

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“EFECTO DE CONTROL DEL *Trichoderma harzianum* Rifai Y
FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE *Hemileia vastatrix* Berk. & Br.
EN EL DISTRITO DE HERMILIO VALDIZÁN – HUÁNUCO”**

TESIS

Para optar al título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

BARTRA LESCANO ALFONSO HENRY

Tingo María – Perú

2017

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro creador, amparo y fortaleza, cuando más lo necesitamos, y por darme la sabiduría y fuerza para seguir adelante y superar los obstáculos que la vida nos antepone.

A mis hermanos José Luis, Abraham y Pierina por su gran cariño de hermanos y por impulsarme día tras día a continuar y lograr mis metas.

A mis queridas madres, Amanda y Albertina, por ser el pilar más importante en mi vida y a mi padre Luis por el apoyo incondicional que me brinda.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por ser nuestro creador, amparo y fortaleza, cuando más lo necesitamos, y por darme la sabiduría y fuerza para seguir adelante y superar los obstáculos que la vida nos antepone.
- A nuestra Alma Mater Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María Primeros en la Amazonia Peruana.
- Al ingeniero Oscar Cabezas Huayllas por el asesoramiento y apoyo durante la redacción de la tesis.
- Al ingeniero Walter Enrique Panduro Calderón por el asesoramiento y apoyo durante la redacción de la tesis.
- A los docentes de la Facultad de Agronomía por transmitirme sus sabias enseñanzas y valores que contribuyeron en mi formación.
- A la empresa FARMAGRO S.A. por brindarme la oportunidad de realizar mi tesis en el cultivo de café.
- A mis amigos Montañez Ponce Erick, Egoavil Ayala Jacobo, Pizarro Camarena Darwin, por la colaboración y apoyo para la realización de esta tesis, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA	13
2.1. Generalidades del cultivo de café (<i>Coffea arabica</i> L.).....	13
2.1.1. Importancia del café en el mundo.....	13
2.1.2. Importancia del café en el Perú	13
2.2. La Roya del café (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Br.).....	14
2.2.1. Clasificación Taxonómica	14
2.2.2. Origen y distribución de la enfermedad.....	14
2.2.3. Razas.....	15
2.2.4. Importancia de la enfermedad	16
2.2.5. Biología de <i>Hemileia vastatrix</i>	17
2.2.6. Sintomatología de la enfermedad.....	18
2.2.7. Epidemiología de la roya del cafeto.....	19
2.2.8. Métodos de control de la roya amarilla.....	20
2.2.9. Fundamentos tecnológicos en el uso de fungicidas para el control de la roya.....	23
2.3. Generalidades de los fungicidas en estudio	24
2.3.1. Azoxystrobin	24

2.3.2. Tebuconazole	25
2.3.3. <i>Trichoderma harzianum</i> Rifai.....	26
2.4. Método de muestreo de la roya del café	31
2.5. Efecto del manejo de sombra y el ambiente sobre la dinámica de la roya	32
2.6. Investigaciones realizadas en el control de la roya del cafeto.....	33
III. MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. Lugar de ejecución	38
3.2. Parámetros meteorológicos.....	38
3.3. Población y muestra.....	39
3.4. Tratamientos en estudio	39
3.5. Diseño experimental utilizado.....	39
3.6. Características del campo experimental	41
3.7. Parámetros a evaluar	41
3.7.1. Evaluación inicial de la intensidad del daño	41
3.7.2. Evaluaciones de incidencia y severidad.....	41
3.8. Ejecución del experimento.....	42
3.8.1. Demarcación del campo experimental	42
3.8.2. Aplicación de los tratamientos	42
3.8.3. Labores culturales.....	43
3.8.4. Cuantificación de la enfermedad	43

IV. RESULTADOS	45
4.1. Incidencia de la roya amarilla	45
4.2. Epidemiología comparativa : proporción de la enfermedad.....	45
4.3. Análisis económico de los tratamientos	50
V. DISCUSIÓN.....	52
5.1. Progreso de la enfermedad.....	52
5.2. Epidemiología comparativa	53
5.2.1. Proporción de la enfermedad.....	54
5.3. Análisis económico de los tratamientos.	55
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES.....	58
VIII.RESUMEN.....	59
IX. BIBLIOGRAFIA.....	60
X. ANEXO.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Recomendaciones de uso del caldo bordelés.....	31
2. Promedio de temperatura, humedad relativa y precipitación de los meses en que se realizó el estudio.	38
3. Tratamientos empleados para el control de la roya amarilla en una plantación comercial de café ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).	39
4. Esquema del Análisis de variancia.....	40
5. Escala de severidad para la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>).....	42
6. Comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$) de la tasa de infección de la roya amarilla en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).	46
7. Comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$) del porcentaje de incidencia de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) a los 20, 40, 60, 80, 100, 120 y 140 DDPA y a 20 DDFA de los tratamientos en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).	47
8. Proporción acumulada de la roya amarilla (<i>Hemileia vastatrix</i>), días después de las aplicaciones de los tratamientos en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).....	48

9. Área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de la roya amarilla en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).	50
10. Análisis económico de los tratamientos aplicados en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).....	51
11. Cuadro de evaluación de la tasa de infección.....	68
12. Valores de ADCPE de los tratamientos.	68
13. Resumen de los modelos ajustados.	69
14. Número de hojas sanas a los 20 días después de la aplicación de los tratamientos.	69
15. Número de hojas sanas a los 40 días después de la aplicación de los tratamientos.	69
16. Número de hojas sanas a los 60 días después de la aplicación de los tratamientos.	70
17. Número de hojas sanas a los 80 días después de la aplicación de los tratamientos.	70
18. Número de hojas sanas a los 100 días después de la aplicación de los tratamientos.	70
19. Número de hojas sanas a los 120 días después de la aplicación de los tratamientos.	71
20. Número de hojas sanas a los 140 días después de la aplicación de los tratamientos.	71
21. Resumen del análisis de varianza del porcentaje de incidencia de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>) a los 20 días después de la aplicación de	

seis frecuencias de productos en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).....	72
22. Resumen del análisis de varianza de la tasa de infección de la roya amarilla por la aplicación de <i>Trichoderma harziamun</i> Rifai, Tebuconazol, Azoxistrobin y Caldo Bordelés en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).....	73
23. Resumen del análisis de varianza del área debajo de la curva de progreso de la roya del café evaluado en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Curva de progreso de la roya del café (datos originales) días después de la aplicación de las seis frecuencias de aplicación de los tratamientos en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).	49
2. Diagrama del grado de la escala de severidad para roya.....	74
3. Croquis del campo experimento.	75
4. Mapa de distribución geográfica de croquis de parcelas y muestreo de café en el distrito de Hermilio Valdizán.	76
5. Panel en la parcela de ejecución de la tesis.....	77
6. Aplicación de los fungicidas a las parcelas en tratamientos.	77
7. Curva de progreso de la roya del café (datos ajustados bajo el modelo Monomolecular) por efecto de los diferentes tratamientos.	78
8. Área debajo de la progreso de la roya del café (datos originales) por efecto de los diferentes tratamientos.	79

I. INTRODUCCIÓN

El café peruano tiene gran demanda en el mercado mundial, históricamente ha alcanzado exportaciones por 1,200 millones de dólares, sin embargo, en el 2014 se ha llegado sólo a 720 millones de dólares, significando un retroceso del 18 %, su nivel más bajo desde el 2005. Entre las razones de este descenso se atribuye al efecto de la roya amarilla y la falta de renovación de plantaciones antiguas de café (MINAGRI, 2015).

En el año 2013 la “Roya amarilla del café” (*Hemileia vastatrix* Berk. Br), se convirtió en la enfermedad con mayor impacto en la producción de café, debido a la siembra de variedades susceptibles como Borbón, Caturra, Catuaí, Pache y Típica. La siembra de estas variedades, obedeció a su alta demanda por los mercados de café especiales de calidad, pero debido a la incidencia de la roya del café, ha disminuido su producción en 30 %, en la campaña 2013-2014, mientras que el área afectada es más del 60 %, con el riesgo de seguir incrementando, si no se implementan medidas de mitigación. Actualmente son 12 las regiones cafetaleras del país y todas ellas han reportado pérdidas en producción, estimándose una pérdida de 1.8 millones de quintales, equivalente a 480 millones de soles (JUNTA NACIONAL DEL CAFÉ, 2013). En el distrito cafetalero de Hermilio Valdizán en la región Huánuco el cultivo de café constituye una de las principales fuentes de ingreso para el agricultor, existiendo 2300 hectáreas cultivadas, que enfrentan diferentes limitantes, siendo uno de ellos la alta incidencia de la roya. La alta incidencia de esta enfermedad ha generado la necesidad de emplear diversos métodos de control

entre ellos el empleo de fungicidas; sin embargo, no se tiene información cuantitativa de la aplicación de estos productos bajo las condiciones agroecológicas del distrito.

Objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* y fungicidas en el control de la roya amarilla del cafeto causado por el hongo *Hemileia vastatrix*.

Objetivos específicos

- a) Determinar la incidencia y grado de severidad de la roya del cafeto en pre y pos aplicación de *Trichoderma harzianum*, tebuconazol, azoxistrobin y caldo bordelés.
- b) Seleccionar el fungicida con mejor efecto de control de *Hemileia vastatrix* causante de la roya amarilla del cafeto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de café (*Coffea arabica* L.)

2.1.1. Importancia del café en el mundo

El café es producido por más o menos 70 países, de entre los cuales 45 son responsables por más del 97 % de la producción mundial. Para muchos países, las exportaciones de café no solo constituyen un elemento esencial de ingresos en divisas, sino que contribuyen también con una proporción significativa de los ingresos fiscales y la producción bruta nacional. Los ingresos promedios percibidos por las exportaciones de café en siete países fueron superiores al 10 % durante el período 2000-2010 aunque la importancia del café en la economía de varios países decrece con el tiempo. Esto puede ser demostrado por el hecho de que durante el periodo 1996 al 2000, hubieron 15 países que conformaron a este criterio, es decir que los ingresos de divisas derivadas de las exportaciones de café excedieron el 10 % (CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL, 2014).

2.1.2. Importancia del café en el Perú

La caficultura es la principal actividad agrícola lícita en los valles de la selva del país (los mayores rendimientos se obtienen en departamentos como Amazonas, San Martín y Cajamarca), donde el café se posesiona como el cultivo alternativo más importante frente a la coca, constituyéndose en su mayoría como el principal sustento económico de las familias, debido a que el proceso de elaboración del café se desarrolla en condiciones agro ecológicas ideales. Las plantaciones se encuentran localizadas en las montañas tropicales

de los andes cultivándose entre los 600 y 2 700 msnm (CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL, 2014).

El rendimiento promedio según AGROBANCO (2012), es de 500 kg/ha en promedio de 12 a 13 quintales/ha siendo Junín y Cajamarca los principales productores a nivel nacional.

2.2. La Roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. Br.)

2.2.1. Clasificación taxonómica

Dominio	:	Eukaryota.
Reino	:	Fungi.
Phylum	:	Basidiomycota.
Subphylum	:	Pucciniomycotina.
Clase	:	Pucciniomycetes.
Orden	:	Puccionales.
Género	:	<i>Hemileia</i> .
Especie	:	<i>H. vastatrix</i> .

2.2.2. Origen y distribución de la enfermedad

La roya anaranjada del cafeto fue reportada formalmente por primera vez a principios de 1869 en una plantación de la isla asiática de Ceilán, hoy Sri Lanka. En ese mismo año, el micólogo británico Berkeley describió y nombró el hongo responsable de la enfermedad, *Hemileia vastatrix* (AVELINO, 2013). En 1970, esta enfermedad apareció por primera vez en el hemisferio occidental, en Brasil, y rápidamente se ha extendido a los países de centro y

Sudamérica productores de café más importantes del mundo, donde todos los cafetos comerciales son susceptibles a la roya (AGRIOS, 2005).

Después de Brasil, la roya atacó los cafetales nicaragüenses en el año 1976 y tres años después, se trasladó a El Salvador. En 1980 llegó a las fincas cafetaleras guatemaltecas y colombianas, y en 1981 a México, concretamente a la región de El Soconusco, Chiapas. Desde entonces se ha ido extendiendo por todas sus zonas cafetaleras (GALI, 2013). La roya del café apareció por primera vez en Centroamérica en 1976, pero nunca había afectado la producción tan gravemente como en el ciclo 2012-2013. Cinco países de la región han declarado el brote como emergencia nacional, debido a sus serias repercusiones socioeconómicas (PROMECAFE, 2013). En el caso peruano, en la campaña 2012-13 la presencia de la plaga de la roya en los cultivos, generó importantes pérdidas para los productores, el Ministerio de Agricultura y Riego calcula que llegaron a los US\$ 250 millones (FLORES, 2014).

2.2.3. Razas

En América, la roya anaranjada aparece por primera vez en 1970 en Brasil. De 1970 a 1980 pasó a otros países del continente Americano y el Caribe. Hasta hoy se tienen registradas 45 razas fisiológicas del hongo, lo cual representa una grave amenaza para los países. La Raza II fue identificada como la primera en brincar al Continente Americano, pero en 1972 apareció la Raza XV, y en 1973 se detecta la Raza III en Brasil, y en 1974 se descubre la Raza I, complicando así el problema de su control, para Brasil. Enseguida

brincó a otros países los cuales cada uno siguió sus propias estrategias para su manejo (CASTILLO, 2013).

