

“Determinación del efecto de la mezcla de triazoles con fosfitos sobre el desarrollo de la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) y el rendimiento del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuai”.

Andrey Enrique Gutiérrez Alfaro

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA
AGRONÓMICA CON ÉNFASIS EN AGRONOMÍA

ESCUELA DE AGRONOMÍA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

2018

“Determinación del efecto de la mezcla de triazoles con fosfitos sobre el desarrollo de la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) y el rendimiento del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) variedad Catuai”.

Andrey Enrique Gutiérrez Alfaro

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA
AGRONÓMICA CON ÉNFASIS EN AGRONOMÍA

_____	DIRECTORA DE TESIS
María del Milagro Granados Montero Ph. D.	
_____	MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Juan Ramón Navarro Flores M. Sc.	
_____	MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Luis Felipe Arauz Cavallini Ph. D.	
_____	MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Álvaro Segura Monge M. Sc.	
_____	DIRECTOR DE ESCUELA
Luis Gómez Alpizar Ph. D.	
_____	SUSTENTANTE
Andrey Enrique Gutiérrez Alfaro	

DEDICATORIA

A mis papás,
Emileth Alfaro Zeledón y Minor Gutiérrez Valle.

Por inculcarme la perseverancia
y creer siempre en mí,
incluso cuando yo mismo he dudado.

A mi abuela Felicia Zeledón Hernández,
por apoyarme siempre y preocuparse.

Porque esto lo hicimos juntos.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, gracias infinitas a mi familia. Porque quiero que sepan que este esfuerzo se lo debo a ellos.

A mi mamá, Emileth Alfaro Zeledón por estar conmigo en las buenas y las malas; siempre con sus consejos sensatos y a veces regaños, alentándome a todos los días tratar de ser un poquito mejor que ayer.

A mi tata, Minor Gutiérrez Valle, porque yo sé lo que a él le ha costado ganarse las cosas y aun así, pudo sacarme adelante a mí y a mi mamá. Gracias infinitas por enseñarme que los logros saben más cuando han costado y se ha luchado por ellas.

A mis abuelas, Felicia Zeledón y Juanita Valle, que siempre con sus cariños, consejos, preocupaciones o con un simple almuercito caliente me ayudaron a seguir pulseando mis anhelos.

A la profesora Milagro, por haber confiado en mí cuando le presenté este proyecto y haberme apoyado a lo largo de este.

Al profe "Juan Ra", que desde segundo año de universidad hicimos amistad y siempre me ayudó cuando lo busqué.

A Tomás Gutiérrez, porque, aunque en el momento que tuve que decidir entre seguir con mis estudios o trabajar, tome mi decisión, renunciando por un momento a esta meta; pero él y la empresa FJ Orlich Hnos Ltda. me permitieron la oportunidad de proponerlo y realizarlo.

Un agradecimiento especial a Siviany Carvajal, Alonso "Machillo", Mainor Fernández y Estefany Ulate, por haber sacado un ratito de su tiempo para ayudarme durante esos períodos largos de evaluaciones, sepan que esto también se pudo gracias a ustedes.

También le agradezco a Norman Alpizar por haberme por haber confiado y prestado un pedacito de su finca para poder trabajar en mi tesis.

Por último, a todos mis amigos y amistades con las que pude compartir durante este proyecto.

INDICE

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice.....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de cuadros.....	vii
Índice de anexos.....	viii
Resumen.....	ix
1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	4
3. Objetivos.....	6
3.1. Objetivo general.....	6
3.2. Objetivos específicos.....	6
4. Materiales y métodos.....	7
4.1. Generalidades de la parcela.....	8
4.2. Establecimiento del ensayo.....	9
4.3. Diseño de los tratamientos.....	9
4.4. Diseño experimental.....	10
4.5. Variables a evaluar y análisis de datos.....	11
4.6. Estimación de cosecha.....	12
4.7 Viabilidad económica.....	13

