerció el fungicida brotolom cobre el cual solo es un inductor y bio-estimulante, por lo tanto no actúa como un fungicida de contacto lo cual conlleva a un aumento en la incidencia aumentando significativamente la severidad.

El testigo (T12) se diferenció estadísticamente presentando el mayor porcentaje de daño con un 13.19 %, esto posiblemente se debe a que para los meses de agosto y septiembre la incidencia empieza a aumentar significativamente, por lo tanto la severidad aumenta, seguidamente acrecienta la defoliación, debido a las condiciones climáticas favorables presentes en la zona son favorables para el desarrollo de esta enfermedad.

En el muestreo realizado a los setenta y cinco días se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), lo cual se corroboró mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.01$) (anexo 15). La aplicación que ejerció mejor control sobre el hongo (*Hemileia vastatrix*), agente causal de la roya del café fue Phyton-MAI007-Fumbact (T9) que presentó el más bajo porcentaje de severidad con 1.57 %, esto probablemente se debe a los efectos acumulados de los diferentes fungicidas aplicados que mantuvo bajos porcentajes de incidencias por lo cual disminuye los daños efectuados en el área foliar, por otro lado las condiciones climáticas que se presentaron fueron adecuadas observándose la eficiencia de estos fungicidas sobre este patógeno, seguido por la aplicación Phyton-Nativo- brotolom cobre (T5), que mostró un efecto similar con un porcentaje 2.01 %, la aplicación Fumbact-MAI007-Brotolom cobre (T11) presentó un porcentaje de severidad 2.92 %, ligeramente superior al T9, quizás a un menor efecto del fungicida Brotolom cobre porque este no interviene en los procesos metabólicos que inhiban la germinación y crecimiento de las nuevas esporas y de esta manera no reducen la incidencia y por lo tanto aumenta los porcentajes de severidad. El testigo se diferenció estadísticamente entre los tratamientos evaluados mostrando el porcentaje más alto de daño foliar con 14.53 % (Figura 6).

El fungicida Phyton mostró un buen efecto en todas las combinaciones en las que se usó, como ser el tratamiento nueve (phyton-MAI007-Fumbact) mostró una severidad final baja con 1.57 %. Seguido por el fungicida Nativo que mostro un efecto similar en todas las combinaciones utilizado, por ejemplo el tratamiento cinco (Phyton-nativo-brotolom cobre) que presentó una severidad final baja con 2.01 %. Los cuales se diferenciaron estadísticamente del resto de los tratamientos que mostraron los porcentajes más bajos, sienten estos dos tratamientos los que mejor eficiencia mostraron en cuanto al manejo del hongo (*Hemileia vastatrix*), agente causal de la roya del café en cuanto a la reducción de la severidad. Estos resultados encontrados se deben al modo y mecanismo de acción del ingrediente activo como es el caso de sulfato de cobre pentahidratado (Phyton) que interfiere en los procesos reproductivos del hongo, específicamente a nivel de la pared celular y Trifloxystrobin (Nativo), lo cual al ser aplicado en la planta actúa en forma preventiva y curativa.

Por otro lado el fungicida MAI007 actúa en forma parasitaria en contra del hongo y a la vez permanece dentro de la planta. Todos ellos forman una película protectora que cubre el área foliar y que inhibe el crecimiento del hongo en la planta.

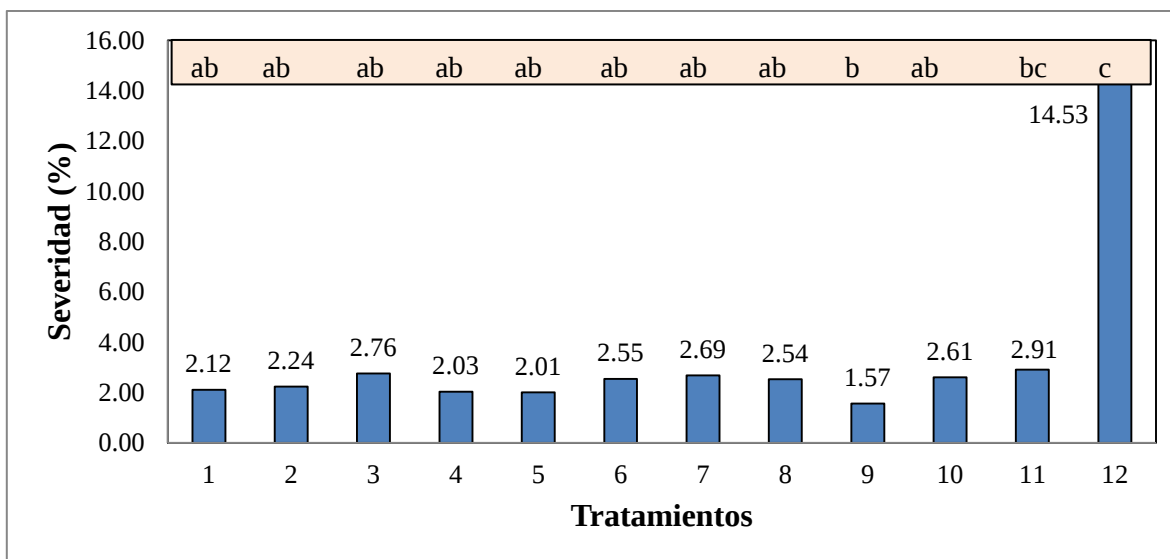


Figura 11. Severidad acumulada por hoja representada en porcentaje, que se presentó a los 75 días con los respectivos fungicidas.

El fungicida Nativo mostró bajos porcentajes similares al T9 con 2.03 %, debido a que está compuesto por Trifloxystrobin el cual le confiere la actividad mesostémico, caracterizada por una alta afinidad con la superficie foliar, siendo absorbido por las capas cerosas, redistribuyéndose sobre toda la superficie de la planta por vapor superficial. Es un fungicida sistémico, de amplio espectro, con acción preventiva, curativa y erradicante. Es de largo efecto residual cuya acción consiste en inhibir la biosíntesis del ergosterol, componente esencial de la membrana celular de los hongos.

5.3. Defoliación

Para el estudio de esta variable se tomaron en cuenta diferentes factores que se encuentran asociados a: daño por roya, mecánicos que están influenciados al manejo agronómico del cultivo.

También se tomó en cuenta el porcentaje de área foliar afectado (severidad de la roya), ya que cuando más del 50 % de área foliar está afectado se presenta una disminución fotosintética en la hoja así como también hay una disminución de la transpiración y la respiración, en estos casos las hojas comienzan a caerse, lo que provoca un descenso de la incidencia y la severidad. Por otro lado, se encuentra asociada al daño del área foliar (severidad), la cual se relaciona al número de hojas infectadas en una planta (incidencia), a la vez esta depende de los factores climáticas como la temperatura, humedad relativa, porcentajes de sombra y las fuertes lluvias que se presentan en la zona.

En el muestreo realizado a los quince días, el fungicida Phyton (T9) presentó un bajo porcentaje de defoliación de 0.48 %, seguido por el fungicida MAI007 (T10) que mostró un efecto similar, presentando un bajo porcentaje de defoliación de 0.69 %. Esto posiblemente se debe a que estos tratamientos presentaron bajos porcentajes de incidencia y severidad los cuales no mostraron un incremento significativo para el mes de junio. Por otro lado, el fungicida Phyton y MAI007 inducen al desarrollo de nuevos brotes en la planta y ayudan a conservar el área foliar. El testigo presentó un mayor porcentaje de defoliación con 3.46%. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (Anexo 16), lo cual se corroboró mediante la prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$).

A los treinta días después de realizar la primera aspersión se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$), la aplicación Phyton (T9) mostró un bajo porcentaje de 2.68 %, esto posiblemente se debió a que este tratamiento presentó bajo porcentaje de severidad. El fungicida Duet (T3) ejerció un efecto similar, con un porcentaje de 3.18 %, esto posiblemente se debe a que las lluvias con vientos fueron bajas para la zona Los Granadillos, estos factores influyen de manera directa sobre la caída de las hojas al estar débilmente sujetadas debido al ataque de la roya del café (*Hemileia vastatrix*). Ambos tratamientos presentaron diferencia estadística con respecto al testigo (T12) mostrando un alto porcentaje de defoliación de 8.69 %.