2.2.4. Importancia de la enfermedad

Indudablemente, que la enfermedad más destructiva del café, la roya del cafeto, la cual daña a los árboles y disminuye su producción al ocasionar la caída prematura de sus hojas infectadas. La roya del cafeto ha ocasionado pérdidas devastadoras en todos los países productores de café de Asia y África. Ataca a todas las especies de café, pero es más severa en *Coffea arábica* (AGRIOS, 2005). A su vez, el cultivo de café es considerado como el producto agrícola más importante en el comercio internacional, y una mínima reducción en el rendimiento o un ligero aumento en los costos de producción de este cultivo por efecto de *H. vastatrix*, puede tener un gran impacto en los cafecultores y en los países cuyas economías son totalmente dependientes de las exportaciones del café (APS, 2011).

La aparición de la roya del cafeto ha producido en el mundo efectos de importancia histórica muy grande y se le ha considerado entre las cinco enfermedades más importantes de las plantas. A causa de la destrucción de los cafetales, los principales productores del Oriente tuvieron que abandonar sus cultivos dando la oportunidad para que América (Brasil, Colombia y otros países), desarrollaran la supremacía en producción que hasta hoy día disfrutan. Sin embargo, esta ventaja está amenazada por la roya, ya que según Wellman todos los cafetos comerciales de América son susceptibles a la raza II de *H. vastatrix*. En el Perú fue detectado oficialmente en febrero de 1979 en el

valle de Satipo-Chanchamayo. En diciembre del mismo año es detectado en Tingo María. Actualmente se encuentra diseminada en todas las zonas cafetaleras del país (CASTILLO, 2013).

2.2.5. Biología de *Hemileia vastatrix*

El proceso infectivo de la roya del cafeto comienza con los síntomas de la enfermedad que aparecen en el envés de las hojas, en donde se observan manchas pálidas que con el tiempo aumentan de tamaño y se unen formando las características manchas amarillas o naranja, con presencia de polvo fino amarillo, ahí es donde producen las esporas del hongo (RIVILLAS *et al.*, 2011). La germinación de esporas requiere de la presencia de agua libre por al menos seis horas y también es favorecida con temperaturas entre 21 a 25 °C y condiciones de obscuridad. El apresorio para formarse requiere de un periodo de 5.3 a 8.5 horas. La germinación se inhibe por la luz y cuando se evapora el agua de la hoja, ya que afecta el crecimiento de los tubos germinativos. Sin embargo, luego de germinar, el hongo penetra en las hojas a través de las aberturas naturales (estomas) situadas en el envés de las hojas maduras (RAYNER, 1961).

Una vez que ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta y con éstos extraen los nutrientes para su crecimiento. Luego de transcurrir 30 días, después de la colonización, el hongo está suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia. Para la

zona cafetalera de Colombia, el periodo de latencia puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra (RIVILLAS *et al.*, 2011).

2.2.6. Sintomatología de la enfermedad

La roya anaranjada es un parásito obligado que afecta las hojas (vivas) de las especies del género *Coffea*. De las especies cultivadas, *C. arábica* es el más atacado. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en la cara inferior de las hojas, por donde penetra el hongo. Estos consisten en pequeñas lesiones amarillentas que con el tiempo se vuelven coalescentes y producen las uredosporas con su color anaranjado característico. En la cara superior de las hojas se divisan manchas cloróticas. Finalmente, las lesiones se vuelven necróticas. No se ha reportado ningún hospedero alterno de la roya anaranjada. El hecho que las basidiosporas sí germinen sobre el cafeto pero no logren infectarlo (FERNANDES *et al.*, 2009), llevó a pensar que el hongo necesitaba de otro hospedero para completar su ciclo, posiblemente una orquídea por lo cual se consideraba que la roya anaranjada era heteroica, pero sin hospedero alterno conocido. El origen primitivo de la roya anaranjada sugiere al contrario que ésta es autoica, sin necesidad de otro hospedero. En efecto, como lo explican FIGUEIREDO y PASSADOR (2008), en su lugar de origen, posiblemente los bosques tropicales, las royas eran autoicas e, inicialmente, con sólo la forma de reproducción de la teliospora. Con la migración de sus hospederos a otros ecosistemas, algunas especies de roya desarrollaron nuevos tipos de esporas y afectaron otros hospederos, en la lucha por la supervivencia. Posteriormente se dieron procesos de reducción del ciclo.

FERNANDES *et al.*, (2009) indican que las teliosporas y basidiosporas de la roya anaranjada son genéticamente y morfológicamente inestables sugiriendo que éstas no tienen función y no son más que un vestigio de una forma ancestral. Es probable que *Hemileia vastatrix* haya evolucionado recientemente cuando el Arábica emergió de su ecosistema original, el bosque, hacia un ecosistema más seco y con estaciones más marcadas. La teliospora de paredes celulares delgadas no es adaptada a estas condiciones. *Hemileia vastatrix* desarrolló y conservó únicamente una entidad de reproducción, la uredospora, de paredes gruesas, la cual es adaptada para la supervivencia, la dispersión, la infección y también la reproducción sexual fue el primero en observar que la uredospora podía albergar un proceso de meiosis, fue comprobado de nuevo recientemente. Esta reproducción sexual fue denominada criptosexualidad (CARVALHO *et al.*, 2009).

2.2.7. Epidemiología de la roya del café

Los principales factores que llegan a condicionar el desarrollo de la enfermedad dependen de la relación entre el hospedante (plantas de café), el patógeno (la roya del café) y el ambiente (variación del clima) (BARQUERO, 2013).

2.2.7.1. Predisposición del hospedero al ataque de roya

La predisposición se entiende como fase de máxima susceptibilidad. Para el caso de la roya del café, la predisposición está relacionada en el abundante follaje tierno, que trae como consecuencia un desequilibrio nutricional y por ende se torna susceptible (COCHACHI, 1993). Dentro de los factores del hospedante debe considerarse la susceptibilidad de la variedad, la densidad de siembra (una mayor cercanía de las plantas facilita

los procesos de infección entre las hojas), la condición nutricional de las plantas y la predisposición de estas debido a una alta cosecha (BARQUERO, 2013).

2.2.7.2. Patógeno

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

2.2.7.3. Factores del ambiente

La cantidad de horas que permanece la superficie de la hoja mojada; sea por lluvias, rocío o condensación; y la persistencia de una mayor cantidad de horas con temperaturas entre el rango de 18 a 28 °C; son los factores del clima que más influyen para que así la enfermedad se desarrolle de forma rápida (BARQUERO, 2013).

2.2.8. Métodos de control de la roya amarilla

2.2.8.1. Control cultural

Se recomienda mantener un buen programa nutrimental y reducir la sombra excesiva, con el fin de evitar rangos de temperaturas favorables para el desarrollo de la plaga, lo cual reducirá la humedad relativa y adicionalmente estimulara el incremento de área foliar y vida media de las

hojas; evitar las densidades de plantación alta para impedir la proliferación de múltiples chupones que induzcan al autonombramiento (RIVILLAS *et al.*, 2011).

2.2.8.2. Control Genético

Es el método más económico y efectivo en el control de la roya, consiste en el empleo de cultivares resistentes a la roya (BARQUERO, 2013). En varios países de América central, a través del programa PROMECAFE, se han seleccionado localmente, desde la década de los 1990, diferentes variedades resistentes a la roya anaranjada a partir de genotipos llamados Catimor (Caturra x Híbrido de Timor) originarios del CIFC de Portugal y de Brasil. Todas las selecciones locales de Catimor (Catrenic, Catisic, Ihcafe 90, Costa Rica 95, MIDA96, Lempira) han sido realizadas sobre todo con criterios de productividad y de resistencia a la raza II (v5). Aunque muchos de estos materiales fueron criticados por su calidad, a veces con razón, hay que reconocer que estas variedades han sido la salvación para muchos productores durante la epidemia 2012-2013. Pues sus características de resistencia han permitido atravesar la epidemia sin problema. Estos materiales siguen teniendo un gran potencial, especialmente si se considera que es posible mejorar la calidad. Los Sarchimores (Villa Sarchí x Híbrido de Timor) muestran igual un comportamiento de resistencia a la roya anaranjada; entre ellos se encuentra la variedad Marsellesa, producida en Nicaragua. Dos de los tres materiales híbridos F1 desarrollados por PROMECAFE y sus socios, Centroamericano y Milenio, son productos de un cruzamiento de un

Sarchimor con el Rume Sudán, un material semi-silvestre, de resistencia a la enfermedad (AVELINO, 2013).

2.2.8.3. Control químico de la roya del café

Los métodos de control de la roya más utilizados son el químico, con la aplicación de productos a base de cobre; en Honduras, encontraron que con tres - cuatro aspersiones (uno - dos meses entre cada aplicación), iniciando las lluvias con dosis de 2 kg/ha de hidróxido de cobre, era suficiente para controlar la roya. Hay también productos sistémicos, entre ellos los triazoles (triadimefon, hexaconazol, ciproconazol) (CREMLYN, 1992). Las aspersiones de los productos cúpricos pueden realizarse en base a resultados de muestreos (mensuales) o calendarios de aspersiones. La incidencia crítica propuesta para realizar aspersiones cúpricas es generalmente del 5 % (SANTACREO *et al.*, 2010).

La base racional para el manejo químico de la roya del café involucra a 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 (RED ESPAÑOLA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, 2011). 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. 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, el

momento oportuno para empezar con la aplicación de fungicidas debe realizarse, previo al inicio de la estación de lluvias CALDERÓN y OROZCO (2011), citado por (SCOPE, 2013).

2.2.9. Fundamentos tecnológicos en el uso de fungicidas para el control de la roya

2.2.9.1. Fungicidas de contacto

Los fungicidas de contacto luego de aplicados a la planta quedan por fuera de ésta formando una película (una fina capa) protectora. No penetran al tejido vegetal. En caso de que lo hagan por

haber sido aplicados a dosis muy altas, o tener heridas la planta, etc. quemarán la planta. Normalmente son productos tóxicos para las plantas aunque no la queman porque no la penetran. Cuando alguna espora de un hongo llega a la superficie de la planta se encuentra con esa película que le impide germinar y penetrar. Ejemplos de estos fungicidas son los cúpricos, azufrados, ditiocarbamatos, captan, etc. (GEPP y MONDINO, 2011).

2.2.9.2. Fungicidas sistémicos

Los fungicidas sistémicos además de penetrar a la planta, entran a la corriente de los vasos y circulan por ella. Estos también tienen la capacidad de matar al hongo dentro de la planta y también deben no ser fitotóxicos. Ejemplos: Metalaxil (Ridomil), Fosetil Al (Aliette). Los fungicidas sistémicos se pueden mover en dos sentidos: en forma

acrópeta: hacia arriba por los vasos del xilema o, en forma basípeta: hacia abajo por el floema (GEPP y MONDINO, 2011).

2.3. Generalidades de los fungicidas en estudio

2.3.1. Azoxystrobin

El azoxystrobin se comenzó a vender por primera vez en 1998, y es un fungicida sistémico de contacto, de amplio espectro, cuya actividad está dirigida contra los cuatro principales grupos de hongos patógenos: Ascomycetes (por ejemplo, el polvillo de moho), Basidiomycetes (ej., tizón), Deutoromycetes (ej., necrosis del arroz) y Oomycetes (ej., mildiú de la vid o polvo de azúcar). Inhibe la germinación de las esporas y el crecimiento micelial. En todo el mundo se usa en cereales, viñas, arroz, cítricos, papas y tomates. Según la agroquímica Zeneca Agro (de Syngenta), este fungicida pertenece a la nueva familia química de las estrobilurinas, compuestos naturales producidos por los hongos *Oudemansiella mucida* y *Strobilurus tenace-llus*, que crecen en la madera en descomposición (RAP- AL, 2014); las características del producto son las siguientes (SYNGENTA, 2011):

- Fungicida de amplio espectro de acción, con elevado poder preventivo y efecto antiesporulante, indicado para el control de varias enfermedades de la vid (Mildiu, Oidio, y Black-Rot).
- Formulación: Suspensión concentrada (SC)
- Ingrediente activo: Azoxystrobin.
- Grupo químico: Azoxystrobin: Quadris.
- Categoría Toxicológica: II - Moderadamente Peligroso.

- Modo de acción: Inhibe la producción y germinación de las esporas y el crecimiento del micelio del hongo.
- Riesgo de resistencia: Esta materia activa reduce el riesgo de resistencia por actuar en diferentes puntos metabólicos del hongo. Se recomienda rotar con otros fungicidas de diferente grupo y mecanismo de acción.
- Recomendaciones de uso: Utilizar a una dosis de 1.0 L/ha y a un volumen de agua entre 400 a 600 L/ha.

2.3.2. Tebuconazole

Tebuconazole (grupo químico: Triazol) es un fungicida sistémico que inhibe la biosíntesis de ergosterol en los hongos, se absorbe foliarmente y es translocado por el xilema acropétalmente. Ejerce una excelente eficacia contra diferentes enfermedades importantes producidas por hongos imperfectos, ascomicetes y ficomicetes (REGISTRO NACIONAL ICA, 2013).

- Descripción general del ingrediente activo del fungicida sistémico: tebuconazole
- Nombre químico: α -2-(4-clorofenil etil) - α - (1,1 - dimetil) - 1H - 1, 2,4 - Triazol - 1 - etanol.
- Nombre común: Tebuconazole (EPA, ISO).
- Formulación: Emulsión aceite agua – EW.
- Categoría toxicológica: Verde – Precaución.
- Modo de acción: Influye sobre el proceso de biosíntesis del ergosterol en los hongos patógenos impidiendo la formación de las paredes celulares; como los azoles, impide la desmetilación del C14 del lanosterol que da

lugar a la acumulación de trimetilesteroles, pero tebuconazol, es un paso posterior, impide la deshidrogenación, también se produce una acumulación de otros esteroides.