5. Resultados.....	15
6. Discusión.....	27
7. Conclusiones.....	32
8. Recomendaciones.....	32
9. Literatura citada.....	33
10. Anexos.....	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la finca de Norman Alpizar y del lote en Pavas de Carrizal de Alajuela. Punto de referencia, poblado de Pavas de Carrizal.....	17
Figura 2. Datos climáticos de temperatura promedio (°C) y precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica de mayo 2017 a enero de 2018.....	18
Figura 3. Diseño de la unidad experimental a utilizar para el ensayo.....	19
Figura 4. Distribución de los tratamientos dentro del lote experimental.....	21
Figura 5. Comportamiento de la incidencia de roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Broome) en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	25
Figura 6. Calculo del área bajo la curva de la enfermedad (ABCDE) de incidencia de roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk. & Broome) en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	27
Figura 7. Porcentaje de defoliación de las plantas de café en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	29

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.....	20
Cuadro 2. Proporción de lesiones curadas por tratamiento en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	28
Cuadro 3. Resultados de cosecha en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2018.....	30
Cuadro 4. Consolidado de los costos variables totales de los tratamientos utilizados en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	32
Cuadro 5. Beneficio bruto proyectado de las aplicaciones realizadas en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	33
Cuadro 6. Calculo de beneficio neto, % de ajuste y beneficio neto ajustado en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	34
Cuadro 7. Análisis de dominancia de los tratamientos aplicados en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	35
Cuadro 8. Calculo de proporción del costo variable sobre el costo total en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	36
Cuadro 9. Calculo beneficio neto proporcional en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	36
Cuadro 10. Calculo de la Tasa marginal de retorno (TMR) a partir del análisis de dominancia.....	37

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Descripción de la composición de los productos a utilizar para cada tratamiento.....	43
Anexo 2. Estimación de los costos variables en insumos para el atomizo del 31 de mayo del 2017 en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	48
Anexo 3. Estimación de los costos variables en insumos para el atomizo del 3 de agosto del 2017 en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	49
Anexo 4. Estimación de los costos variables en insumos para el atomizo del 1 de noviembre del 2017 en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	50
Anexo 5. Costos de mano de obra para cada aplicación realizada en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	51
Anexo 6. Reporte de actividades realizadas y gasto en insumos en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.....	52
Anexo 7. Análisis de varianza para la variable de ABCDE.....	53
Anexo 8. Análisis de varianza para la proporción de lesiones curadas.....	53
Anexo 9. Análisis de varianza para la defoliación.....	54
Anexo 10. Análisis de varianza para variables de productividad.....	55

RESUMEN

La roya de café (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) es la enfermedad de mayor impacto económico para los caficultores en Costa Rica. Sumado a esto, las labores de pulverización en el cultivo consumen alrededor del 20% de costo total producción, lo que obliga al productor a garantizar el uso de agroquímicos que asegure un adecuado control del patógeno.

Se evaluó el efecto de realizar mezclas de ingredientes activos utilizados convencionalmente para control de la enfermedad junto con el inductor de resistencia fosfito de potasio. Para los fungicidas ciproconazol+trifloxistrobina, epoxiconazol, epoxiconazol+ carbendacina y epoxiconazole+ piraclostrobina, se utilizaron dosis de 0.5, 0.5, 0.5 y 0.6L/ ha respectivamente; mientras que el inductor de resistencia se aplicó a razón de 1L/ha. La viabilidad económica fue determinada mediante la metodología de presupuestos parciales.

Se efectuaron 3 aplicaciones a los 0, 60 y 120 días de establecido el ensayo, con evaluaciones quincenales de incidencia de roya, conteo de lesiones vivas y curadas y caída de hojas por un período de 9 meses.

El epoxiconazol + fosfito generó la menor ABCDE de los tratamientos evaluados y la mayor proporción de lesiones curadas durante el ensayo (77%).

En la rentabilidad de los tratamientos, el epoxiconazol + piraclostrobina reportó la mayor tasa marginal de retorno (137%) siendo el más rentable.

1. INTRODUCCIÓN

La producción cafetalera es una de las principales actividades desarrolladas en Costa Rica, al punto de ocupar el tercer lugar en volumen de exportación de productos agrícolas (Alpizar et al., 2015) después de la piña y el banano. Otro factor destacado en la producción de café, y que realmente es la base para mantener a Costa Rica dentro de dicho negocio, es la alta calidad de taza (Izquierdo, 2015) asociada a factores como las condiciones climatológicas y de altitud de las plantaciones que hacen de nuestra fruta un producto muy codiciado a nivel internacional (Lara, 2005).