La aplicación de Fumbact-MAI007 (T11) presentó un efecto similar al testigo, mostrando una defoliación de 6.07 %, esto se debe a que en este tratamiento se encontró un alto porcentaje de incidencia y consecuentemente alto porcentaje de severidad, por otro lado las condiciones climáticas que se presentaron para la zona de Los granadillos son óptimas para el desarrollo de esta enfermedad.

En el muestreo realizado a los quince días después de la segunda aplicación se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p<0.01$) entre los tratamientos (ver anexo 18), la aplicación de Phyton-MAI007 (T9) presentó un bajo porcentaje de defoliación con 4.80 %, esto posiblemente se debe a que los anti-metabolitos del fungicida MAI007 actúan en el metabolismo del patógeno, inhibiendo los procesos reproductivos de crecimiento de nuevas esporas del hongo (*Hemileia vastatrix*) agente causal de la roya del café. Seguidamente la aplicación Phyton-Nativo (T5) mostró bajo porcentaje de defoliación con 6.22 %, el Testigo (T12) mostró los porcentajes más altos con 13.62 % (Figura 12).

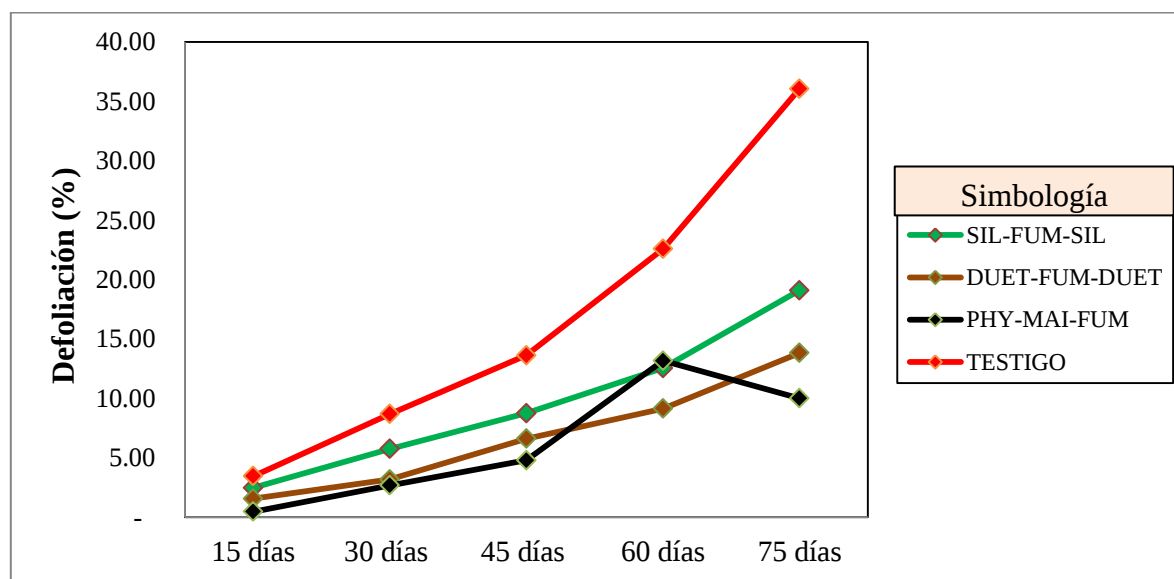


Figura 12. Defoliación en porcentajes afectado por la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en campo durante todo el estudio.

En el muestreo realizado a los sesenta días se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p<0.01$) entre los tratamientos (anexo 19), la aplicación de Duet-Fumbact (T3) presento un bajo porcentaje de defoliación con 9.14 %, esto posiblemente se debe al ingrediente activo del fungicida Fumbact (Sulfato de cobre pentahidratado), ya que es un fungicida de contacto ataca las esporas presentes en las hojas, de este modo se produce menor daño en la hoja y se aumenta el número de brotes nuevos en la planta. La aplicación de Phyton-Nativo (T5) también mostró un bajo porcentaje de defoliación igual al tratamiento nueve con 9.14 %. Sin embargo, la aplicación de Phyton-MAI007 (T9) mostró un alto porcentaje con una defoliación de 13.17 %, esto posiblemente se debe a que este tratamiento presentó una alta severidad y que las condiciones climáticas de viento, lluvia, además de factores mecánicos y fisiológicos como la maduración de las hojas, el manejo agronómico que incidieron en la caída de las hojas y como consecuencia aumento la defoliación. El Testigo (12) mostró los porcentajes más altos de defoliación con un porcentaje de 22.59 %.

Tabla 3. Defoliación en cada uno de los tratamientos evaluados durante todo el estudio.

TR	15 días	TR	30 días	TR	45 días	TR	60 días	TR	75 días
9	0.48 a	9	1.86 a	9	4.80 a	9	9.14 a	9	10.00 a
10	0.69 a	3	2.02 b	5	6.22 b	5	9.15 a	3	13.83 b
8	0.71 a	5	2.15 b	1	6.35 b	3	10.11 a	5	14.31 b
5	1.17 b	1	2.15 b	3	6.61 b	1	10.56 a	1	14.33 b
11	1.56 b	10	2.2 b	8	6.79 b	7	10.70 a	8	14.82 b
3	1.57 b	8	2.02 b	10	6.89 b	10	11.57 a	10	15.83 b
4	1.62 b	6	2.29 b	4	7.17 b	6	11.62 a	4	16.54 b
6	1.86 b	4	2.30 b	6	7.74 b	11	12.54 a	11	16.56 b
1	1.95 b	2	2.59 b	11	8.60 b	4	12.54 a	6	18.31 b
7	2.33 b	7	2.61 b	2	8.75 b	2	12.57 a	7	18.48 b
2	2.48 b	11	2.62 b	7	8.99 b	8	13.17 a	2	19.09 b
12	3.46 c	12	3.07 c	12	13.62 c	12	22.59 b	12	36.06 c

En el muestreo realizado a los 75 días, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p<0.01$) entre los tratamientos (anexo 19), la aplicación Phyton-MAI007-Fumbact (T9) mostró el mejor efecto en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en cuanto a la

defoliación con un porcentaje de 10.03 %, esto probablemente se debe al efecto acumulado de los tres productos ya que es un tratamiento que mostró baja incidencia y severidad y mayormente al fungicida Fumbact ejerciendo un buen efecto debido a su mecanismo de acción el cual actúa eliminando las esporas presentes en las hojas lo cual reduce la incidencia y por consiguiente la severidad del hongo (*Hemileia vastatrix*), agente causal de la roya del café. La aplicación de Duet-Fumbact-Duet (T3) ejerció un efecto similar, mostrando una defoliación de 13.83 %. La aplicación de Silvacur-Fumbact-Silvacur (T2) mostró los porcentajes más altos entre los tratamientos con 19.09 % de defoliación, esto posiblemente se debe a una baja efectividad de esta combinación de productos ya que las condiciones climáticas para la zona fueron ideales para el desarrollo de esta enfermedad, también se debe a que las hojas llegaron a su madurez fisiológica por el daño efectuado por la roya del café (*Hemileia vastatrix*), lo cual aumenta significativamente las defoliación, por otro lado, esta aplicación presentó los porcentajes más altos de incidencia y severidad. El testigo se diferenció estadísticamente y presentó el porcentaje más alto de defoliación con 36.06 % (Ver tabla 3).