- Recomendaciones de uso: Utilizar a la dosis de 200 a 250 ml/cilindro de agua.

2.3.3. *Trichoderma harzianum*

2.3.3.1. Morfología y taxonomía

El hongo *Trichoderma* es anamorfo que es perteneciente al orden Hyphomycetes, cuyo estado sexual o telomorfo correspondería a un hongo Ascomycotina productor de peritecios (ALEXOPOULOS, 1996). Llega poseer conidiophoros erectos o arrastrados, altamente ramificados, más o menos cónicos. Al final del conidiophoro se agrupan en forma de pelota las conidias. Posee conidias suaves, verdes, subglobosas a cortas ovoides, 2.4 a 3.2 por 2.2 a 2.8 μm ; sus colonias son de rápido crecimiento, con micelio compacto y coloración de blanco a verde; comúnmente forma clamidosporas intercaladas, raramente terminales. Son globosas a elipsoidales, hialinas y de pared suave (COOK y BAKER, 1989).

Trichoderma spp., pertenece al orden hyphales (Moniliales) y se caracteriza por presentar conidióforos hialinos, muchas veces blanquecinos, no verticilados, phialides simples o en grupos, conidias (Phialosporas) hialinas, unicelulares ovoide que yace en pequeños racimos terminales; se les reconoce fácilmente por su fácil crecimiento y por el color verde de las conidias, son saprofitos muy comunes sobre el suelo o la madera (DIKINSON, 1987). Este género es un habitante común del suelo, cosmopolita, y ha sido reportado

como un eficiente mycoparásito de *Armillaria mellea*, *Pythium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Chondrostereum purpureum*, *Sclerotium rolfsii*, y *Heterobasidiom annosum* (COOK, 1989). HOWELL (2003), indica que existen varias especies de *Trichoderma* involucradas en el control biológico, *T. viride*, *T. harzianum*, *T. atroviride*, *T. koningii*, *T. lignorum* y *T. longibrachiatum*,

Hongo : Superior.
Subdivisión : Deuteromycotina.
Clase : Hyphomycetes.
Orden : Hyphales (Moniliales).
Género : *T. harzianum* (AGRIOS, 2008).

PUEYO *et al.* (1998) indican que, además de controlar eficazmente a patógenos como *R. solani* en el puerro (*Allium puerro* L.), *T. harzianum* tiene un efecto estimulante aumentando el rendimiento del cultivo del puerro, bajo estas condiciones. La tasa de sobrevivencia alcanzó entre un 89 y 93,7 %, presentando los mejores resultados en tratamientos líquidos a una dosis de 40 L/ha.

2.3.3.2. Formas de acción del *Trichoderma*

EC – ORGANICS (2008), manifiestan que parte de su facilidad para colonizar las raíces de las plantas, *T. harzianum* ha desarrollado mecanismos para atacar y parasitar a otros hongos y así aprovechar una fuente nutricional adicional; las formas de acción como *Trichoderma* actúa son:

- Micoparasitismo: el desarrollo de las hifas de *Trichoderma spp.*, es directo hacia las hifas patógenas, mismas que sujeta, penetra y extrae los nutrimentos provocando daños parciales en las zonas que permanecieron en contacto con el antagonista.
- Antibiosis: libera compuestos antibióticos y compuestos enzimáticos extracelulares que inhiben el desarrollo de hongos fitopatógenos.
- Competencia: por espacio y durante su establecimiento aprovecha todos los nutrientes disponibles.

2.3.3.3. Control de *Trichoderma harzianum*

OBREGÓN (2008), manifiesta que *Trichoderma* es el enemigo natural de muchas enfermedades entre ellas, las que pertenecen a los géneros *Rhizoctonia*, *Mucor*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Botrytis*, *Colletotrichum* y muchos géneros más, además ayuda a reducir la incidencia de nematodos, controlando pudriciones de raíz, marchitamiento ahogamiento etc.

El *T. harzianum* compete por el espacio en la rizósfera de la planta y por los recursos nutritivos, propiedad que le proporciona la habilidad de desplazar al patógeno, suprimiendo no expresándose la enfermedad; todos los mecanismos de acción de *T. harzianum* se basan en el principal papel como promotor de crecimiento vegetal que tiene, el cual se manifiesta desde las primeras fases de la plántula, y que le confiere mayores ventajas a la hora del trasplante; *Trichoderma harzianum* se

asocia a las raíces de la planta proporcionándole un mayor vigor y crecimiento (CHANG *et al.*, 1986).

2.3.3.4. Características del Foliguard

Es un fungicida biológico para el control de enfermedades desde la siembra hasta la poscosecha. Actúa por competencia y antagonismo sobre *oídium*, *Botrytis*, *Stemphyllium*. Su mayor eficacia se observa cuando se aplica en forma preventiva. Se recomienda principalmente en los cultivos de pimientos, alcachofa, esparrago, vid y cebollas. EMPRESAGRO (2013), reporta las siguientes características para el Foliguard:

- Ingrediente activo: *Trichoderma harzianum* (Cepa DSM 14944).
- Concentración: cada mililitro contiene 5×10^8 (500 millones) de conidiosporas viables.
- Formulación: suspensión concentrada en aceite emulsionable en agua.

La cepa de *Trichoderma harzianum* DSM 14944, ingrediente activo del producto Foliguard, es una cepa mejorada, estable en su actividad biológica y debidamente formulada como suspensión concentrada para garantizar su alto desempeño. En cuanto a su modo de acción: Actúa por competencia y antagonismo los cuales inhiben la germinación de las esporas y el crecimiento de los microorganismos fitopatógenos. La disminución en la incidencia y la severidad de la enfermedad, son el resultado de la acción de este producto, debido a que ejerce una protección prolongada desde campo hasta post cosecha. El Foliguard está

indicado para control de *Botrytis cinerea*, *Alternaria* sp, *Cladosporium* sp. (EMPRESAGRO, 2013).

2.3.3.5. Caldo bordelés

El caldo bordelés fue recomendado por primera vez en 1895, después de haber comparado su efecto “deletéreo” sobre uredosporas de *H. vastatrix* bajo condiciones de laboratorio. El caldo bordelés es una mezcla que contenía 15% de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y 8% de cal (CaO). La fórmula 1-1-100 se refería a un kilogramo de sulfato de cobre, un kilogramo de cal viva y 100 litros de agua. El caldo bordelés ligeramente alcalino tiene efectos más efectivos en el control de la enfermedad. El oxiclورو de cobre es el grupo de fungicidas más utilizado para el control de la roya del cafeto, en el mundo. Su formulación puede ser: concentrado, emulsionable, o polvo mojable. Algunos productos comerciales con oxiclورو de cobre como ingrediente activo son: Cobox, Ceprosan 311, Súper D, Zimiltoforte.

El oxiclورو de cobre es compatible con la mayoría de los insecticidas, fungicidas y fertilizantes foliares de uso frecuente en el cultivo del cafeto (SEMAGRO, 2012). Oxido cuproso, como fungicida ha tenido menor utilización que otros productos cúpricos ya que se deben tomar algunas precauciones en su almacenamiento, porque el cobre se puede oxidar y perder su acción fungicida. El hidróxido de cobre viene formulado en polvo mojable o en suspensiones oleosas, como por ejemplo: el Kocide 110 (SUBERO, 2011).

Cuadro 1. Recomendaciones de uso del caldo bordelés.

Enfermedad	Dosis	Observaciones
Ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i>)	2 - 4 kg/ha	Realice tres aplicaciones, la primera antes de las lluvias y las siguientes a intervalos de 30 días de acuerdo a la incidencia.
Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>)	2 kg/ha	No aplicar en almácigos.
Mal rosada (<i>Corticium salmonicolor</i>)		

Fuente: Elaboración propia (2014).

2.4. Método de muestreo de la roya del café

Según CENICAFE (2009), muestran que el control de la roya del cafeto debe enfocarse dentro de un marco de manejo integrado, siendo el muestreo uno de sus componentes importantes. Dicho componente aplicado en forma oportuna permite conocer los índices de infección y distribución espacial de la enfermedad, y las épocas oportunas de control. Dentro de los usos del muestreo puede indicarse el monitoreo de la calidad de las aspersiones y el desempeño de los fungicidas utilizados para el control de la enfermedad. En el presente artículo se dará énfasis a la explicación de la metodología de muestreo de la roya, basada en una investigación que permitió desarrollar un método de muestreo comercial para monitorear el comportamiento de la roya y hacer más eficientes los programas de control.

2.5. Efecto del manejo de sombra y el ambiente sobre la dinámica de la roya

AVELINO (2013), reporta que el ciclo de vida de la roya se basa en: esporas diseminadas, esporas depositadas, esporas germinadas (con formación de apresorios que facilitan la penetración en el tejido), colonias establecidas las cuales invaden los tejidos hasta formar lesiones que esporulan, y posteriormente vuelven a formar esporas que son nuevamente diseminadas. El desarrollo de la enfermedad varía a escala de planta y a escala de parcela. A nivel de planta la roya se desarrolla desde abajo hacia arriba y desde adentro hacia afuera, manteniéndose en las hojas viejas durante la época seca, y transmitiéndose a las hojas jóvenes al inicio de la época de lluvias. Las altas densidades de siembra y la sombra modifican el área foliar, la temperatura y la radiación, lo que crea un efecto favorable sobre el desarrollo de la roya; por otro lado, la sombra también puede afectar la distribución de la lluvia, humedad del suelo y la carga fructífera, con lo que se tienen efectos varios sobre el desarrollo de la enfermedad.

Lo anterior demuestra que el manejo de la sombra es importante para controlar el desarrollo de la enfermedad; en un estudio realizado por el autor en el 2004 en Honduras, se determinó que bajo un sistema de manejo intensivo con poca sombra (menor al 50 %) el número de nudos fructíferos/planta fue cercano a 800 con una incidencia máxima de roya cercana al 60 % (esto siguiendo un comportamiento de bianualidad); mientras que con un sistema de manejo bajo mucha sombra (mayor al 50 %), la cantidad de nudos fructíferos/planta fue cercana a 200 con una incidencia máxima de roya de entre 10 y 20

%. Sin embargo, en otros estudios se determinó que bajo condiciones de carga fructífera estandarizada, la sombra aumentó la incidencia de roya probablemente debido al desarrollo de temperaturas más favorables para la enfermedad, mayor frecuencia de mojadura foliar, mayor humedad relativa y menor rocío.

Se cree que la presencia de menos lluvias durante el 2012 es una de las causas de la epidemia actual de la roya, debido a que conllevó al incremento de temperaturas con la disminución del periodo de latencia y adelantamiento de la epidemia, y a que fincas de mayor altitud se comportaran como fincas de baja altitud; adicionalmente hubo poco control preventivo y el control curativo se desarrolló de manera tardía cuando las incidencias eran muy altas debido también a los baja de los precios del café. Sin embargo, se cree que la sombra puede ser parte de la solución de la epidemia, ya que los impactos de la enfermedad fueron menos intensos bajo este sistema de manejo, que además reduce la carga fructífera, regula la temperatura, intercepta el rocío, retiene la humedad del suelo y reduce el estrés de los cafetos.

2.6. Investigaciones realizadas en el control de la roya del cafeto

COCHACHI (1993), experimentó en un cafetal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva con el propósito de estudiar el efecto del fungicida sistémico Diniconazole (S- 3308L) en el control de la roya del café a dosis de 3.2, 1.6 y 0.8 kg/ha con dos y tres aplicaciones cada una. Se utilizó como producto de comparación el Bayleton a dosis de 1.5 kg/ha a tres aplicaciones. El estudio se realizó cuando la enfermedad ya se encontraba avanzada en el cultivo al final de la

floración en época de precipitación pluvial. Los resultados demuestran que el mejor control se logró con 1.6 y 3.2 kg/ha con tres aplicaciones del Diniconazole.

BARQUERO (2013), refiere en cuanto a control químico y manejo integrado de la roya a partir de estudios y experiencias para controlar, eliminar e inhibir el crecimiento del patógeno, con lo que se detiene su desarrollo. Algunos factores que influyen en la calidad del control químico son: curva de progreso, incidencia y severidad de la enfermedad; calidad de la cobertura, dosis, eficacia, modo de acción, tenacidad y efecto residual del fungicida; ciclo de vida del patógeno y variabilidad climática. Además recomendó 16 productos químicos en estudio o incidencia del café. Los mejores productos químicos fueron: Atemi (0.4 L/ha), Caporal (0.7 L/ha), Silvacur (0.7 L/ha), Tilt (0.7L/ha), Esfera (0.6 L/ha), Opera (1 L/ha), Cyprosol (0.4 L/ha), Tebutriazell (0.7 L/ha), Duett (0.5 L/ha), Propicon (0.7 L/ha), Amistar Xtra (0.6 L/ha).

VALENCIA y VILLALBA (2001), en análisis de compatibilidad de insecticidas y fungicidas para el control de la broca y de la roya del cafeto, y mediante la prueba de eficacia biológica de cuatro fungicidas y cuatro insecticidas, los cuales realizó una prueba de compatibilidad física y con las mezclas que mostraron una proporción de volumen precipitado igual a cero. Determinando acción curativa y protectora en el control de la roya. Los tratamientos que mostraron mejor comportamiento, para el control de la roya fueron con los fungicidas: Alto 100 SL, Bayleton 25 SC, Anvil 5 CE y donde se obtuvieron la mejor estabilidad física (no mostraron precipitación) y presentaron pH entre el 6,0 y 7,2. Los insecticidas no inhiben la acción protectora y curativa de los fungicidas para el control de la roya, deteniendo el desarrollo de lesiones

y su esporulación, ni éstos inhiben su acción insecticida contra la broca, mostrando una eficacia entre el 80 y el 100 %.