Ahora bien, existen diversos factores que afectan el rendimiento de dicho cultivo dentro de los que destacan las pérdidas asociadas a enfermedades como la roya, la cual en los últimos años han generado disminuciones de hasta un 20% en productividad nacional (Filho y Astorga, 2015). El impacto de la enfermedad sobre el desarrollo de las plantaciones radica en gran parte en que de las más de 18000 hectáreas en producción presentes a nivel nacional (INEC, 2015) cultivan variedades de café susceptibles al patógeno, obligando a los productores en incurrir en gastos para su control.

En la actualidad existen diversas técnicas para el control de roya en el cultivo del café, destacando métodos químicos como el uso de fungicidas triazoles y estrobirulinas principalmente (Zambolim, 2016), prácticas de manejo (densidad de siembra, poda y control de sombra dentro de los cafetales) y uso de variedades resistentes como Sarchimores y Catimores (ANACAFÉ, 2013).

Cabe resaltar que las plantas también tienen sus propios mecanismos de defensa para controlar infecciones causadas por patógenos, lo cual según Gómez y Reis (2011) ocurren debido a interacciones a nivel químico entre planta-patógeno, estimulando la autoprotección por parte del hospedero. Dichos mecanismos de defensa pueden ser de naturaleza estructural en la planta, es decir, forman parte de la morfología de esta, previniendo el daño por agentes externos. Algunos de

estos mecanismos dificultan el proceso de ingreso del patógeno a la planta como lo son el exceso de tricomas sobre la superficie de la hoja o los reforzamientos de la pared celular que dificultan el inicio de la infección (Madriz, 2002).

Por otra parte, existe el tipo de resistencia que ocurre cuando el patógeno logra invadir al hospedero e iniciar su ciclo de enfermedad, la cual de acuerdo con Silva et al. (2006), a su vez estimula cambios metabólicos en la planta debido a la inducción de la expresión de ciertos genes de defensa; y a este tipo de respuesta por parte de la planta se le conoce como resistencia inducida. Dichos activadores o “inductores de resistencia” corresponden en su mayoría a compuestos como proteínas, péptidos, ácidos grasos o esteroides que en bajas concentraciones son percibidos por la planta una vez que hubo un reconocimiento del patógeno.

El proceso desencadenado en una respuesta de resistencia inducida en la planta consiste en la activación de ARN_{mensajeros} específicos que codifican para la expresión de genes que estimulan la biosíntesis de metabolitos secundarios García y Pérez (2003). Dichos compuestos generan diversas respuestas en los patógenos, como las fitoalexinas que afectan la integridad de la membrana en los hongos o mediante la síntesis de enzimas como quitinasas que actúan en la degradación del organismo (Gutiérrez y De la Torre, 2007).

Los avances en formulación de productos para control de enfermedades en plantas han permitido la síntesis de compuestos que “activan” los genes de resistencia en las plantas; estas moléculas se conocen como inductores de resistencia (Kowata et al., 2012). Los más conocidos y tal vez más utilizados en aplicaciones en cultivos comerciales son los productos a base de fosfitos (calcio o potasio), los cuales son compuestos orgánicos del grupo de los ésteres obtenidos a partir del ácido fosforoso (H_3PO_3).

A nivel comercial, un aspecto a considerar en el uso de una determinada estrategia o herramienta de manejo no es sólo el efecto de control que pueda tener sobre el patógeno sino también el impacto costo/beneficio de implementarla. Esto toma relevancia si consideramos que, para el cultivo de café, el costo

promedio de producción por hectárea es de aproximadamente ₡1.800.000 (ICAFE, 2015), y de ahí la importancia de implementar en prácticas que permitan reducir costos sin afectar la sanidad y calidad de la plantación.