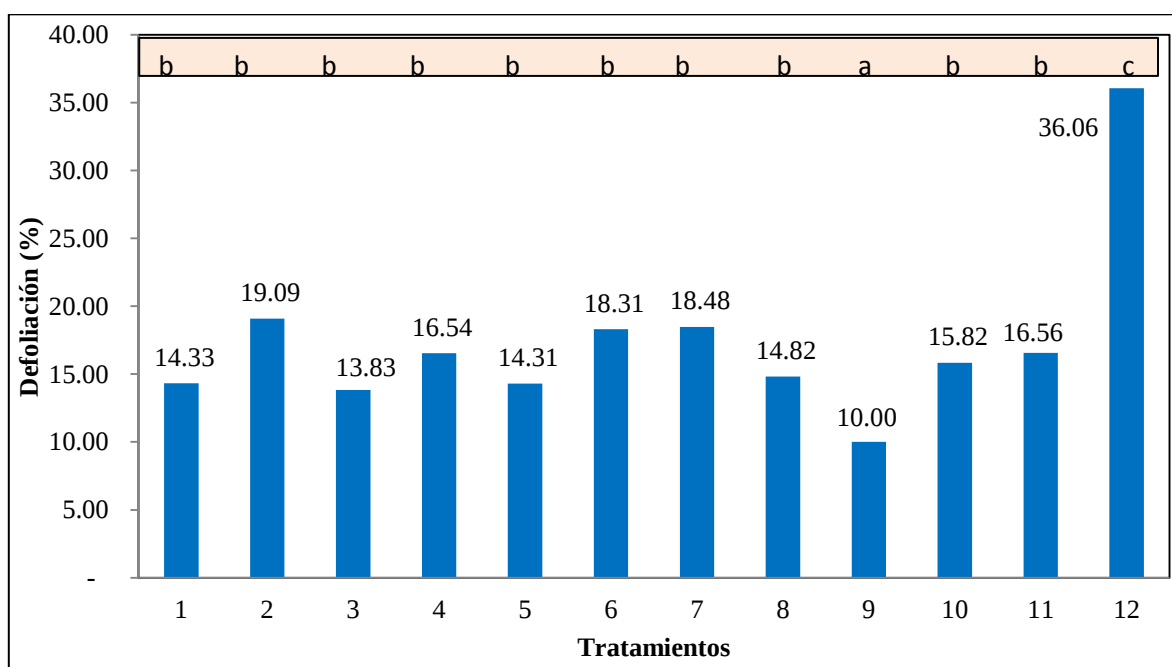


Figura 13. Defoliación acumulada a los 75 días en los tratamientos evaluados.

En cuanto a las variables anteriormente descritas, se encontró que la mejor alternativa en el manejo del hongo (*Hemileia vastatrix*) agente causal de la roya del café fue la aplicación de Phyton-MAI007-Fumbact (T9) que mostró los porcentajes finales más bajos. Los fungicidas utilizados en este tratamiento debido a su modo y mecanismo de acción penetran dentro del tejido de la planta afectando el crecimiento del hongo al inhibir el desarrollo de la pared celular del patógeno, generalmente estos fungicidas no adquieren resistencia ya que, no atacan el núcleo del hongo por lo tanto se pueden aplicar constantemente y mantienen bajos los niveles de incidencia y de esta manera reducen el área foliar afectada (severidad).

Además pueden permanecer entre 20 y 30 días, posteriormente a ellos se utiliza un fungicida de contacto que contenga como ingrediente activo cobre, lo cual aumenta la eficiencia del fungicida sistémico. Los fungicidas de contacto protegen hojas que no han sido atacadas y que a la vez atacan las esporas presentes en el envés de las hojas y a continuación se realiza una tercera aplicación con un fungicida sistémico para controlar aquellas áreas donde el fungicida protector no ejerció efecto.

5.4. Número de pústulas por hoja

Esta variable se tomó en cuenta para medir la efectividad de los productos utilizados en cada tratamiento, el análisis se realizó contando el número total de pústulas entre el número de hojas infectadas. A los 30 días después de realizada la primera aspersión se encontró diferencias estadísticas significancias entre tratamientos. El fungicida Phyton (T9) ejerció el mejor efecto, presentando un promedio de pústulas por hoja de 3.16, esto posiblemente se debe al mecanismo de acción del fungicida Phyton, el cual inhibe la germinación de esporas en las hojas. En segundo lugar se ubicó el fungicida por el fungicida Fumbact (T11) que mostró un efecto similar, presentando un promedio de pústulas por hoja de 3.37. El fungicida Alto (T7) presentó los promedios más altos con 4.22 y el testigo (T12) se diferenció estadísticamente entre ellos mostrando un promedio de pústulas por hoja de 7.46.

Esto posiblemente se debe al modo y mecanismo de acción de estos fungicidas hace tener una mejor eficiencia para el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), también se encuentra relacionado con el número de hojas presentes en cada bandola ya que a mayor número de hojas infectadas menor será el número de pústulas (ver figura 8).

Tabla 4. Número de pústulas por hoja en los diferentes tratamientos evaluados.

TRT	30 días	TRT	60 días	TRT	75 días
9	3.16 a	9	3.26 a	9	3.27 a
5	3.36 a	4	3.72 a	4	3.45 a
4	3.42 a	2	3.83 a	10	3.56 a
1	3.43 a	1	3.84 a	5	4.01 a
6	3.55 a	6	3.91 a	8	4.02 a
8	3.63 a	8	4.01 a	7	4.04 a
3	3.78 a	5	4.04 a	3	4.07 a
10	3.90 a	7	4.05 a	1	4.08 a
7	3.91 a	3	4.19 a	6	4.17 a
11	3.96 a	11	4.22 a	11	4.21 a
2	4.22 a	10	4.34 a	2	4.27 a
12	7.46 b	12	12.15 b	12	13.20 b

A los cuarenta y cinco días se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.01$), entre los tratamientos. La aplicación de Phyton-MAI007 (T9) ejerció el mejor efecto, presentando un promedio de 3.29, esto posiblemente se debe a que mostró menor porcentaje de incidencia y una baja severidad, lo cual reduce el número de pústulas por hoja, seguido por la aplicación de Fumbact-MAI007 (T1) que ejerció un efecto similar al tratamiento nueve, mostrando un promedio de 3.30. La aplicación de MAI007-Brotolom cobre (T10) mostró el promedio más alto en cuanto al número de pústulas, presentando un promedio de 4.28. El testigo (T12) presentó un promedio de pústulas por hoja de 10.41. Esto posiblemente se debe a que las condiciones climáticas que se presentaron en la zona fueron ideales, lo cual provocó un aumento significativo en el número de pústulas.

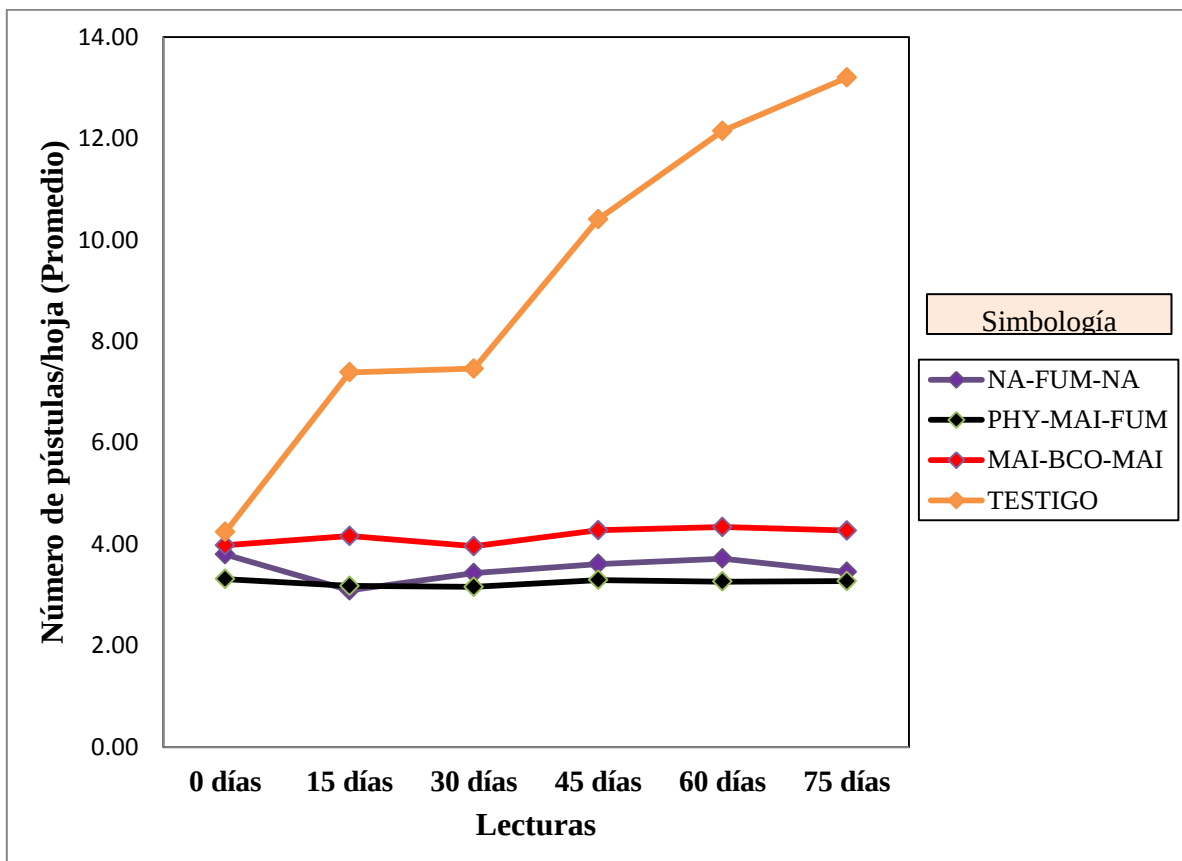


Figura 14. Número de pústulas de la roya por hoja, para medir el efecto que presentaron las diferentes aplicaciones en las hojas de las plantas del cultivo de café.