OIRSA (2010), manifiesta que en Colombia para lograr éxitos en el control de la roya del cafeto sugieren tomar en cuenta las siguientes actividades y sus respectivas proporciones:

- Manejo agronómico del cultivo (80 %), conocimiento de la fisiología de la planta (10 %).
- Uso eficiente de fungidas (10 %).
- 60 - 90 días después de la floración principal se deben iniciar las aplicaciones contra la roya del cafeto.
- Las aplicaciones de triazoles en fases avanzadas del proceso infectivo (Colonización y reproducción) son inefectivas en el control de la enfermedad.
- Uso de calendarios de manejo del cultivo.
- Uso de materiales resistentes (variedad castillo).

SILVA (2003), en trabajo de Investigación, "Estrategias e control de da roya del cafeto con la aplicación de fungicida protector y sistémico En Patrocinio, Minas Gerais, Brasil y con el objetivo de determinar las estrategias alternativas para el uso de oxiclورو de cobre 50 %, así como también evaluar dosis de thadimenol 6 GR y triadimenol + disulfoton (1.5 + 7.5) GR para el control de la roya del cafeto, *Hemileia vastatrix*. Los resultados confirmaron que en el primer ciclo de aplicación el oxiclورو no fue eficiente más que los sistémicos aunque lo superaron en rendimiento. Para el segundo ciclo, las

estrategias de uso del cúprico resultaron superiores a los sistémicos, particularmente en las subparcelas con cuatro aplicaciones donde se observaron rendimientos superiores, aun cuando persistieron mayores porcentajes de enfermedad. Comportamiento similar se apreció el tercer ciclo, constatándose efectividad de control de la enfermedad con la dosis de 0.72 kg/ha de triadimenol en el primer ciclo. Para los tres ciclos estudiados, los tratamientos con la aplicación de triadimenol + disulfoton resultaron con los menores niveles de enfermedad y altos rendimientos. No hubo pérdida de eficiencia en el control de la enfermedad, ni efectos perjudiciales de las dosis evaluadas sobre los rendimientos.

CAMPOS ALMENGOR (2013), en estudios realizados sobre análisis de eficiencia de fungicidas contra la roya de café en Guatemala Centroamérica en la finca "San Jerónimo Miramar", Patulul, Suchitepéquez, lote "Santa Anita 90", plantación de la variedad "Pache" de 22 años, 4,000 pies de altitud, demostraron que además del control químico es vital la integración de otras prácticas como nutrición manejo y renovación de cafetales y a mediano plazo el uso de variedades resistentes. Durante el período de marzo a octubre de 2012 se evaluaron 7 fungicidas (Sulfato de Cobre (SC)+ Hidróxido de Calcio (HC), Cobre 50% Cobre Metálico, Tebuconazole, Cyproconazole, Triadimenol, Epoxiconazole y Tebuconazole Triadimenol a dosis de 13.2 libras SC o 17.6 libras HC, 5.5 lb/Mz, 200 g, 280 cc, 500 cc, 350 cc y 500 cc respectivamente por manzana), aplicaciones repetidas de cada uno de ellos. Si bien se recomienda la alternancia, en este experimento fueron repetidas a propósito las aplicaciones del mismo fungicida con el objetivo de evaluar su eficacia

individual de control. Nuevos fungicidas serán evaluados bajo este esquema, y los más efectivos serán recomendados para programas de control alternando su aplicación por ingrediente activo.

Los índices promedio de infección inicial indican que la enfermedad se encontraba bien distribuida en el área de estudio, condición necesaria para una evaluación objetiva. Bajo las condiciones del experimento, el mejor control de la Roya lo ejercieron los fungicidas sistémicos Alto 100 y Duett, seguidos de Caporal y Silvacur (tebuconazole). El fungicida sistémico Nativo no mostró un control eficiente. Los fungicidas de protección o preventivos oxiclóruo de cobre y caldo bordelés no controlaron la roya, presentando un comportamiento similar al testigo sin aplicación. Esto puede explicarse por el elevado porcentaje de infección inicial de Roya al inicio del experimento (abril), en tal sentido los fungicidas preventivos no deben aplicarse en estas circunstancias. Con estos resultados se confirma que las aplicaciones contra la roya deben iniciarse en el período abril-mayo. Con base a la observación de la caída natural de la curva de infección de la enfermedad, no se recomiendan aplicaciones muy tempranas (enero-abril). Realizar aspersiones alternando los fungicidas sistémicos más eficientes, tomando en cuenta su eficiencia y costo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La investigación se realizó en un predio cafetalero del distrito de Hermilio Valdizán en la región Huánuco con las coordenadas geográficas (UTM)

Coordenada este	:	385288.86 m E
Coordenada norte	:	8990659.05 m N
Altitud	:	1250 msnm U

Este distrito presenta un clima de bosque húmedo subtropical según la clasificación de HOLDRIDGE (1987), la precipitación anual promedio es de 2500 mm y la humedad relativa promedio anual del 82.75 %.

3.2. Parámetros meteorológicos

Los datos de temperatura, humedad relativa y precipitación fueron tomados de la Estación Experimental José Abelardo Quiñones durante los meses de diciembre del 2013 a mayo del 2014, lo que a continuación se detalla.

Cuadro 2. Promedio de temperatura, humedad relativa y precipitación de los meses en que se realizó el estudio.

Meses/ parámetros	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
Dic-13	24.25	83.1	370.2
Ene-14	24.80	83.0	372.3
Feb-14	25.30	83.2	390.2
Mar-14	25.45	82.8	397.2
Abr-14	24.35	82.2	338.4
May-14	25.25	82.4	304.3
Prom.	24.75	82.75	373.7

Fuente: Estación Experimental José Abelardo Quiñones (2014).

3.3. Población y muestra

La población de plantas de café estuvo constituida por 164 plantas (06 plantas por parcela) y la muestra estuvo constituida, por 144 plantas (6 plantas por tratamiento y 20 plantas de borde)).

3.4. Tratamientos en estudio

En el Cuadro 3 se presentan los tratamientos empleados en el presente ensayo.

Cuadro 3. Tratamientos empleados para el control de la roya amarilla en una plantación comercial de café ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

Tratamientos		Dosis (%)	N° de aplicaciones
Clave	Ingrediente activo		
T ₁	Tebuconazole (Tebuzole®)	0.05	6
T ₂	Azoxistrobin (Quadris®)	0.02	6
T ₃	Tebuconazole + Azoxistrobin	0.05 + 0.02	6
T ₄	<i>Trichoderma harzianum</i> (Foliguar®)	0.25	6
T ₅	Caldo bordelés (casero)	9.09	6
T ₆	Testigo	-	-

3.5. Diseño experimental utilizado

El diseño empleado fue el Diseño Bloques Completo al Azar (DBCA), con cuatro bloques y seis tratamientos. En cada tratamiento se evaluó seis plantas marcadas. Los parámetros evaluados en cada uno de los tratamientos fueron

sometidos a un análisis de variancia y para la significación estadística se empleó la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

Cuadro 4. Esquema del análisis de variancia.

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques	3
Tratamientos	5
Error experimental	15
Total	23

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor observado en la unidad experimenta del j - ésimo bloque a la cual se lo aplicó el i - enésimo fungicida.

U = Es el efecto de la media general.

T_i = Es el efecto de la i - ésimo fungicida.

B = Es el efecto de la j- ésimo bloque.

ϵ_{ij} = Es el efecto aleatorio del error experimental de la unidad experimental del j - ésimo bloque a la cual se le aplico el i - ésimo fungicida.

Para:

I = 1, 2, 3,...,6 Tratamientos.

J = 1, 2, 3...,4 Repeticiones.

3.6. Características del campo experimental

La parcela tuvo como área neta 2808 m² donde se eligieron plantas con características semejantes, se seleccionaron e identificarán 144 plantas para los tratamientos, de los cuales seis plantas fueron por parcela y seis plantas centrales para evaluar; se dejaron una línea de plantas como borde de parcelas. En el anexo 1 se muestra el croquis del campo experimental.

3.7. Parámetros a evaluar

3.7.1. Evaluación inicial de la intensidad del daño

Marcada las plantas se realizó una evaluación inicial un día antes de la primera aplicación de los fungicidas, a fin de determinar el porcentaje inicial de la incidencia y el grado de severidad de la roya en el café.

3.7.2. Evaluaciones de incidencia y severidad

Las evaluaciones se realizaron cada 20 días después de cada aplicación de los fungicidas

Para determinar la incidencia, se contó en cada rama marcada el número total de hojas (sanas + enfermas), el número de hojas con roya, el número de hojas totales y el número de hojas caídas enfermas entre una y otra evaluación.

La severidad, se determinó el número de manchas esporuladas (pústulas) por hoja enferma con roya, se consideró como pústulas a un conjunto de uredosporas visibles de color anaranjado, presente en el envés de la hoja.

Cuadro 5. Escala de severidad para la roya. (*Hemileia vastratix*).

Grado o calificación	Descripción
0	Sano o sin síntomas visibles
1	Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana
2	Las manchas empiezan a unirse, llegando a ocupar del 6 al 20% del área sana
3	Las hojas comienzan a necrosarse de manera muy notoria, afectando del 21 al 50% del área sana
4	Mayor al 50 del área foliar se encuentra afectada

Fuente: SENASA (2012).

3.8. Ejecución del experimento

3.8.1. Demarcación del campo experimental

Una vez ubicado el cafetal, se distribuyó en cuatro bloques, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La demarcación de las parcelas experimentales fue de la siguiente manera:

Del centro de la parcela de cada tratamiento en estudio se tomaron seis plantas los que se distinguieron mediante el marcado con cinta plástica de color diferente para cada tratamiento.

3.8.2. Aplicación de los tratamientos

Antes de la aplicación de los tratamientos (*Trichoderma*, Tebuconazol, Azoxystrobin, Tebuconazol + Azoxystrobin y Caldo bordelés), se procedió a determinar el gasto de agua por cada parcela; determinándose que el gasto promedio fue de cinco litros por cada parcela experimental.

La aplicación de los productos se orientó hacia las hojas de abajo hacia arriba y a favor de la corriente de aire. Se empleó la indumentaria mínima de protección personal para la aplicación. Entre parcela y parcela se colocó una banda plástica con la finalidad de minimizar el efecto de arrastre de los productos aplicados entre las parcelas experimentales.

La primera aplicación se realizó un día después de la evaluación y las cinco aplicaciones restantes cada veinte días.

3.8.3. Labores culturales

Se realizaron tres deshierbos: el primero 15 días antes de iniciar la aplicación de fungicidas y el segundo y tercero cada tres meses después, respectivamente.

3.8.4. Cuantificación de la enfermedad

Los datos obtenidos en campo, fueron procesados para determinar los parámetros siguientes:

3.8.4.1. Proporción de la enfermedad

Para calcular este parámetro se procedió a acumular los datos evaluados, como: hojas totales, hojas enfermas, hojas caídas totales y hojas caídas enfermas/para finalmente obtener la proporción de enfermedad acumulada, dividiendo el número de hojas enfermas acumuladas en cada fecha de evaluación entre la sumatoria de las hojas totales que se alcance hasta la última evaluación.

3.8.4.2. Determinación de modelos matemáticos

Los datos de los parámetros evaluados fueron sometidos a diferentes modelos matemáticos para explicar mejor la curva de progreso de la enfermedad en estudio.

Se cuantificó la proporción de enfermedad (Y) en las diferentes evaluaciones, expresándola en forma acumulativa contra el tiempo a fin de diseñar una curva de progreso de la enfermedad. Los modelos matemáticos que se probaron y sus ecuaciones de transformación respectiva fueron:

$$\text{Logit } y = LN (y) / (1 - y)$$

$$\text{Monit } y = LN (1) / 1 - y$$

$$\text{Gompit } y = - LN (- LN (Y))$$

Área debajo de la curva de progreso de la enfermedad

Además de la tasa de infección, se determinó, para cada parámetro el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ACPE), con el fin de observar y discutir mejor el efecto de los tratamientos en el comportamiento de la enfermedad, para lo cual se usó la ecuación, propuesta por SHANER Y FINNEY.

$$ADCPE = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i + 1 + y_1}{2} \right) (x_{i+1} - x_i)$$

Donde:

Y_i = Proporción de enfermedad en la i ésima observación.

X_i = Tiempo en i ésima observación.

N = Número total de observaciones.

IV. RESULTADOS

4.1. Incidencia de la roya amarilla

Del análisis de varianza de los cinco productos empleados para el control de la roya amarilla en una plantación comercial de café de la variedad “caturra rojo” ubicado en un sector del distrito de Hermilio Valdizan; se determinó que no existen diferencias significativas para el efecto de bloques en todas las frecuencias de evaluación; sin embargo, para los tratamientos existen diferencias significativas recién a partir de los 20 días después de la segunda aplicación (Cuadro 21 Anexo).

En el Cuadro 7, se muestra el análisis de la comparación de las medias en la prueba de Duncan correspondiente al porcentaje de incidencia de la roya amarilla cada 20 días después de la aplicación en cada frecuencia.

4.2. Epidemiología comparativa : proporción de la enfermedad

De los tres modelos matemáticos: Gompertz, Monomolecular y Logístico probados, para expresar la evolución de esta enfermedad se seleccionó el modelo Monomolecular por presentar el mejor R^2 (Cuadro 13 anexo).