Actualmente existen diversas herramientas que permiten estimar la rentabilidad de insumos en ensayos agrícolas. Una de ellas, es la metodología de presupuestos parciales (Pp), la cual fue creada en 1976 por el Programa de Economía Agrícola del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) para realizar análisis económicos (Reyes, 2001); ésta permite centrarse en el cálculo de los costos considerados “relevantes”; y de esta forma, excluir todas aquellas variables que se comportan de manera uniforme dentro de la parcela experimental reduciendo la cantidad de registros de costos y por ende facilitando el control de determinadas variables.

Por lo expuesto antes, existe la importancia de evaluar el impacto que pueden tener el uso de productos que induzcan otros mecanismos de resistencia en las plantas de café, los cuales, sumados a los efectos de los fungicidas, permitan aumentar la eficiencia en el combate de la roya; y así, lograr reducciones en la cantidad de aplicaciones y por ende reducciones en los costos de producción.

2. MARCO TEÓRICO

A pesar de la amplia investigación sobre el efecto antagonista que genera el uso de inductores de resistencia (fosfitos en su mayoría) en el control de enfermedades en cultivos, a nivel nacional todavía no se implementa dicha alternativa de manejo integrado dentro de un paquete tecnológico en café, lo cual ha estancado un poco su uso a nivel comercial como herramienta convencional para manejo de fitopatógenos. Sigue faltando investigación en temas como los momentos óptimos de aplicación de los inductores de resistencia (IR) o la frecuencia con que deberían ser suministrados a la planta para un adecuado manejo de enfermedades.

Aun así, se han hecho hallazgos importantes en el uso de IR en diversos cultivos dentro de los que destacan las hortalizas, según las pruebas realizadas por Abdel et al (2012) se evaluó el efecto del uso microorganismos biocontroladores (*Trichoderma* spp. y *Saccharomyces cerevisiae* Desm Meyen) en mezclas con inductores de resistencia para control de mildiú polvoso en pepino y melón, se encontró que los mejores resultados fueron en aquellos tratamientos en los que se utilizaron mezclas de IR con la levadura en comparación con aquellos tratamientos que sólo utilizaban los microorganismos.

Según los reportes de Kowata et al (2012), en plantaciones de melocotón, se encontró que la mezcla de fosfitos de potasio con captan (ftalimida) en aplicación a floración y hasta llegar a cosecha, lograron reducciones de hasta un 80% en daños por la enfermedad de pudrición parda causada por *Monilinia* sp.

Por otro lado, en cultivo de pepino, de acuerdo con lo descrito por Mougy et al (2013) y, se observó que aplicaciones de microorganismos biocontroladores junto con quitosano reducen la intensidad en enfermedades como mildiú polvoso y mildiú veloso, siendo éste una molécula que puede utilizarse como inductora de resistencia (Hernández, 2005) debido a la inducción en la producción de enzimas que regulan el desarrollo del micelio del hongo, afectando la colonización del mismo. También los estudios realizados por Méndez et a. (2010) reportan que el

uso de fosfito de potasio en mezcla con fungicida reduce significativamente el ABCDE en cultivo de melón para el combate de mildiú vellosa.

En plantaciones de manzano, debido a la reducción en la eficacia del control de la mancha de fuego (*Erwinia amylovora* Burrill), se efectuaron aplicaciones directas al tronco con fosfitos de potasio y azibenzolar-S-metil junto con antibióticos, los cuales reportaron disminuciones en el desarrollo de la bacteria (Acimovic et al. 2015).

Según Ramírez et al (2015) se reportan ensayos para el cultivo del banano, en el que se desarrollaron pruebas bajo condiciones controladas en invernadero para el manejo del moko (*Ralstonia solanacearum* Smith) en el que se utilizaron inductores de resistencia como quitosano, metil jasmonato y ácido-3-aminobutacoico y se reportaron disminuciones de 45%, 75% y 65.5% respectivamente en el desarrollo del área bajo la curva de la enfermedad (ABCDE).

Para el caso de solanáceas, específicamente papa y tomate, se reporta la eficacia del uso de ácido β -aminobutírico (BABA) la cual muestra como IR muestra un buen efecto antagonista sobre patógenos como *Phytophthora infestans* Mont de Bary y *Phytophthora capsici* Leonian (Alexandersson et al. 2016).