En el muestreo realizado a los sesenta días, la aplicación de Phyton-MAI007 (T9) ejerció el mejor efecto, presentando un promedio de pústulas por hoja de 3.27, esto posiblemente se debe al buen efecto mostrado por este tratamiento en las variables. Cabe destacar que las condiciones climáticas de la zona Los Granadillos que se presentaron fueron ideales. El fungicida Nativo (T4) mostró un efecto similar, con un promedio de 3.72 pústulas por hoja, Esto posiblemente se debe a su modo y mecanismo de acción, ya que inhibe la formación del ergosterol. El Testigo (T12) se diferenció estadísticamente entre los tratamientos presentando el promedio más alto con 12.15 pústulas de roya por hoja.

A los setenta y cinco días se realizó el último muestreo, la aplicación Phyton-MAI007-Fumbact (T9) ejerció el mejor efecto en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*),

presentando un promedio de pústulas por hoja de 3.26, probablemente se debió al buen efecto acumulado de los tres productos. Por ejemplo el Fumbact inhibe los procesos reproductivos dentro del patógeno. La aplicación de Nativo-Fumbact-Nativo (T4) ejerció un efecto similar, mostrando un promedio de pústulas por hoja de 3.45, esto posiblemente se debe a que este fungicida actúa de forma preventiva y curativa, además se mueve dentro de los tejidos de la planta de manera mesostémica protegiendo así el interior. El testigo (T12) presentó un promedio de pústulas por hoja de 13.20, esto probablemente se debe a que las condiciones de baja temperatura y la radiación solar que se presentaron en la zona de Los Granadillos fueron ideales provocando un aumento significativo.

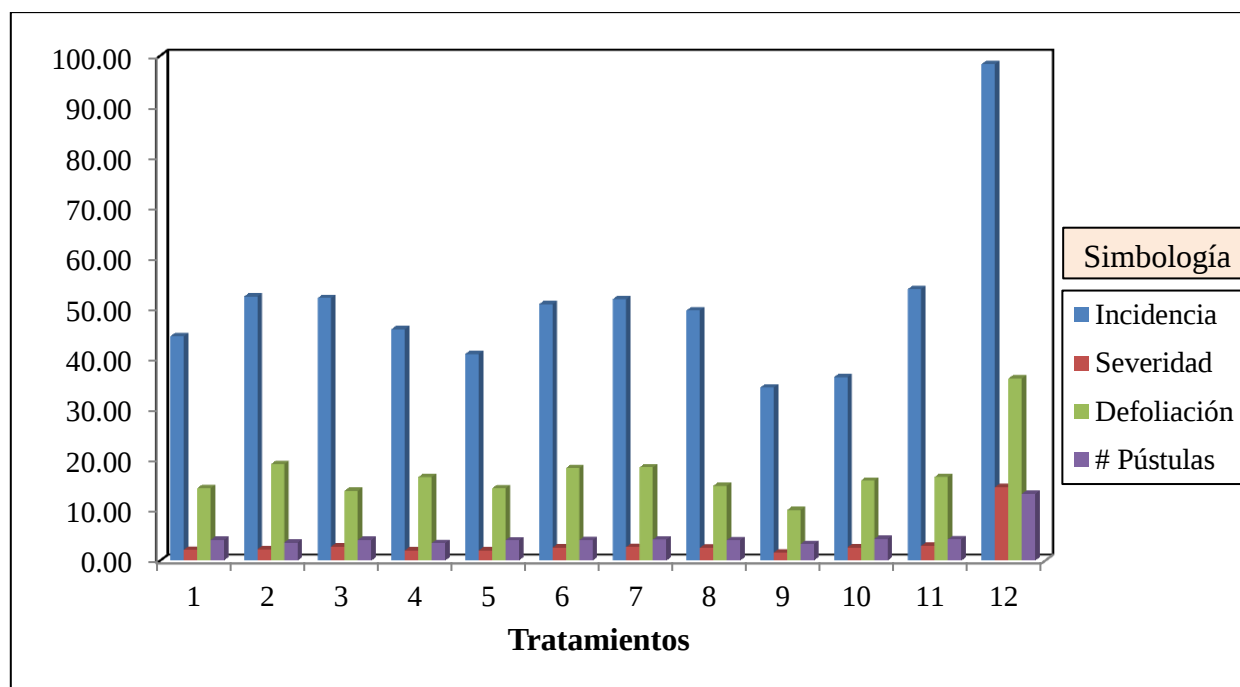


Figura 15. Valores totales que presentaron las variables evaluadas en el estudio para el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*).

En la figura ocho se observa los porcentajes encontrados en el último muestreo de cada una de las variables evaluadas. El mejor tratamiento fue Phyton-MAI007-Fumbact (T9) que presentó los porcentajes más bajos, seguido por la aplicación MAI-Brotolom cobre-MAI que presentó al igual que el tratamiento nueve bajos porcentajes de incidencia y

defoliación. En el testigo se puede apreciar claramente fue el más afectado por la roya del café (*Hemileia vastatrix*), presentando los mayores porcentajes de infección, severidad y defoliación. Esto demuestra que son importantes las aplicaciones periódicas de fungicidas en las fincas ya que contribuyen a reducir el daño causado por la roya y permiten obtener una mayor producción y consecuentemente se mejoran ingresos. Por otro lado, es importante mantener buenos programas de fertilización, control de malezas así como un manejo integrado de plagas y enfermedades dentro de la finca.

5.5. Análisis de costos de los fungicidas evaluados

Este análisis se efectuó con el fin de orientar al caficultor sobre los costos para el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), mostrando el efecto que cada tratamiento presentó y el impacto económico facilitando la alternativa más adecuada con base en las condiciones de cada caficultor. El costo de estos fungicidas en las casas comerciales es de Lps. 922.50 el litro de Phyton 24 SC y MAI007, Lps. 451.00 el litro de Fumbact, Lps. 512.00 el litro de Brotolom cobre, Lps. 900.00 el litro de Alto 10 SL, Lps. 1200.00 el litro de Duet, Lps. 1300.00 el litro de Silvacur y Lps. 600.00 el sobre de 80 gr. de Nativo 300 SC.

Cuadro 4. Costo de aplicación de los productos evaluados.

No.	Tratamiento	Costos fijos / ha	Costos variables/ha	Costo Total
1	Alto 10 SL-Fumbact-Alto 10 SL	300.00	905.90	1205.90
2	Silvacur-Fumbact-Silvacur	300.00	905.90	1205.90
3	Duet-Fumbact-Duet	300.00	730.90	1030.90
4	Nativo-Fumbact-Nativo	300.00	1005.90	1305.90
5	Phyton-Nativo-Brotolom cobre	300.00	1891.50	2191.50
6	MAI-007-Alto 10 SL-Phyton	300.00	1328.00	1628.00
7	Alto 10-Phyton-Brotolom cobre	300.00	1330.25	1630.25
8	Fumbact-Brotolom cobre-Fumbact	300.00	918.40	1218.40
9	Phyton-MAI007-Fumabct	300.00	1752.75	2052.75
10	MAI007-Brotolom cobre-MAI007	300.00	1340.50	1640.50
11	Fumbact-MAI007-Brotolom cobre	300.00	1328.40	1628.40
12	Testigo	0.00	0.00	0.00

Costos fijo/ha= Mano de obra, costo de depreciación del equipo.

Costos variables/ha= costos de los productos químicos utilizados por hectárea.