El Cuadro 8 y la Figura 1 muestran la proporción acumulada de la incidencia de la roya durante 140 días de evaluación, tiempo en el que se realizaron seis aplicaciones.

El análisis de varianza realizado para las tasas de infección (Cuadro 22 anexo) y análisis de varianza para las áreas debajo de la curva de

progreso de la enfermedad (Cuadro 23 anexo), se determinó que no existen diferencias significativas para el efecto de bloques, mientras que si existe una alta significación estadística para los tratamientos.

En los Cuadros 6 y 9, se presenta la prueba de comparación de medias o significación Duncan ($\alpha = 0.05$) a las tasas promedios de la infección y área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de los tratamientos evidenciándose que los tratamiento con aplicación con *Trichoderma harzianum* (T₄), caldo bordelés (T₅) y testigo (T₆) alcanzaron las mayores valores, sin diferenciarse estadísticamente entre ellos.

Cuadro 6. Comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$) de la tasa de infección de la roya amarilla en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

Tratamientos		Tasa de la infección de la enfermedad	
Clave	Ingrediente activo	Promedio	Significancia
T ₆	Testigo	0.0028	a
T ₄	<i>Trichoderma harzianum</i>	0.0028	a
T ₅	Caldo bordelés	0.0027	a
T ₂	Azoxistrobin	0.0017	b
T ₁	Tebuconazole.	0.0015	b
T ₃	Tebuconazole + Azoxistrobin	0.0014	b

Tratamientos unidos por la misma letra no tiene significación



Cuadro 7. Comparación de medias (Duncan $\alpha = 0.05$) del porcentaje de incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) a los 20, 40, 60, 80, 100, 120 y 140 DDPA y a 20 DDFA de los tratamientos en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

20 DDPA			40 DD1°A 20 DD2°A			60 DD1°A 20 DD3°A			80 DD1°A 20 DD4°A			100 DD1°A 20 DD 5°A			120 DD1°A 20 DD 6°A			140 DD1°A 40 DD6°A		
Cl	%	Sig.	Cl	%	Sig.	Cl	%	Sig.	Cl	%	Sig.	Cl	%	Sig.	Cl	%	Sig.	Cl	%	Sig.
T ₄	47.4	a	T ₄	59	a	T ₄	47	a	T ₆	51	a	T ₆	54.7	a	T ₆	58	a	T ₆	59	a
T ₂	46.9	a	T ₆	57	ab	T ₆	42	a	T ₄	49.4	a	T ₄	51.8	a b	T ₄	55	a b	T ₄	59	a
T ₆	44.5	a	T ₅	50	abc	T ₅	40	a	T ₅	45.4	a	T ₅	45.3	b	T ₅	47	b	T ₅	49	a
T ₁	43.9	a	T ₂	44	bc	T ₂	27	b	T ₂	30.8	b	T ₂	26.4	c	T ₂	24	c	T ₁	27	b
T ₃	40.3	a	T ₁	39	c	T ₁	22	b	T ₁	22.3	b	T ₁	24.2	c	T ₁	23	c	T ₃	23	b
T ₅	32.6	a	T ₃	37	c	T ₃	20	b	T ₃	21.4	b	T ₃	21.1	c	T ₃	21	c	T ₂	22	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna, no existe significación estadística.

Leyenda:

DDPA : Días después de la primera aplicación

T₁ : Tebuconazole (Tebuzole®).

T₂ : Azoxistrobin.(Quadris®)

T₃ : Tebuconazole + Azoxistrobin. (Tebuzole + Quadris®)

DDFA : Días después de cada frecuencia de aplicación.

T₄ : *Trichoderma harzianum* (Foliguar®)

T₅ : Caldo bordelés (Preparado caseramente).

T₆ : Testigo.



Cuadro 8. Proporción acumulada de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix*), días después de las aplicaciones de los tratamientos en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

DDA	N°	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
0	1	0.0690	0.0756	0.0535	0.0942	0.0627	0.0846
20	2	0.1124	0.1251	0.0896	0.1592	0.1238	0.1426
40	3	0.1528	0.1733	0.1289	0.2316	0.1899	0.2156
60	4	0.1774	0.1999	0.1493	0.2839	0.2361	0.2649
80	5	0.2038	0.2342	0.1742	0.3369	0.2903	0.3217
100	6	0.2330	0.2637	0.1996	0.3895	0.3431	0.3779
120	7	0.2615	0.2916	0.2238	0.4414	0.3955	0.4310
140	8	0.2921	0.3170	0.2508	0.4896	0.4464	0.4779

Leyenda:

DDA: Días de aplicaciones.

N° : Número de aplicaciones.

T₁ : Tebuconazole.

T₂ : Azoxistrobin.

T₃ : Tebuconazole + Azoxistrobin.

T₄ : *Trichoderma harzianum*.

T₅ : Caldo bordelés.

T₆ : Testigo.

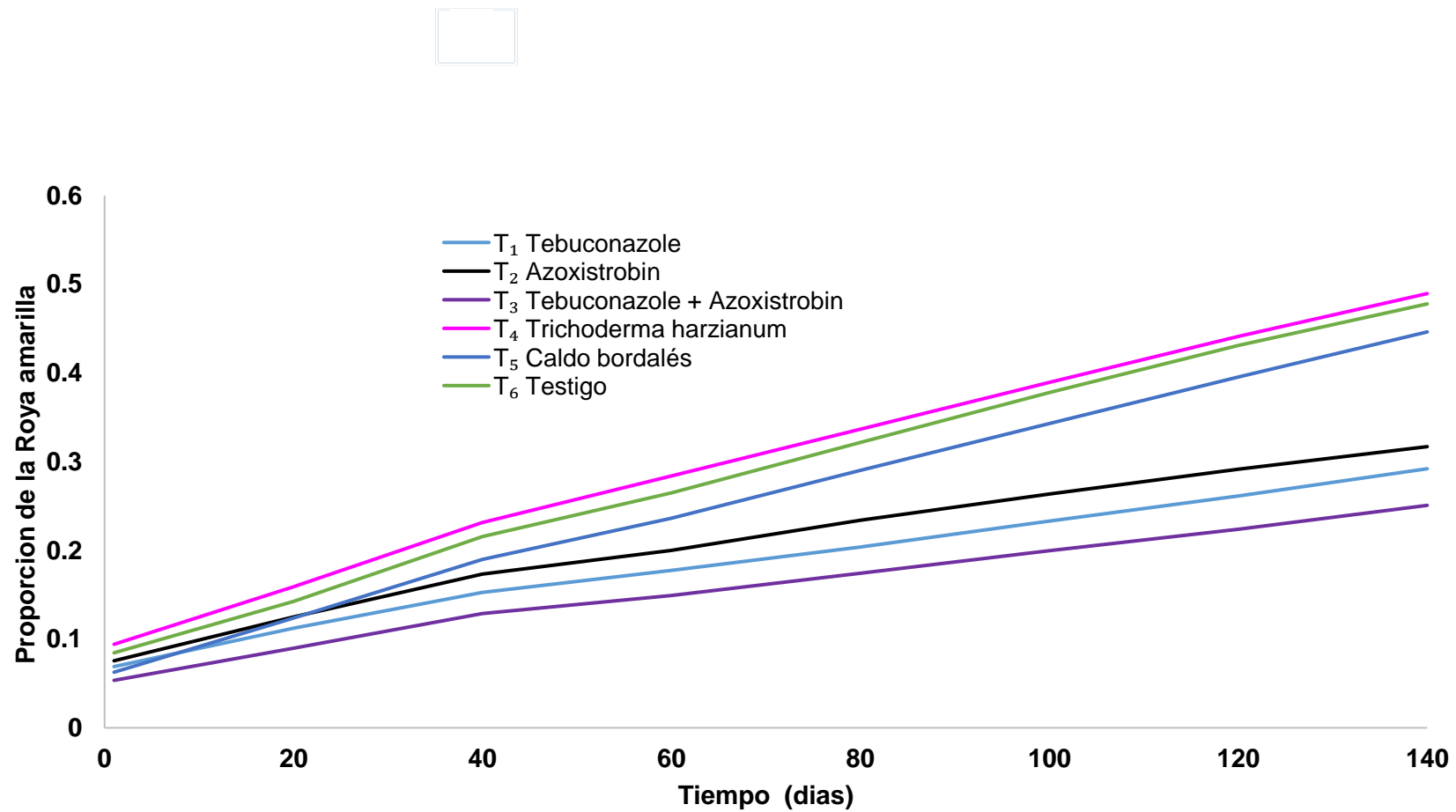


Figura 1. Curva de progreso de la roya del café (datos originales) días después de la aplicación de las seis frecuencias de aplicación de los tratamientos en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

Cuadro 9. Área debajo de la curva de progreso de la enfermedad (ADCPE) de la roya amarilla en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

Tratamientos		ADCPE(u)	Significancia	
Clave	Ingrediente activo			
T ₄	<i>Trichoderma harzianum</i>	42.80	a	
T ₆	Testigo	40.70	a	
T ₅	Caldo bordelés	36.67	a	b
T ₂	Azoxistrobin	29.68		b c
T ₁	Tebuconazole	26.43		c
T ₃	Tebuconazole + Azoxistrobin	22.35		c

Tratamientos unidos por la misma letra no tiene significación.

4.3. Análisis económico de los tratamientos

En el Cuadro 10, se indica en forma detallada los costos de los insumos y los costos de aplicación para cada tratamiento, asimismo los costos adicionales como son los costos de poda, deshierbo y cosecha para una en hectárea.

Se calculó del índice de rentabilidad (Beneficio/ Costo), a partir de los costos de producción y el ingreso bruto.



Cuadro 10. Análisis económico de los tratamientos aplicados en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

Clave	Insumos	Costo de aplicación	Costo adicional (S/.)		Costos de producción (S/.)	Rdto. (kg ha ⁻¹)	Ingreso Total (S/.)	Utilidad Neta (S/.)	Índice Rentabilidad. (B/C)
			Poda y deshierbo	Cosecha					
T ₁	120.00	300.00	800.00	560.00	1780.00	1400.00	8120.00	6340.00	3.56
T ₂	225.00	300.00	800.00	560.00	1885.00	1350.00	7830.00	5945.00	3.15
T ₃	330.00	300.00	800.00	560.00	1990.00	1450.00	8410.00	6420.00	3.23
T ₄	885.00	300.00	800.00	560.00	2545.00	1000.00	5800.00	3255.00	1.28
T ₅	111.00	300.00	800.00	560.00	1771.00	1250.00	7250.00	5479.00	3.09
T ₆	0.00	0.00	800.00	560.00	1360.00	950.00	5510.00	4150.00	3.05

T₁= Costo de aplicación de Tebuconazole = S/.175.00 / kg x 100 ml/ha x 6 aplicaciones = S/. 105.00 + 15.00 (adherente) = S/. 120.00.

T₂= Costo de aplicación del Azoxistrobin = S/.875.0/kg x 0.04 kg/ha-1 x 6 aplicaciones = S/.210.0 + 15.0 (adherente) = S/. 225.00.

T₃= Costo de aplicación del Tebuconazole + Azoxistrobin = S/. 105.00 + S/.210.0 + 15.00 (adherente) = S/. 330.00.

T₄= Costo de aplicación del *Trichoderma harzianum* = S/.290.0/kg x 0.5 kg/ha-1 x 6 aplicaciones = S/.870.0 + 15.0 (adherente) = S/. 885.00.

T₅= Costo de aplicación del Caldo bordelés = S/.16.0/kg x 1 kg/ha-1 x 6 aplicaciones = S/.96.0 + 15.0 (adherente) = S/. 111.00.

Costo de aplicación (mano de obra) = 2 jornales / aplicación / ha x 6 aplicaciones x S/. 25.00 / jornal = S/. 300.00.

Costo promedio de 1 kg de pergamino seco de cafe (Fuente Cooperativa Divisoria 2015) = S/. 5.80

V. DISCUSIÓN

5.1. Progreso de la enfermedad

A los 20 días de la primera aplicación (DD1°A) de los tratamientos; no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos; mientras que a partir de los 20 días después de la segunda aplicación (DD2°A) ó 40 días después de la primera aplicación se empieza a evidenciar diferencias significativas. El efecto de control de los tratamientos se cuantificó a los 40 días después de la sexta aplicación o 140 días después de la primera aplicación; resultando que la aplicación individual de Tebuconazole (T₁), aplicación individual de Azoxistrobin (T₂), y la aplicación en mezcla de Tebuconazole + Azoxistrobin (T₃) no difieren estadísticamente en el control de la roya amarilla; sin embargo, los tres en mención superan estadísticamente a aplicación de Caldo bordalés (T₅), *Trichoderma harzianum* (T₄) y al testigo (T₆), y sin que exista diferencia estadística entre ellos.

Las diferencias de incidencia de la roya del café debido al uso de fungicidas se observan a partir del día 40 de su aplicación; los tratamientos que redujeron los progresos de la enfermedad durante las evaluaciones fueron el Tebuconazole + Azoxistrobin (T₃), seguidos de los tratamientos Tebuconazole (T₁), Azoxistrobin, (T₂), probablemente la mayor eficiencia de las mezclas en el control de la enfermedad se debe a que el tebuconazole inhibe la síntesis del ergosterol y el Azoxistrobin inhibe la respiración mitocondrial funcionando como un fungicida multiciclo, de modo que hay una mayor eficiencia. Al respecto BAYER (2009), menciona que el Tebuconazole y Azoxistrobin son fungicidas sistémicos y sus

modos de acción es de inhibir la síntesis del ergosterol y la respiración mitocondrial respectivamente, ya que se relaciona a nuestro estudio de investigación.