Por eso, como se comentó anteriormente, a nivel mundial existe diversa investigación bajo la cual se ha demostrado que estimular la autodefensa en cultivos es una opción importante de considerar dentro de un plan de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Lo importante es identificar cuáles moléculas generan una función como inductor de resistencia y el tipo de mecanismo que desencadenan para identificar si se pueden utilizar previo a la infección del patógeno o si puede ser una medida de control una vez establecido el mismo (Alcalá, 2017).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la aplicación de mezclas de triazoles con fosfitos sobre el desarrollo de roya anaranjada y la productividad estimada en el cultivo de café (*Coffea arabica* L. var. Catuai), así como la viabilidad económica de las aplicaciones, para decidir si alguna mezcla puede ser incorporada en el plan de manejo del cultivo.

3.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de las mezclas de triazoles con fosfitos sobre el desarrollo de la enfermedad, mediante la determinación del área bajo la curva de la enfermedad (ABCDE).
2. Determinar el efecto de las mezclas de triazoles con fosfitos sobre la productividad promedio de las plantas mediante una estimación de cosecha cuantitativa.
3. Determinar la viabilidad económica del uso de mezclas de triazoles con fosfitos mediante una metodología de presupuestos parciales.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se ejecutó durante los meses de mayo 2017 hasta enero del 2018 que corresponde al período de aplicaciones y evaluaciones en campo.

De igual manera, se registró las condiciones de temperatura, humedad relativa y mojadura foliar durante la ejecución del ensayo.

El proyecto se realizó en la finca del productor Norman Alpizar, ubicada en la localidad de Pavas, en el cantón de Carrizal de la provincia de Alajuela a una altura aproximada de 1540 msnm.

Las coordenadas de la finca corresponden a $10^{\circ}03'58.5''$ N y $84^{\circ}11'02.3''$ O.



Figura 1. Localización de la finca de Norman Alpizar y del lote en Pavas de Carrizal de Alajuela. Punto de referencia, poblado de Pavas de Carrizal.

Imagen tomada con Google Earth versión 7.1.8.3036 Coordenadas geográficas de la finca del productor Norman Alpizar $10^{\circ}03'58.5''$ N y $84^{\circ}11'02.3''$ O.

4.1. Generalidades de la parcela

Variedad: Catuaí (Mundo Novo x Caturra)

Edad del cultivo: 13 años.

Densidad de la plantación: 5000 plantas /ha (2 metros de calle x 1 metro de planta)

Tipo de poda: cíclica de 4 años a 2 ejes por planta.

Para el tema de condiciones climáticas se utilizó información de la estación meteorológica de Carrizal de Alajuela perteneciente al Instituto del café de Costa Rica. Se recopiló los datos de temperatura promedio diaria (°C) y precipitación (mm), dado que se consideró que son las variables que más influyen en el proceso de infección del patógeno.