Se efectuó el análisis en base al precio del producto, la alternancia de fungicidas tanto sistémicos como de contacto y el intervalo de aplicación que fue cada 30 días entre una y otra aplicación. Los tratamientos que presentaron el menor costo por hectárea fueron la aplicación Duet-Fumbact-Duet (T3) y Silvacur-Fumbact-Silvacur (T2). Pero se debe tomar en cuenta que la eficiencia en el control del hongo (*Hemileia vastatrix*) agente causal de la roya del café, no fue eficiente con estos productos. Los costos más altos los presentó la aplicación Phyton-MAI007-Fumbact (T9) que en todos los muestreos realizados ejerció el mejor efecto en todas las variables evaluadas en el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*).

La decisión de cual tratamiento usar dependerá entonces de la situación económica del productor, pero se enfatiza en este estudio el hecho de que la roya del café es una enfermedad muy peligrosa y destructiva y debe manejarse con aquellos fungicidas que han presentado el mejor efecto supresivo, acompañados siempre por las prácticas de manejo adecuadas del cafetal.

VI. CONCLUSIONES

Los fungicidas orgánicos que presentaron mejor eficiencia en el manejo del hongo (*Hemileia vastatrix*) agente causal de la roya del café fueron los fungicidas Phyton y MAI007.

El mejor efecto para el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) se obtuvo con el tratamiento Phyton-MAI007-Fumbact (T9), seguido del tratamiento Nativo-Fumbact-Nativo (T4), los cuales mantuvieron bajos porcentajes para las distintas variables evaluadas.

El tratamiento que resultó menos costoso, fue la aplicación Duet-Fumbact-Duet que tuvo un costo por hectárea de Lps.1030.00, pero permitió una incidencia de 40 %.

En la relación beneficio-costos la aplicación Phyton-MAI007-Fumbact (T9) fue la más costosa pero la más eficiente, ya que solo permitió un 34.27 % de incidencia.

La forma de aplicación, el manejo agronómico del cultivo, las condiciones climáticas presentes en la zona y los fungicidas a aplicar determinan los niveles de incidencia y severidad del hongo (*Hemileia vastatrix*) agente causal de la roya del café.

El uso de variedades resistentes y utilizando el manejo integrado de plagas (MIP) de forma adecuada reduce los costos de aplicación de los productos a utilizar.

VII. RECOMENDACIONES

Para el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) es necesario realizar muestreos previos a las respectivas aplicaciones, para efectuar aspersiones cuando el porcentaje de incidencia es mayor al 10 %.

Los costos económicos por aplicación y la eficiencia de los productos a utilizar en contra del hongo (*Hemileia vastatrix*) agente causal de la roya del café son las principales características a tomar en cuenta al momento de recomendar un fungicida.

Se debe hacer uso de los programas de fertilización basados en análisis de suelos, regulación de sombra, control de malezas, siembra de variedades resistentes, para el manejo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*).

Para una cosecha segura, altos rendimientos de producción y buena rentabilidad se deben realizar al menos cuatro aspersiones para la zona de El Paraíso, con la aplicación Phyton-MAI007-Fumbact-Phyton, iniciando las aplicaciones en junio y finalizando en septiembre.

Continuar las investigaciones con las aplicaciones de MAI007-Contacto-MAI007 y Phyton-contacto-Phyton, utilizando un fungicida de contacto para la segunda aspersión, ya que estas aplicaciones presentaron baja incidencia, siendo posibles alternativas para el manejo del hongo (*Hemileia vastatrix*) agente causal de la roya del café.

Para pequeños caficultores se debe hacer uso de variedades resistentes que les permita reducir los costos de aplicación de fungicidas para el manejo del hongo (*Hemileia vastatrix*).

VIII. BIBLIOGRAFIA

Agromercados, 2012. Importancia económica de la caficultura y oportunidades de mercado para pequeños y medianos productores, ciclos de conferencia Honduras, San Pedro Sula, H, (en línea) consultado el 24 de may del 2013, disponible en:
<http://www.agromercados.hn/descargas.html>

Agrosiembra, s.f. Nombre Comercial: ALTO 10 SL, s.l. (en línea) consultado el 18 de may del 2013, disponible en: http://www.agrosiembra.com/nc=ALTO_10_SL-12

Alvarenga F, 2012. Cosecha cafetera de Honduras bajará en 2 millones de quintales, San Pedro Sula, Hn. (en línea) consultado el 25 de jun del 2013, disponible en:
<http://www.laprensa.hn/Publicaciones/Series-de-Investigacion/Exportacion/Cosecha-cafetera-de-Honduras-bajara-en-2-millones-de-quintales#.Uc2ugzs9-6M>

BASF, s.f, Fungicidas, Colombia. (en línea) consultado el 15 de may del 2013, disponible en: <http://www.basf.com.co/negocios/fungicidas.asp>

Arguijo, G. 2011. Exportación de café en Honduras, Tegucigalpa, H. (en línea) consultado el 03 de mayo, disponible en: <http://exportaciondecafeenhonduras.blogspot.com/>

Barrera JF, Lomeli R, Bernal JS, Herrera J, Malo E, 2006. Minador de la hoja del café, Chiapa, M. (en línea) consultado el 02/05/2013 disponible en:
http://www.cofupro.org.mx/cofupro/archivo/fondo_sectorial/Chiapas/31chiapas.pdf

Bayer cropscience, 2009. Productos Silvacur combi 30 EC, s.l. (en línea) consultado el 27 de may del 2013, disponible en:

<http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=136>

Bayer CropScience, 2009. Fungicidas nativo, 5 de julio del 2009. s.l. (en línea) consultado el 20 de mayo del 2013, disponible en:

http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=236&id_prod=628

Bertrand B, François Anthony, Etienne H, Alpizar E, Lashermes P, Villainet L. (2009). Los nematodos parásitos del café, (en línea) consultado el 26 de mayo del 2013 disponible en: <http://www.ramacafe.org/2009/images/stories/presentaciones/nematodos.pdf>

Bustillo, AEP. 2006. Trampas y atrayentes para monitoreo de poblaciones de broca del café. *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae). . En: SIMPOSIO Latinoamericano de Caficultura, 19. San José (Costa Rica), Octubre 2-6, 2000. (en línea) consultado el 02/05/2013 disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v32n2/v32n2a01.pdf>

Calderón, G 2011 La roya del café, Experiencias de Manejo en Guatemala. G. (en línea) consultado el 19 del 20 del 2013, disponible en:

<http://cesavechiapas.org.mx/pdf/eventos/9.SAGARPA%20v21.02.13%20Ing%20Gabriela.pdf>

CATIE (Centro Agronómico Tropical De Investigación y Enseñanza, CR), 2000. Manejo integrado de plagas en sistemas agrícolas, agroforestales y forestales, control biológico, s.l. (en línea) consultado el 18 de may del 2013, disponible en:

http://web.catie.ac.cr/catie/informe_anual/Pag15-18.PDF

Cárdenas JL, Suarez OR, Orosco EFM. (S.f), Roya del cafeto (*Hemileia vastratrix*), síntomas que presentan los cultivos afectados. EE.UU. (en línea) consultado el 26 de mayo del 2013, disponible en:

http://www.croplifela.org/index.php?option=com_content&view=article&id=308%3Aroya-del-cafeto-hemileia-vastratrix&catid=28%3Acontenidos-abc-&lang=es

Centro de investigaciones del café (CENICAFE), 2012. Impacto de la roya del café, Colombia. (en línea) consultado el 25 de jun del 2013, disponible en:

http://www.procafe.com.sv/menu/dia%20de%20la%20caficultura/PresentacionElSalvadorOct2012_2.pdf

CEPICAFE (Central Piurana de Cafetaleros), 1999. Manejo fitosanitario en el cultivo de café, (en línea) consultado el 15 de abril del 2013, disponible en:

<http://api.ning.com/files/vgw03ZoEdA2f8rYNKdByKe3CXEnSaeOdMdQJUZEe6EfxYDSCWVvYKSxaCdQ9xCQvun5yvGGzn5HvZffz2S3nHrDgkGfzFF0/ManejoFitosanitarioenelcultivodeCafok.pdf>

CEE (Comunidad económica europea), 1991. Manual básico de agricultura ecológica. Andalucía, ESP, (en línea) consultado el 19 de jun del 2013, disponible en: http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20Agricultura%20Ecologica.pdf