CHIARAVALLE y AZNÁREZ (2010), realizaron experimentos de mezclas de Azoxystrobin + Tebuconazole a diferentes dosis para el control de la roya de la hoja del trigo *Puccinia triticina*, dando resultados satisfactorios, el cual corrobora al experimento realizado en esta tesis, pese a que estadísticamente no hay diferencias significativas en comparación con los mismos ingredientes activos individualmente.

Las precipitaciones elevadas de 350 a 500 mm, humedad relativa 81 a 84% y temperaturas de 25 a 28 °C, en los meses de diciembre 2013 a mayo del 2014, favorecieron el incremento la incidencia y severidad de la roya, coincidiendo esta opinión con RIVILLAS *et al.* (2011), quien menciona que la humedad y temperatura son factores importantes en la incidencia de la enfermedad, ya que las esporas germinan mejor a 22.0 °C, pero no ocurre germinación a 15.5 °C o menos ni a 28°C o más y generalmente una humedad alta está relacionada con un alto porcentaje de incidencia. Reportes de estudios similares de COCHACHI (1993); CAMPOS y ALMENGOR (2013), coincidieron con el presente trabajo de investigación, donde los fungicidas del grupo de triazoles tienen mayor efecto de control de la roya amarilla del cafeto.

5.2. Epidemiología comparativa

De los tres modelos matemáticos probados, el más adecuado es el modelo monomolecular para la proporción de la enfermedad.

5.2.1. Proporción de la enfermedad

El tratamiento con mayor proporción de la enfermedad fue el T₆ (testigo sin aplicación) debido a que no se aplicó ningún fungicida; mientras que las menores proporciones de la enfermedad fueron alcanzados por los tratamientos T₁ (Tebuconazole), T₂ (Azoxistrobin) y (Tebuconazole + Azoxistrobin) con valores de tasa de infección de 0.0014, 0.0015 y 0.0017 respectivamente, sin embargo hay la probabilidad de que la proporción inicial de la enfermedad haya afectado la evolución de curva de progreso de la enfermedad, debido a que cuando se encontró la plantación de café cada tratamiento tenía diferente inóculo inicial, tal como se observa en el Cuadro 9. Donde el T₃ tiene una incidencia de 0.0535, menor que T₁ y T₂ que tiene incidencias iniciales de 0.0690 y 0.0756 respectivamente, por lo que se cree que es otra de las razones por la que el tratamiento de mezcla fue mejor que los ingredientes activos aplicados individualmente. Estos resultados se le pueden atribuir a los factores primarios (modo de acción de los fungicidas, dosis y frecuencia de aplicación) y factores secundarios (lluvia, el inóculo residual del campo al principio de la estación lluviosa y el grado de densidad foliar del árbol); esta opinión se fundamenta con lo manifestado por la RED ESPAÑOLA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (2011), que indica que la base racional para el manejo químico de la roya del café involucra a 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.

Por otro lado se observa que la infección de la enfermedad a aumentado de manera proporcional y constante conforme pasa el tiempo, adaptándose al modelo Monomolecular en el progreso de la enfermedad, al respecto SHANER y FINNEY (1977), mencionan que en modelo monomolecular la velocidad de aumento de la enfermedad es proporcional al inóculo inicial y la tasa, ambos supuestos constantes. El área debajo de la curva de progresos de la enfermedad – ADCPE, nos indica que los tratamientos con menores valores en esta característica fueron los tratamientos T₃ (Tebuconazole + Azoxistrobin), T₁ (Tebuconazole) y T₂ (Azoxistrobin), con valores de 22.353, 26.430 y 29.680 respectivamente. Las diferencias encontradas en la eficiencia de los tratamientos estudiados, se atribuyen al modo de acción de los fungicidas estudiados, al ciclo de vida del patógeno y a las condiciones climáticas, opinión que concuerda con la emitida por BARQUERO (2013), quien menciona que la calidad del control químico, la curva de progreso, incidencia y severidad de la enfermedad; calidad de la cobertura, dosis, eficacia, modo de acción, tenacidad y efecto residual del fungicida; ciclo de vida del patógeno y variabilidad climática son factores que afectan la eficiencia del fungicida, Por lo que se cree que las dosis han jugado un papel importante en los resultados de los tratamientos especialmente en el tratamiento T₃ (Tebuconazole + Azoxistrobin), donde las concentración de fungicidas fue mayor.

5.3. Análisis económico de los tratamientos

La aplicación de Tebuconazole (Beneficio/costo)=S/.3.53), resulto más rentable que los demás tratamientos lo que significa que por cada sol invertido

le retornan S/.3.53 , seguido del Tebuconazole + Azoxistrobin (S/. 3.23) y el Azoxistrobin (S/.3.15) que tuvieron retornos intermedios, mientras que el *Trichoderma harzianum* tuvo una rentabilidad baja debido a que tuvo un alta tasa de infección y además el costo del insumo era elevado .Por otro lado el Caldo bordelés (S/.3.09) no tuvo un efecto significativo con respecto al testigo (S/.3.05) por lo que los índices de rentabilidad son parecidas.

En el análisis económico realizado claramente podemos identificar que los costos variables son los precios de los insumos por cada tratamiento, mientras que los costos de cosecha, mantenimiento y aplicación son constantes o fijos, lo que en la práctica no es cierto debido, ya si se produjere un aumento en la producción requerirá más mano de obra resultando un mayor costo de producción por lo que el análisis económico puede ser no consistente desde ese punto de vista, sin embargo lo que se ha tratado de mostrar es un análisis económico al variar los precios de los insumos y mantener constantes los demás factores, de esta manera los retornos encontrados son referenciales , al respecto PEREYRA (2010), da conocer que no solo los factores climáticos son responsables de la rentabilidad sino que depende de otros factores como el precio insumo , precio del producto y tecnología.

VI. CONCLUSIONES

1. La incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), durante 140 días después de la primera aplicación alcanzo porcentajes de 21 % hasta 59 %, por la aplicación de *T. harziamun* (Foliguar), Tebuconazole (Tebuconazol), Azoxistrobin (Quadris) y Caldo Bordelés en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizan entre Diciembre 2013 a Mayo 2014; en 6 aplicaciones con una frecuencia de 20 días.
2. Los tratamientos, testigo (T_6), *Trichoderma harzianum* (T_4) y Caldo bordalés (T_5) alcanzaron las mayores tasas de infección de 0.0028, 0.0028 y 0.0027 respectivamente, sin diferenciarse estadísticamente entre ellos.
3. Los tratamientos Tebuconazole + Azoxistrobin (T_3), Tebuconazole (T_1) y Azoxistrobin (T_2), alcanzaron las menores tasas de infección de 0.0014, 0.0015 y 0.0017 respectivamente, por lo que mostraron mejor control de la roya del cafeto.
4. La roya del cafeto por ser una enfermedad policíclica, manifiesta una tasa de infección lenta, según el progreso de inoculo inicial de los tratamientos.



VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar fungicidas cuyo ingrediente activo sea el Azoxistrobin y/o tebuconazole para el control de la roya amarilla en el cafeto para reducir las tasas de infección de la roya del cafeto.
2. Promover el manejo integrado de la roya del cafeto integrando a los fungicidas recomendados, fungicidas de contacto y prácticas culturales oportunas.
3. Realizar estudios de eficiencia de los fungicidas recomendados en diferentes altitudes o zonas cafetaleras de nuestra región para valoración de la producción del café en cuanto a sus fluctuaciones estacionales se sugiere evaluar el rendimiento que permita determinar costo beneficio del producto.

VIII. RESUMEN

La investigación “Efecto de control del *Trichoderma harzianum* y fungicidas en el control de *Hemileia vastatrix* Berk, en el distrito de Hermilio Valdizán – Huánuco” se realizó en un predio cafetalero del distrito de Hermilio Valdizán en la región Huánuco, con el objetivo de evaluar el efecto del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* y fungicidas en el control de la roya amarilla del cafeto causado por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. Los componentes en estudio fueron Tebuconazole (T₁), Azoxistrobin (T₂), Tebuconazole + Azoxistrobin (T₃), *Trichoderma harzianum* (T₄), Caldo bordelés (T₅), testigo (T₆). El estudio empleó el diseño bloques completamente al azar (DBCA) con 6 tratamientos y 4 repeticiones y para la comparación se utilizó la prueba de significación de Duncan al 0.05 % de confianza.

Se llegó a las siguientes conclusiones: i) La incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), durante los días de evaluación (a los 40, 60, 80, 100, 120 y 140 días), alcanzó porcentajes de 47.425% hasta 59%; mientras que en los tratamientos con testigo (T₆), *Trichoderma harzianum* (T₄), y Caldo bordelés (T₅) alcanzaron las mayores tasas de infección de 0.0028, 0.0028 y 0.0027 respectivamente, ii) sin diferenciarse estadísticamente entre ellos; los tratamientos Tebuconazole + Azoxistrobin (T₃), Tebuconazole (T₁), y Azoxistrobin (T₂) alcanzaron las menores tasas de infección de 0.0014, 0.0015 y 0.0017 respectivamente, iii) Por lo que mostraron mejor control de la roya del cafeto; y la roya del cafeto por ser una enfermedad policíclica, manifiesta una tasa de infección lenta, según el progreso de inóculo inicial de los tratamientos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G. N, 2005. Fitopatología. 2da Edición, Limusa. México. 819 p.
2. AGROBANCO ,2012.El cultivo de café Cultivo de café en el Perú. 1era Edición, Perú. Lima. 18 p.
3. ALEXOPOULOS, J., MIMS, W. y BLACKWELL, M. 1996. Introductory Mycology. Fourth edition. John Wiley and Sons, Inc. New York. 866 p
4. ANACAFE. 2003 La Roya del Café es una enfermedad temible pero puede controlarse. [En Línea]: Roya del café, (www.anacafe.org/glifos/index.php/recomendaciones/ControlRoya, documento, 15 de Junio de 2015).
5. APS, 2011. The American Psychopathological Society. Coffee rust (*Hemileia vastatrix*). [En Línea]: Roya amarilla del café, ([hwww.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3557](http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3557), documento, 25 de enero de 2013).
6. AVELINO, J. 2013. La roya anaranjada del cafeto. [En Línea]: Roya anaranjada del café (<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036>, documento, 20 de febrero de 2015).
7. BARQUERO, M. 2013. Recomendaciones para el combate de la Roya del Cafeto 3era ed.-San José, C.R.-ICAFE, 63 p.
8. BAYER. 2009. Diccionario de especialidades agroquímicas. 3era. Edición Lima, Perú. 280 p
9. CHANG, y. C., BAKER, R., KLEIFELD, O. y CHET, I. 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plastids*, 70: 145-148.

10. COOK, R. J. & BAKER, K. F. 1989: The nature practice of biological control of plant pathogens. APS Press, St. Paul. 539 p.
11. HOWELL, C. R. 2003. Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant diseases: The History and evolution of current concepts. Plant Dis: 87, 4-10.
12. CAMPOS, A. O. 2013. Programa Manejo Integrado de Plagas CEDICAFÉ-ANACAFÉ. [En Línea]: La roya en el café, ([www.cedicafe – anacafe.org](http://www.cedicafe-anacafe.org), documento, 25 de enero de 2015).
13. CARVALHO, C.R., FERNANDES, R.C., CARVALHO, G.M., BARRETO, R.W., Y EVANS, H.C., 2011. Cryptosexuality and the Genetic Diversity Paradox in Coffee Rust, *Hemileia vastatrix*. PLoS One. 6(11): 26387.
14. CASTILLO, A. H. 2013. La roya amarilla del cafeto. Revista VRAE PERU NET.
15. La roya amarilla del café en Perú, [En Línea]: (https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=627519070607631&id=257731840950029, documento, 25 de enero de 2015).
16. CASTILLO, P. G. 2013, La roya anaranjada del cafeto (*Hemileia vastatrix*, Berk. Br.) y su comportamiento en México. Propuestas para enfrentar un nuevo brote epidemiológico. Editorial Amecafé,, México. 20 p.
17. CEDICAFE - ANACAFE. 2013. Revista El Cafetal, enero 2013. [En Línea]: La roya en el café, ([www.cedicafe – anacafe.org](http://www.cedicafe-anacafe.org), documento, 25 de enero de 2015).

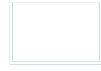
18. CENICAFE-CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CAFÉ. 2009. Informe Anual de Investigaciones 2010. Barva, Heredia, Costa Rica. P. 108-111.
19. CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL. 2014. El comercio mundial del café - Exportaciones mundiales de café: datos básicos. [En Línea]: (<http://www.intracen.org/guia-del-cafe/el-comercio-mundial-del-cafe>, documento, 25 de mayo de 2015).
20. CHIARAVALLE, W y AZNÁREZ, G, 2010. Prueba de eficacia de fungicidas calister (azote 350 sc) en el control de manchas foliares en trigo, Soriano, Ecuador, 12 p.
21. COCHACHI, S. (1993) Efecto del fungicida S – 3308L en el control de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk.) en Tingo María. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. 83 p.
22. CREMLYN, R. 1992. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Ed., Limusa. México. 257 p.
23. DICKINSON, C. 1987. Patología vegetal. Noriega Editores. México. 312 p.
24. EC – ORGANICS. 2008. Generalidades del *Trichoderma* spp. [En Línea]: (<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2526/2/T-ESPE-IASA%20II-002298.pdf>, documento, 25 de mayo de 2015).
25. EMPRESAGRO, 2013. Productos foli-guard. [En Línea]: (<http://www.empresagro.com/ProductosFoliGuard.html.pdf>, documento, 25 de mayo de 2015).