Christancho MA, 2012. Impacto de la roya del café en la caficultura regional. Chinchina, C. (en línea) consultado el 18 de mayo del 2013, disponible en:

http://www.procafe.com.sv/menu/dia%20de%20la%20caficultura/PresentacionElSalvadorOct2012_2.pdf

CICAFE (Centro de Investigaciones en Café), 2011. Guía técnica para el cultivo de café. Centro de investigaciones del café, San José, CR. (en línea) consultado el 03 de mayo del 2013, disponible en:

<http://www.icafe.go.cr/icafe/anuncios/documentos/GUIA%20TECNICA%20V10.pdf>

Croplife, s.f. Roya del cafeto (*Hemileia vastratrix*), s.l. (en línea) consultado el 15 de mayo del 2013, disponible en:

http://www.croplifela.org/index.php?option=com_content&view=article&id=308%3Aroya-del-cafeto-hemileia-vastratrix&catid=28%3Acontenidos-abc-&lang=es

D'Areny A, s.f. Enfermedades en café. Fórum café, s.l. (en línea) consultado el 02/05/2013 disponible en: http://www.forumdelcafe.com/pdf/F_16_Enfermedades.pdf

Decazy B, Castro MT, 1990. Manejo integrado de la broca del fruto del cafeto, (en línea) consultado el 17 de abril del 2013 disponible en:

<http://books.google.hn/books?id=5OwNAQAIAAJ&printsec=frontcover&dq=La+broca+del+fruto+del+cafeto&hl=es-419&sa=X&ei=4xyCUZzVHYXJ4AOj-YHIDA&ved=0CCwQ6AEwAA>

Delgado LEM, 2010. Las buenas prácticas en el manejo y cuidado del almacigo de Café. Guatemala, G. (en línea) consultado el 03 de mayo del 2013, disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/las-buenas-practic-manejo-t2814/078-p0.htm>

Delgado LEM, 2012. Avance e Infestación severa de la Roya Amarilla (*Hemileia vastratrix*) en Café, Guatemala. (en línea) consultado el 15 de abril del 2013, disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/roya-en-cafe-t3914/078-p0.htm>

Flores E, 2012. Honduras como productor de café, Área en producción, H. (en línea) consultado el 7 de abril del 2013, disponible en:
<https://sites.google.com/site/elparaisocafehn/honduras-como-productor-de-cafe>

Fartan F, 2011. Buenas Prácticas / Manejo de Subproductos, Fitotecnia, s.l. (en línea) consultado el 03 de may del 2013, disponible en:
http://www.cenicafe.org/es/index.php/buenas_practicas/manejo_de_subproductos

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café), 2012, Análisis de la cadena del café en Honduras, Tegucigalpa, H. Consultado el 24 de mayo del 2013, p 35-37.

Instituto hondureño del café (IHCAFE), s.f. La roya del café (*Hemileia vastatrix*), Honduras. (en línea) consultado el 25 de jun del 2013, disponible en:
<http://www.oirsa.org/portal/documents/documentos-taller-roya/09-Honduras.pdf>

Iñesta A, 2006. Brotolom cobre Inductor de crecimiento, España. Ficha técnica

IICA, 1977. Contribuciones del IICA al conocimiento de la roya del cafeto, consultado el: 06 de abril del 2013, San José, Costa rica, p. 1-3, tomo 1, 65p.

La prensa, 2013. Honduras tendrá cosecha récord de café orgánico, San pedro sula, H. (En línea) consultado el 26 de mayo del 2013, disponible en:
<http://www.laprensa.hn/Secciones-Principales/Economia/Economia/Honduras-tendra-cosecha-record-de-cafe-organico#.UaGqw0C1G6M>

LANREF (Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria), 2013. Roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome, México, (en línea) consultado el 20 de may del 2013, disponible en:
<http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=19732&IdUrl=58982>

López EG, 2007, Estudio del sector café de altura, Tegucigalpa, H. (en línea) consultado el 25 de mayo del 2013, disponible en:
<http://www.sic.gob.hn/promocion/New%20folder/ESTUDIO%20DE%20SECTOR%20CAFES%20DE%20ALTURA.pdf>

Marketing Arm International, 2005, productos, MAI-007. US. (en línea) consultado el 12 de junio del 2013, disponible en:
<http://es.marketingarmpanama.com/productos/Bactericida-Fungicida/MAI-007>

Marketing arm international (MAI), s.f. Fumbact 24 sc, USA. Ficha técnica

Moreno y Alvarado, 2000. Roya del cafeto, *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome (en línea) consultado el 17 de mayo del 2013, disponible en:
<http://amecafe.org.mx/downloads/FichaT%C3%A9cnicaRoyadelCafeto.pdf>

Pernia J, 2006. Fungicidas ecológicos, s.l. (en línea) consultado el 18 de jun del 2013, disponible en: <http://www.hortelanostricantinos.es/fungicidas.html>

Procafe (Fundación Salvadoreña para la Investigación del Café), 2007. La Roya del Cafeto, factores que favorecen la enfermedad, Guatemala. (en línea) consultado el 20 de may del 2013, disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/roya-cafeto-t1587/078-p0.htm>

Ramírez E, Álvarez J, Fajardo O. s.f. Manejo fitosanitario de la roya del café. Guatemala, (en línea) consultado el 21 de may del 2013, disponible en:
<http://visar.maga.gob.gt/visar/manfroya.pdf>

Rivillas CAO, Serna CAG, Cristancho MAA, Gaitan ALB, 2011. Roya del cafeto en Colombia, impacto, manejo y costo del control, Caldas, Col. (en línea) consultado el 25 de may del 2013, disponible en:
http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/roya/boletin_roya/BoletinRoya1Definitivo.pdf

Rodríguez RP, s.f, enfermedades más comunes del cafeto en Puerto Rico, PR, (en línea) consultado el 15 de abril del 2013, disponible en:
<http://academic.uprm.edu/mmonroig/id52.htm> Rodríguez

Rodríguez L, 2012. Exportación de café hondureño baja 13%, Tegucigalpa, H. (en línea) consultado el 12 de jun del 2013, disponible en:
<http://www.elheraldo.hn/Secciones-Principales/Economia/Exportacion-de-cafe-hondureno-baja-13>

SERVICIO NACIONAL DE SEGURIDAD AGROPECUARIA EN HODURAS (SENASA) 2012. Senasa e Ihcafe definen estrategias para combatir roya en cafetales, Tegucigalpa, HN. (en línea) consultado el 24 de junio del 2013, disponible en:
http://www.senasasag.gob.hn/index.php?option=com_content&task=view&id=652&Itemid=1

SICA-INEC-MAG, 2002. Consejo Cafetalero Nacional. Estimación de la superficie cultivada de café, Ecuador, (en línea) consultado el 25 de may del 2013, disponible en:
[http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Mejora_Gen%C3%A9tica_caf%C3%A9_experiencias_Ecuador%20\(1\).pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Mejora_Gen%C3%A9tica_caf%C3%A9_experiencias_Ecuador%20(1).pdf)

Syngenta, 2013. Características de alto 10 SL. México, consultado el 12 de junio del 2013, disponible en: <http://www.syngenta.com.mx/alto-100-sl.aspx>

Subero L, s.f, La Roya del Cafeto. S.l. (en línea) consultado el 15 de abril del 2013, disponible en:
<http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/136.pdf>

Sullca JAB, s.f. Paquete tecnológico del manejo integrado del café. Ministerio de agricultura (MA), Instituto nacional de investigación agraria (INIA).El porvenir, EEA. (en línea) consultado el 03 de mayo del 2013, disponible en:
<http://www.inia.gob.pe/cafe/PAQUETE%20%20TECNOL%C3%93GICO%20-%20CAFE.pdf>

Suarez G, Bustamante J, 1999. Variedades resistentes: una alternativa para el control de la roya del café, Estado Tachira. (en línea) consultado el 10 de may del 2013, disponible en:
http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd63/texto/variedades.htm

Velásquez GP, 2012. Manejo Integrado de la Roya del Cafeto, (en línea) consultado el 26 de mayo del 2013, disponible en: http://prezi.com/ffwwqey_dmpj/manejo-integrado-de-la-roya-del-cafeto/

Viexco ecológico, 2005. Productos Phyton 24 SC, Tegucigalpa, H. (en línea) consultado el 12 de mayo del 2013, disponible en:
<http://es.viexco.net/productos/Bactericida-Fungicida/Phyton-24-SC>.

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

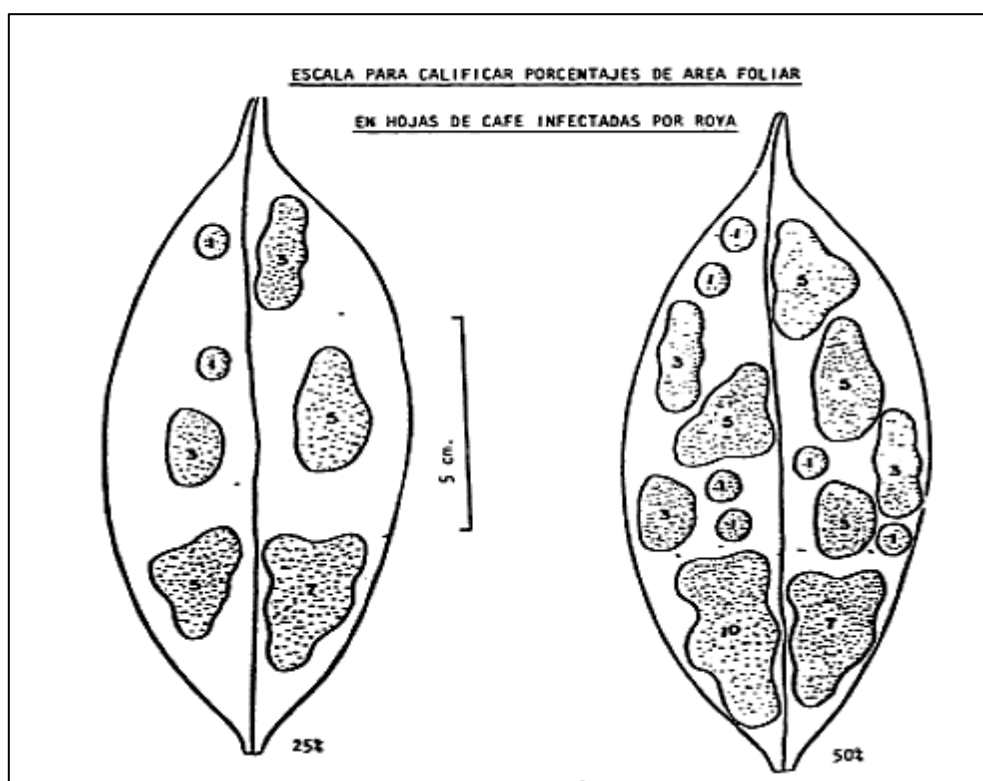
Anexo 1. Croquis de campo del ensayo.

Diseño de los tratamientos por bloque											
T7R1	T9R1	T4R1	T3R1	T1R1	T5R1	T12R1	T6R1	T2R1	T8R1	T10R1	T11R1
T10R2	T8R2	T6R2	T4R2	T2R2	T1R2	T11R2	T3R2	T9R2	T7R2	T7R2	T12R2
T12R3	T5R3	T7R3	T10R3	T8R3	T4R3	T1R3	T6R3	T11R3	T9R3	T2R3	T3R3
T2R4	T5R4	T4R4	T6R4	T9R4	T12R4	T8R4	T1R4	T3R4	T11R4	T10R4	T7R4

Anexo 2. Cronograma de actividades a realizar en los meses de junio a septiembre.

Cronograma de actividades a realizar de los meses de junio a septiembre																															
Semana	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S
Día	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6
Actividad																															
Toma de datos																															
Aplicación de fungicidas																															
Control de malezas																															
Podas sanitarias																															
Regulación de sombra																															
Control de plagas																															
fertilización																															

Anexo 3. Escala de Kushalappa para cuantificar el porcentaje de área foliar con roya.



Anexo 4. Hoja de toma de datos

Tratamiento N° _____ Repetición N° _____ Fecha _____

Muestreador _____

Planta	Bandola	Nudos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	Hoja	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I
		Severidad															
		Incidencia															
		Defoliación															
	2	Severidad															
		Incidencia															
		Defoliación															
	3	Severidad															
		Incidencia															
2	1	Severidad															
		Incidencia															
		Defoliación															
	2	Severidad															
		Incidencia															
		Defoliación															
	3	Severidad															
		Incidencia															
		Defoliación															
3	1	Severidad															
		Incidencia															
		Defoliación															
	2	Severidad															
		Incidencia															
		Defoliación															
	3	Severidad															
		Incidencia															
		Defoliación															

Anexo 5. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los cero días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	120.1478896	40.0492965	2.33	0.925
TRAT	11	109.9363229	9.9942112	0.58	0.8301
Error	33	567.5704854	17.1991056		
Total corregido	47	797.6546979			

R-cuadrado: 0.288451 Coef Var: 34.30198 INCIDENCIA Media: 12.09021

Tukey	Agrupamiento	Media	N	TRAT
	A	15.248	4	12
	A	13.525	4	11
	A	13.188	4	6
	A	12.958	4	1
	A	12.835	4	3
	A	12.720	4	2
	A	11.650	4	7
	A	11.123	4	5
	A	10.900	4	9
	A	10.865	4	4
	A	10.215	4	8
	A	9.858	4	10

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 6. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los quince días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	289.1598333	96.3866111	1.46	0.2433
TRAT	11	890.1898500	80.9263500	1.23	0.3093
Error	33	2178.280817	66.008510		
Total corregido	47	3357.630500			

R-cuadrado: 0.351245 Coef Var: 32.71746 INCIDENCIA Media: 24.83250

Tukey	Agrupamiento	Media	N	TRAT
	A	34.573	4	12
	A	29.200	4	11
	A	28.700	4	2
	A	25.760	4	6
	A	25.100	4	10
	A	24.698	4	4
	A	24.238	4	7
	A	23.283	4	1
	A	23.163	4	8
	A	22.230	4	3
	A	19.148	4	5
	A	17.900	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 7. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los treinta días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	948.843042	316.281014	2.47	0.0793
TRAT	11	3601.765642	327.433240	2.56	0.0184
Error	33	4228.552908	128.137967		
Total corregido	47	8779.161592			

R-cuadrado: 0.518342 Coef Var: 31.67228 INCIDENCIA Media: 35.74042

Tukey	Agrupamiento	Media	N	TRAT
	A	57.983	4	12
B	A	47.683	4	11
B	A	37.058	4	10
B	A	35.580	4	2
B	A	34.668	4	1
B	A	34.160	4	6
B	A	33.780	4	7
B	A	33.625	4	8
B	A	32.285	4	3
B	A	31.135	4	4
B		27.058	4	5
B		23.873	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 8. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los cuarenta y cinco días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	1330.708573	443.569524	6.47	0.0014
TRAT	11	1584.603206	144.054837	2.10	0.0492
Error	33	2263.320402	68.585467		
Total corregido	47	5178.632181			

R-cuadrado: 0.562950 Coef Var: 21.53066 INCIDENCIA Media: 38.46438

Tukey	Agrupamiento	Media	N	TRAT
	A	48.560	4	2
B	A	43.153	4	12
B	A	42.840	4	11
B	A	42.265	4	6
B	A	40.550	4	8
B	A	39.973	4	1
B	A	38.615	4	7
B	A	38.615	4	3
B	A	35.663	4	4
B	A	34.773	4	5
B	A	29.553	4	10
B		27.015	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 9. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los sesenta días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	1251.05034	417.01678	3.22	0.0353
TRAT	11	11470.85677	1042.80516	8.05	<.0001
Error	33	4277.16301	129.61100		
Total corregido	47	16999.07013			

R-cuadrado: 0.748388

Coef Var: 23. INCIDENCIA Media: 48.50125				
Tukey	Agrupamiento	Media	N	TRAT
	A	97.020	4	12
	B	49.790	4	2
	B	48.855	4	10
	B	48.390	4	11
	B	46.950	4	6
	B	46.208	4	7
	B	44.715	4	8
	B	43.948	4	1
	B	43.585	4	3
	B	43.150	4	4
	B	38.915	4	5
	B	30.490	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 10. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable incidencia, a los setenta y cinco días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	2108.32749	702.77583	5.75	0.0028
TRAT	11	11682.74619	1062.06784	8.69	<.0001
Error	33	4031.51911	122.16725		
Total corregido	47	17822.59279			