26. PUEYO, M., HERNÁNDEZ, R y REYES, T. 1998. Efectividad del biopreparado de *Trichoderma harzianum* Rifai, en el control del Damping Off en Ajo Puerro. Centro Universitario de Las Tunas, La Habana. Cuba. 98 p.
27. FERNANDES, R.D.C., EVANS, H.C., y BARRETO, R.W., 2009. Confirmation of the occurrence of teliospores of *Hemileia vastatrix* in Brazil with observations on their mode of germination. *Tropical Plant Pathology*. 34 (2): 108 - 113.
28. FIGUEIREDO, M.B. y PASSADOR, M.M., 2008. Morphology, function of sori and variations of the life cycle of rusts. *Arquivos do Instituto Biológico*. 75(1): 117-134.
29. FIGUEROA, Z. R. 1990. La caficultura en el Perú. 2 ed. Lima. CONCYTEC 235 p.
30. FLORES, H. 2014. Situación del café en el Perú. *América Economía*. [En Línea]: (<http://www.americaeconomia.com/node/105905>, documento, 29 de noviembre del 2013).
31. GALI, A. 2013. Roya del cafeto: Perjuicios y beneficios para la caficultura. [EnLínea]:(<http://forumdelcafe.com/pdf/La%20Roya%20del%20Cafeto.pdf>, documento, 13 de abril del 2015).
32. GEPP, V. y MONDINO, P. 2011. Control químico. [En Línea]: (<http://www.pv.fagro.edu.uy/cursos/pvh/DocsPVH/C-QUIMICO.pdf> documento, 13 de abril del 2015).
33. INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA. 2009. Informe anual de investigaciones 2009 Centro de Investigaciones en Café EF 106-07-

08. Evaluación de un fungicida / insecticida al suelo, para el control de la Roya del cafeto [En Línea]: La roya amarilla del café (http://www.icafe.go.cr/icafe/cedo/documentos_textocompleto/informes_investigaciones/3542, pdf, 25 de enero 2015).
34. JUNTA NACIONAL DEL CAFÉ. 2013. Área de Desarrollo Técnico Productivo 24 de Mayo del 2013 Página 1. Reunión técnica: elaboración de kits de insumos para el manejo integral de la roya. [En Línea]: La roya del café (http://juntadelcafe.org.pe/sites/default/files/propuesta_kits24mayo2013-agrorural-consensuado_copy.pdf, pdf, 25 de enero, 2015).
35. MINAG, 2014. Situación actual del café en el Perú. [En línea]: Café en el Perú, (<http://www.minag.gob.pe/portal/el-cafe-peruano>, documento, 10 de octubre del 2014).
36. MINAG, 2015. Síntesis Agroeconómica del café. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima. Perú. 14p.
37. MORENO, R. G. y ALVARADO, A. G. 2000. La variedad Colombia 20 años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de la roya del cafeto. Cenicafé: Boletín técnico 22: 1 - 32 p.
38. OBREGON, M. 2008. Enfermedades emergentes en el cultivo de la piña. In memoria 10th International Workshop on *Trichoderma* and *Gliocladium*. San José, Costa Rica. 86 p.
39. OIRSA, H. 2010. La roya del cafeto en Colombia: manejo impacto y costos del control.[EnLínea]:(https://www.federaciondecafeteros.org/static/files/roya/bolet_roya/BoletinRoya1Definitivo.pdf, documento, 13 de abril del 2015).

40. FAO. 2008. Principales productores de café a nivel mundial. [En línea]:
(www.faostat/estadistica, documento, 10 de octubre de 2014).
41. PEREYRA, D. 2010. Cacao, café y palma aceitera son más rentables que la hoja de coca en la provincia de Tocache. (En Línea): INFOREGION,
(<http://www.inforegion.pe/grafico.jpg>. noticias, 28 Sept. 2010).
42. RAP – AL. 2014. Ficha técnica, Azocystrobin. [En línea]: Azocystrobin,
([www.rap-al.org / info@rapal.cl](http://www.rap-al.org/info@rapal.cl), pdf, 20 de enero de 2015).
43. RAYNER, R. W. 1961. Germination and penetration studies on coffee rust
(*Hemileia vastatrix* B. & Br.). *Annals of Applied Biology* 49, 497-505.
44. RED ESPAÑOLA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. 2011.
Nutrición vegetal. Agroquímicos en la salud. [En línea]: (<http://es.osha.europa.eu/seguridad>, documento, 15 de agosto de 2011).
45. REGISTRO NACIONAL ICA No. 904. 2013. Titular Proficol Andina B.V
Sucursal Colombia. 3 p.
46. RIVILLAS, O.; CRISTANCHO, A. y GAITAN, B. 2011. La roya del cafeto en
Colombia .Cenicafé. Chinchina Caldas Colombia. 53 p.
47. RIVILLAS, O.; SERNA, G.; CRISTANCHO, A. y GAITÁN, B. 2011. La roya del
cafeto en Colombia (Impacto, manejos y costos del control, resultados
de investigación). Centro Nacional de Investigación del Café
(Cenicafé). Chinchiná, Caldas, Colombia. 53 p.
48. SANTACREO, R.; REYES, E. y OSEGUEDA, S. 1983. Estudio del
desarrollo de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk& Br. y su
relación con factores biológicos y climáticos en condiciones de campo
en dos zonas cafetaleras de Honduras, C.A. In 6 Simposio

- Latinoamericano sobre Caficultura, Panamá, Panamá, 24-25 noviembre, 2010. Costa Rica, IICA. p.199 – 213.
49. SCOPE, 2013. Vigilancia epidemiológica fitosanitaria de la roya del caféto *Hemileia vastatrix*. SINAVEF-LAB 25 Ene 2013 - Ficha técnica roya del caféto *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome. [En línea]: ([www.http://empresagro.com/ProductosFoliGuard.html](http://empresagro.com/ProductosFoliGuard.html), documento, 25 de enero de 2013).
50. SENASA, 2012. MIP Plaga del caféto (en línea). [En línea]: (http://www.senasa.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/SUB_DIR_CONT_EP/1222.pdf), documento, 17/09/2016.
51. SILVA, A. R. 2003. Estrategias de control de la roya del caféto con la aplicación de fungicida protector y sistémico en patrocinio, minas gerais, brasil *agronomía tropical* 53 (4): 457 – 481.
52. SINGENTA. Ficha técnica [En línea]: (http://www3.syngenta/es/sp/documento_ficha_tecnica/ft_quadris.pdf, documento, 15 de enero del 2013).
53. SUBERO, L. 2011. La roya del caféto. [En línea]: (<http://infocafes.com/descargas/biblioteca/136.pdf>, documento, 25 de abril de 2015.)
54. VALENCIA y VILLALBA. 2001. Compatibilidad de insecticidas y fungicidas para el control de la broca y de la roya del caféto. *CENICAFE*, 52 (03): 170-184.



X. ANEXO

Apéndice 1. Estructura de la tesis

Anexo A. Estructura general de los cuadros

Cuadro 11. Cuadro de evaluación de la tasa de infección.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T1	0.0018	0.0014	0.0021	0.0008	0.0015
T2	0.0015	0.0015	0.002	0.0018	0.0017
T3	0.0012	0.0015	0.0017	0.0012	0.0014
T4	0.003	0.0029	0.0024	0.0028	0.0028
T5	0.0028	0.0022	0.0029	0.0029	0.0027
T6	0.0031	0.0026	0.0027	0.0028	0.0028

Cuadro 12. Valores de ADCPE de los tratamientos.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T ₁	33.47	24.425	30.078	17.742	26.4288
T ₂	22.613	29.234	33.025	33.858	29.6825
T ₃	18.915	26.656	25.536	18.299	22.3515
T ₄	45.461	42.162	33.029	50.092	42.686
T ₅	35.477	27.922	42.97	40.292	36.6653
T ₆	42.51	36.304	37.075	46.911	40.7

Cuadro 13. Resumen de los modelos ajustados.

Tratamientos	Modelos linealizados					
	Logit		Monit		Gompit	
	R ²	Coefficientes	R ²	Coefficientes	R ²	Coefficientes
T ₁	0.9343	0.0113	0.9958	0.0019	0.9689	0.0052
T ₂	0.9202	0.0115	0.9931	0.0021	0.9586	0.0055
T ₃	0.0117	0.9235	0.9951	0.0016	0.9615	0.0050
T ₄	0.9529	0.0150	0.9900	0.0041	0.9855	0.0083
T ₅	0.9409	0.0116	0.9977	0.0037	0.9825	0.0084
T ₆	0.9563	0.0157	0.9984	0.0040	0.9879	0.0084

Cuadro 14. Número de hojas sanas a los 20 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T ₁	5.889	10.722	4.833	15.222	9.167
T ₂	9.778	6.556	8.611	12.000	9.236
T ₃	13.278	9.278	8.444	12.889	10.972
T ₄	7.889	7.222	12.444	6.667	8.556
T ₅	6.444	7.944	6.833	5.000	6.556
T ₆	8.000	8.333	11.222	7.278	8.708

Cuadro 15. Número de hojas sanas a los 40 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T ₁	10.944	11.889	8.667	11.722	10.806
T ₂	13.111	11.389	9.056	12.556	11.528
T ₃	11.722	11.167	11.500	13.556	11.986
T ₄	3.833	2.167	6.333	3.389	3.931
T ₅	6.722	9.333	4.167	3.722	5.986
T ₆	3.722	4.278	6.278	2.889	4.292

Cuadro 16. Número de hojas sanas a los 60 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T ₁	10.056	12.833	8.056	13.667	11.153
T ₂	13.333	12.389	7.833	12.722	11.569
T ₃	12.500	13.556	10.944	13.667	12.667
T ₄	5.500	2.889	8.278	4.556	5.306
T ₅	6.944	9.500	4.833	3.833	6.278
T ₆	4.833	5.333	6.778	4.389	5.333

Cuadro 17. Número de hojas sanas a los 80 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T ₁	9.667	13.222	10.056	14.444	11.847
T ₂	13.278	11.000	9.500	12.611	11.597
T ₃	13.500	13.278	11.833	14.167	13.194
T ₄	6.056	4.111	9.722	5.167	6.264
T ₅	7.722	10.389	4.833	4.389	6.833
T ₆	5.889	6.111	7.944	5.667	6.403

Cuadro 18. Número de hojas sanas a los 100 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T ₁	10.056	12.778	8.722	15.389	11.736
T ₂	11.778	10.000	8.167	11.000	10.236
T ₃	14.889	14.167	11.278	13.167	13.375
T ₄	4.778	4.889	10.889	4.889	6.361
T ₅	7.556	10.824	4.611	4.611	6.900
T ₆	7.111	7.778	8.833	5.889	7.403

Cuadro 19. Número de hojas sanas a los 120 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T ₁	9.667	13.667	7.889	15.833	11.764
T ₂	12.444	9.167	9.000	12.944	10.889
T ₃	15.944	13.333	10.722	14.556	13.639
T ₄	8.333	5.167	12.556	5.611	7.917
T ₅	7.778	12.167	5.500	5.333	7.694
T ₆	8.667	9.389	10.611	7.444	9.028

Cuadro 20. Número de hojas sanas a los 140 días después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamientos	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
T ₁	6.167	11.111	5.000	13.111	8.847
T ₂	10.222	6.833	7.278	10.333	8.667
T ₃	14.000	9.000	7.111	10.889	10.250
T ₄	4.556	4.500	9.444	4.944	5.861
T ₅	8.611	8.444	5.778	4.000	6.708
T ₆	6.222	7.111	8.444	4.611	6.597

A. Cálculo de la dosis de los fungicidas

Se consideró las dosis recomendadas por FARMAGRO; para cada producto, por ejemplo para el tebuconazole la dosis recomendada es de 100 ml en 200 L de agua o 0.05 %, para los demás productos el cálculo porcentual se realizó de igual manera, teniendo en cuenta que las dosis recomendadas para Azoxistrobin, *Trichoderma harzianum* y caldo bordelés fueron de 40 g, 500 ml y 20 L en 200 L. de agua respectivamente.



Cuadro 21. Resumen del análisis de varianza del porcentaje de incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) a los 20 días después de la aplicación de seis frecuencias de productos en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

Fuente variación	G.L	20 DD1°A		20 DD2°A		20 DD3°A		20 DD4°A		20 DD5°A		20 DD6°A		40 DD6°A	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Bloques	3	97.6	NS	77.4	NS	122.4	NS	109.4	NS	32.7	NS	34.3	NS	4.8	NS
Tratamientos	5	121.7	NS	333.6	S	501.6	AS	733.6	AS	904.8	AS	1201.1	AS	1244.3	AS
Error experimental	15	135.8		77.8		62.3		39.2		23.3		31.7		49.1	
Total	23														
C.V. (%)		27.4		18.6		23.9		17.1		13		14.8		17.7	

- DD1°A : Días después de la primera aplicación (seis aplicaciones con una frecuencia de 20 días)
- C.V. : Coeficiente de variabilidad.
- NS : No existe significancia.
- S : Existe significancia al 1.0 %.
- AS : Existe significancia al 5.0 %.

Cuadro 22. Resumen del análisis de varianza de la tasa de infección de la roya amarilla por la aplicación de *Trichoderma harziamun*, Tebuconazol, Azoxistrobin y Caldo Bordalés en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal	Sig.
Bloque	3	3.43 x 10	1.14E-07	1.0393542	NS
Tratamiento	5	0.0000091	1.82E-06	16.501514	AS
Error experimental	15	0.0000017	1.10E-07		
Total	23	0.0000111			
CV (%)		15.43			

Cuadro 23. Resumen del análisis de varianza del área debajo de la curva de progreso de la roya del café evaluado en un cafetal ubicado en el distrito de Hermilio Valdizán (Diciembre 2013 a Mayo 2014).

Fuente de variación	GL	SC	CM	F cal.	Sig.
Bloque	3	35.813	11.9	0.30	NS
Tratamientos	5	1344.6	269	6.69	AS
Error experimental	15	603.18	40.2		
Total	23	1983.6			
CV (%)		12.23			



Apéndice 1. Estructura de la tesis

Anexo A. Estructura general de las figuras

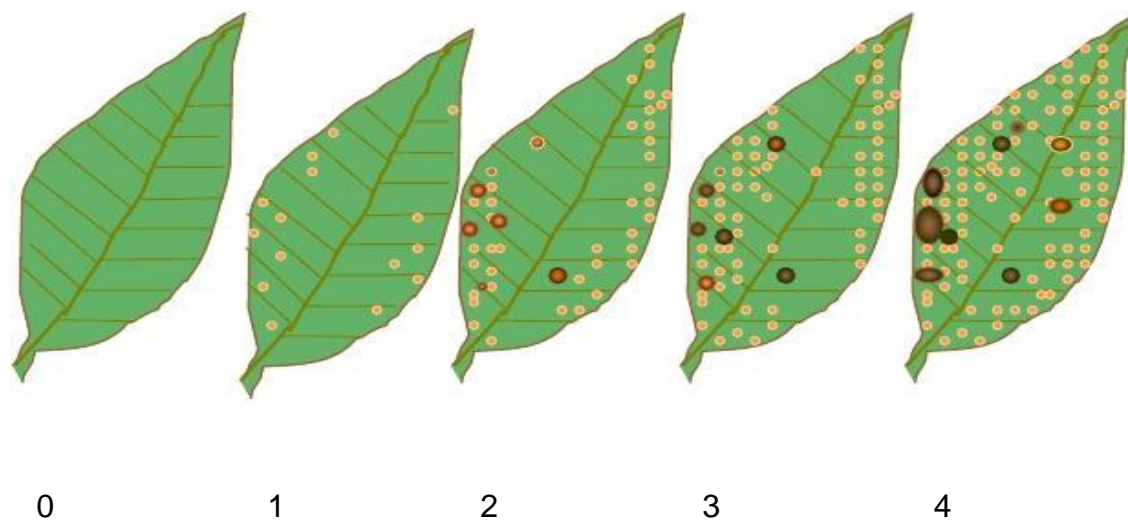


Figura 2. Diagrama del grado de la escala de severidad (SENASA, 2012).

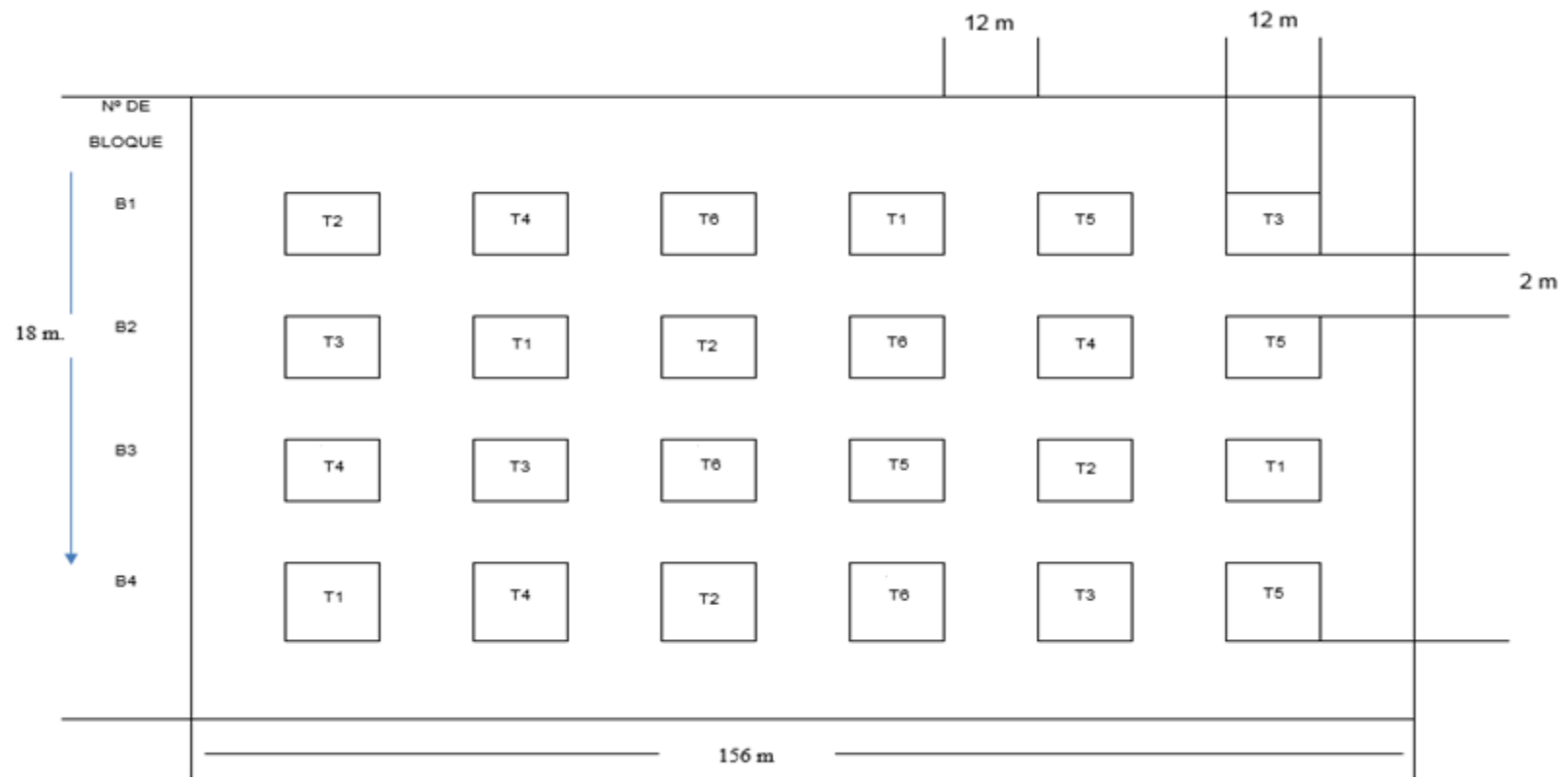


Figura 3. Croquis del campo experimento.



Figura 5. Panel en la parcela de ejecución de la tesis



Figura 6. Aplicación de los fungicidas a las parcelas en tratamientos.

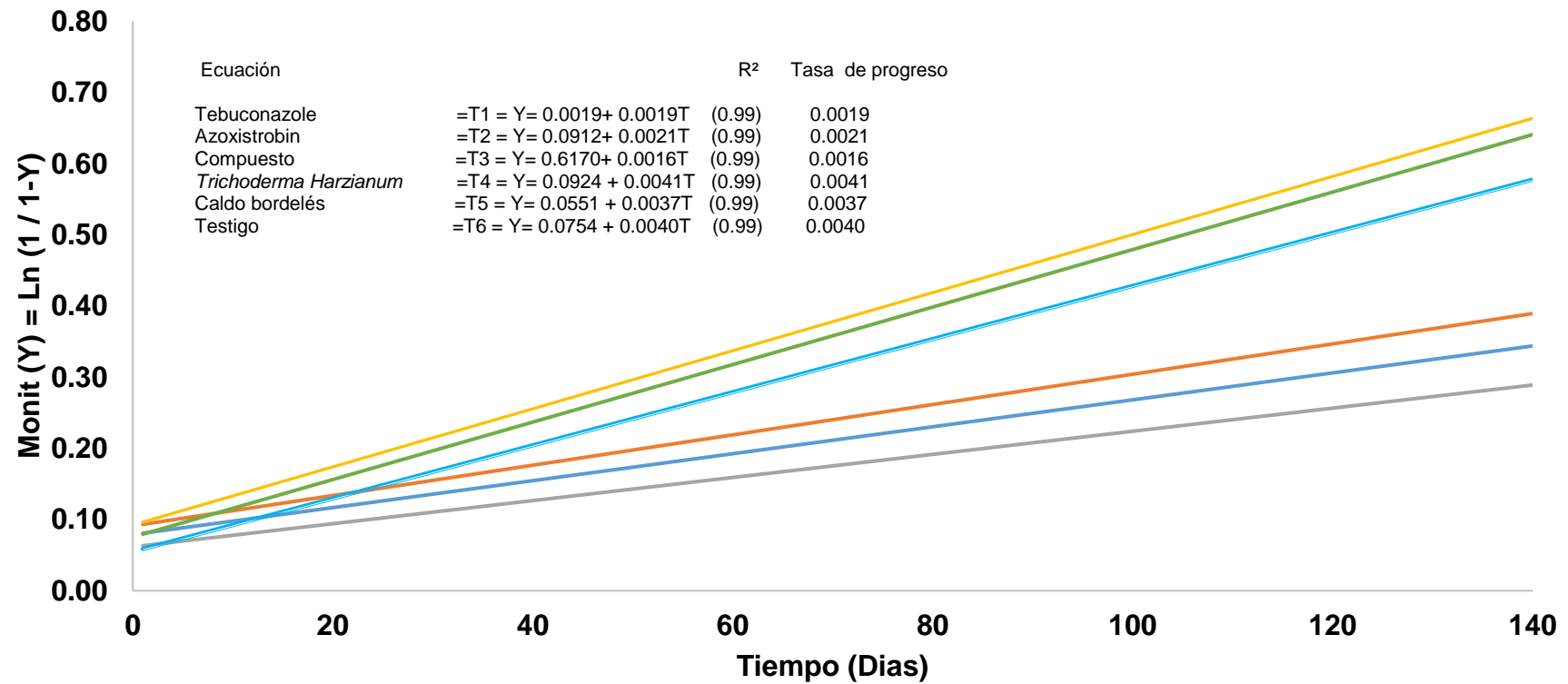


Figura 7. Curva de progreso de la roya del café (datos ajustados bajo el modelo Monomolecular) por efecto de los diferentes tratamientos.

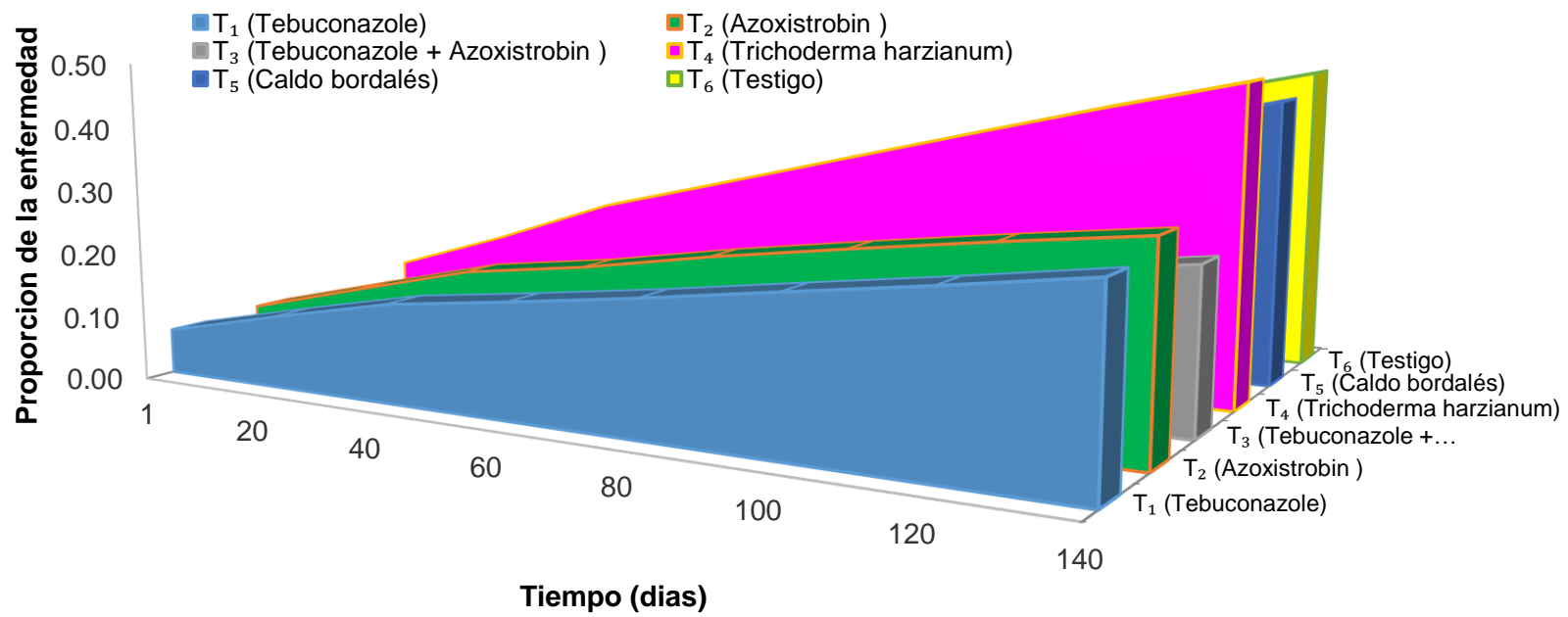


Figura 8. Área debajo de la progreso de la roya del café (datos originales) por efecto de los diferentes tratamientos.