R-cuadrado: 0.773797

Coef Var: 21.73225 INCIDENCIA Media: 50.85958				
Tukey	Agrupamiento	Media	N	TRAT
	A	98.343	4	12
	B	53.768	4	11
	B	52.300	4	2
	B	52.013	4	3
	B	51.788	4	7
	B	50.763	4	6
	B	49.555	4	8
	B	45.845	4	4
	B	44.420	4	1
	B	40.918	4	5
	B	36.333	4	10
	B	34.273	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 11. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los cero días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	0.57557292	0.19185764	3.21	0.0353
TRAT	11	0.30440625	0.02767330	0.46	0.9123
Error	33	1.96935208	0.05967734		
Total corregido	47	2.84933125			

R-cuadrado: 0.308837	Coef Var: 47.14875	SEVERIDAD Media: 0.518125	
Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	0.6900	4	12
A	0.6175	4	7
A	0.5850	4	1
A	0.5500	4	2
A	0.5400	4	6
A	0.5300	4	3
A	0.4800	4	11
A	0.4700	4	9
A	0.4550	4	5
A	0.4525	4	8
A	0.4425	4	4
A	0.4050	4	10

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 12. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los quince días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	4.25870833	1.41956944	2.84	0.0527
TRAT	11	18.30769167	1.66433561	3.33	0.0036
Error	33	16.47579167	0.49926641		
Total corregido	47	39.04219167			

R-cuadrado: 0.578000	Coef Var: 57.58271	SEVERIDAD	Media: 1.227083	
Tukey Agrupamiento		Media	N	TRAT
	A	3.1625	4	12
B	A	1.4525	4	2
B		1.2725	4	7
B		1.2600	4	10
B		1.0775	4	1
B		1.0675	4	11
B		1.0550	4	6
B		1.0075	4	4
B		0.9750	4	3
B		0.9425	4	8
B		0.7775	4	5
B		0.6750	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 13. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los treinta días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	14.14592292	4.71530764	3.01	0.0442
TRAT	11	23.53425625	2.13947784	1.36	0.2359
Error	33	51.78130208	1.56913037		
Total corregido	47	89.46148125			

R-cuadrado: 0.421189 Coef Var: 70.00485 SEVERIDAD Media: 1.789375

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	3.2800	4	12
A	3.2575	4	7
A	1.8525	4	8
A	1.8500	4	2
A	1.7200	4	6
A	1.5775	4	3
A	1.5400	4	10
A	1.4175	4	1
A	1.4075	4	4
A	1.3125	4	11
A	1.1625	4	5
A	1.0950	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 14. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los cuarenta y cinco días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	8.0348229	2.6782743	2.53	0.0738
TRAT	11	278.1557729	25.2868884	23.92	<.0001
Error	33	34.8833021	1.0570698		
Total corregido	47	321.0738979			

R-cuadrado: 0.891354 Coef Var: 40.10619 SEVERIDAD Media: 2.563542

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	10.4550	4	12
B	2.3175	4	10
B	2.2300	4	2
B	2.2025	4	11
B	2.1050	4	6
B	1.9525	4	7
B	1.9425	4	1
B	1.9325	4	3
B	1.6925	4	5
B	1.6025	4	4
B	1.1650	4	9
B	1.1650	4	8

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 15. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los sesenta días.

Fuente	DF	suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	12.4975729	4.1658576	2.03	0.1286
TRAT	11	445.8889229	40.5353566	19.76	<.0001
Error	33	67.6872021	2.0511273		
Total corregido	47	526.0736979			

R-cuadrado: 0.871335 Coef Var: 45.66220 SEVERIDAD Media: 3.136458

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	13.185	4	12
B	2.665	4	10
B	2.578	4	11
B	2.420	4	3
B	2.375	4	6
B	2.343	4	7
B	2.325	4	2
B	2.253	4	8
B	2.180	4	1
B	2.028	4	4
B	1.960	4	5
B	1.328	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 16. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable severidad, a los setenta y cinco días.

Fuente	DF	suma de cuadrado	cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	16.8597729	5.6199243	3.48	0.0266
TRAT	11	549.3182563	49.9380233	30.96	<.0001
Error	33	53.2316521	1.6130804		
Total corregido	47	619.4096813			

R-cuadrado: 0.914061 Coef Var: 37.58301 SEVERIDAD Media: 3.379375

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	14.5325	4	12
B	2.9125	4	11
B	2.7600	4	3
B	2.6875	4	7
B	2.6050	4	10
B	2.5525	4	6
B	2.5400	4	8
B	2.2350	4	2
B	2.1150	4	1
B	2.0325	4	4
B	2.0075	4	5
B	1.5725	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 17. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los quince días.

Fuente	DF	suma cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	5.76867500	1.92289167	1.83	0.1607
TRAT	11	31.91094167	2.90099470	2.76	0.0118
Error	33	34.65237500	1.05007197		
Total corregido	47	72.33199167			

R-cuadrado: 0.520926	Coef Var: 61.83939	DEFO Media: 1.657083		
Tukey Agrupamiento		Media	N	TRAT
	A	3.4600	4	12
	B A	2.4750	4	2
	B A	2.3300	4	7
	B A	1.9525	4	1
	B A	1.8650	4	6
	B A	1.6175	4	4
	B A	1.5675	4	3
	B A	1.5675	4	11
	B A	1.1725	4	5
	B	0.7075	4	8
	B	0.6900	4	10
	B	0.4800	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 18. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los treinta días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	0.13595625	0.04531875	0.30	0.8272
TRAT	11	4.78517292	0.43501572	2.85	0.0097
Error	33	5.03291875	0.15251269		
Total corregido	47	9.95404792			

R-cuadrado: 0.494385	Coef Var: 16.68184	DEFO Media: 2.341042		
Tukey Agrupamiento		Media	N	TRAT
	A	3.0675	4	12
	B A	2.6375	4	11
	B A	2.6100	4	7
	B A	2.5900	4	2
	B A	2.3000	4	4
	B A	2.2975	4	6
	B A	2.2050	4	8
	B A	2.2025	4	10
	B A	2.1500	4	1
	B A	2.1500	4	5
	B	2.0200	4	3
	B	1.8625	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 19. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los cuarenta y cinco días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	14.6643083	4.8881028	1.13	0.3531
TRAT	11	216.0861417	19.6441947	4.52	0.0004
Error	33	143.3787417	4.3448104		
Total corregido	47	374.1291917			

R-cuadrado: 0.616767 Coef Var: 27.03383 DEFO Media: 7.710417

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	13.623	4	12
B A	8.985	4	7
B A	8.753	4	2
B A	8.595	4	11
B	7.738	4	6
B	7.173	4	4
B	6.893	4	10
B	6.785	4	8
B	6.610	4	3
B	6.350	4	1
B	6.228	4	5
B	4.795	4	9

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 20. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los sesenta días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
TRAT	11	550.8929229	50.0811748	7.23	<.0001
Modelo	14	588.0904958	42.0064640	6.06	<.0001
Error	33	228.6870521	6.9299107		
Total corregido	47	816.7775479			

R-cuadrado: 0.720013 Coef Var: 21.60014 DEFO Media: 18729

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRAT
A	22.578	4	12
B	13.173	4	9
B	12.568	4	8
B	12.543	4	2
B	12.543	4	4
B	11.615	4	11
B	11.573	4	6
B	10.698	4	10
B	10.560	4	7
B	10.110	4	1
B	9.145	4	5
B	9.145	4	3

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Anexo 21. Análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey para la variable defoliación, a los setenta y cinco días.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	cuadrado de la media	F-Valor	Pr >F
BLOQ	3	87.366242	29.122081	1.67	0.1926
TRAT	11	1800.281925	163.661993	9.38	<.0001
Error	33	575.774958	17.447726		
Total corregido	47	2463.423125			

R-cuadrado: 0.766270		Coef Var: 24.08041		DEFO Media: 17.34625	
Tukey	Agrupamiento	Media	N	TRAT	
	A	36.060	4	12	
	B	19.093	4	2	
	B	18.478	4	7	
	B	18.310	4	6	
	B	16.563	4	11	
	B	16.543	4	4	
	B	15.825	4	10	
	B	14.818	4	8	
	B	14.325	4	1	
	B	14.308	4	5	
	B	13.833	4	3	
	B	10.003	4	9	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.