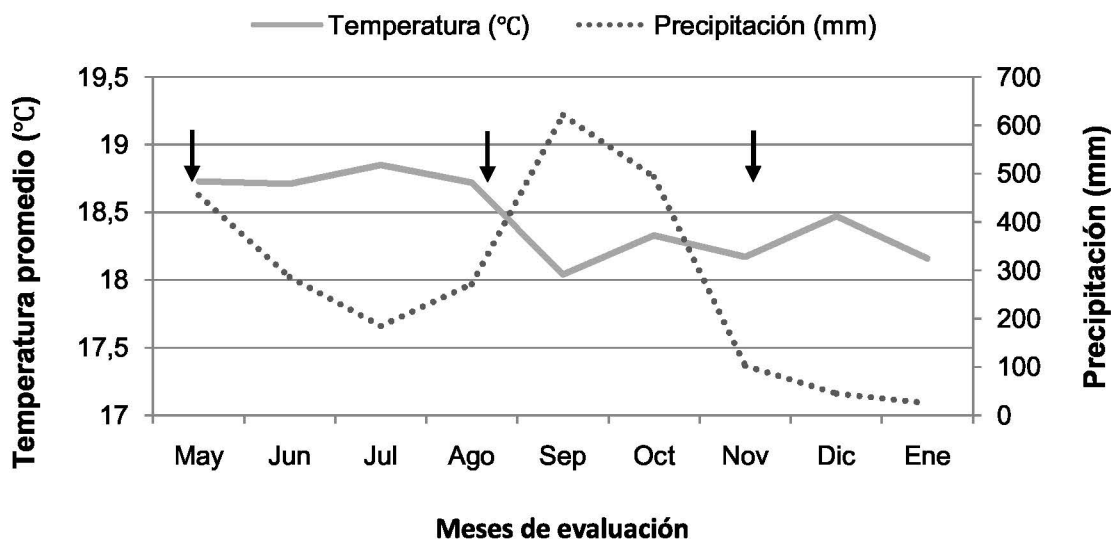


Figura 2. Datos climáticos de temperatura promedio (°C) y precipitación mensual (mm) de la estación meteorológica de mayo 2017 a enero de 2018.

*Las flechas indican los momentos de aplicación de los tratamientos.

4.2. Establecimiento del ensayo

Se usó un área total de 3240m², con un total de 1620 plantas. El tamaño de la unidad experimental (UE) fue de 60m².

Cada **UE** estuvo conformada por tres hileras de diez plantas cada una. Se utilizó como bordes las 2 hileras externas, más la primera y última planta de la hilera central para una parcela útil de ocho plantas, lo cual de acuerdo a Chávez et al. (1992) constituye un tamaño óptimo de parcela para ensayos en café.

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	O	O	O	O	O	O	O	O	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 3. Diseño de la unidad experimental a utilizar para el ensayo.

Entiéndase X= Planta borde O: Planta en parcela efectiva

4.3. Diseño de los tratamientos

Se utilizó un arreglo de tratamientos irrestricto al azar, en el cual se contó con 4 fungicidas (Cuadro 1). A cada uno se le incorporó el inductor de resistencia elegido para un total de 8 tratamientos más un testigo absoluto.

El inductor de resistencia que se usó, fue el fosfito de potasio el cual de acuerdo con la investigación previa realizada por parte del departamento de investigación de FJ Orlich corresponde al que demostró un mejor resultado con el control de roya¹.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.

Código de identificación	Tratamiento
T1	ciproconazol + trifloxistrobina
T2	ciproconazol + trifloxistrobina + fosfito
T3	epoxiconazol
T4	epoxiconazol + fosfito
T5	epoxiconazol + carbendacina
T6	epoxiconazol + carbendacina + fosfito
T7	epoxiconazol + piraclostrobina
T8	epoxiconazol + piraclostrobina + fosfito
T9	Testigo

*Cada fungicida se utilizará a la dosis comercial recomendada (ver Anexo 1).

Se realizó 3 aplicaciones, a los 0, 60 y 120 días de establecido el ensayo. Se utilizaron las dosis comerciales recomendadas para cultivo de café (Anexo 1)

4.4. Diseño experimental

El diseño utilizado fue un irrestricto al azar, esto debido a la alta uniformidad en topografía en el lote seleccionado para el ensayo.

De acuerdo con el diseño experimental, se trabajó con un total de 54 unidades experimentales (Figura 3).

Para la distribución de los tratamientos, las parcelas se enumeraron del 1 al 54, y mediante el programa Microsoft Excel (fórmula = ALEATORIO.ENTRE [1,54]) se les asignó de forma aleatoria las seis parcelas correspondientes a cada tratamiento.

T5	T4	T3	T2	T6	T9	T4	T2	T1	T8	T7	T3	T8	T5	T9	T2	T6	T8
T2	T1	T6	T9	T4	T7	T3	T7	T6	T1	T5	T9	T2	T4	T1	T8	T7	T6
T8	T1	T9	T7	T6	T5	T2	T5	T3	T5	T4	T8	T3	T7	T9	T3	T1	T4

Figura 4. Distribución de los tratamientos dentro del lote experimental.

4.5. Variables a evaluar y análisis de datos

Como unidad de muestreo (UdM) se utilizó 3 plantas de las cuales se seleccionaron y marcaron 2 bandolas de la parte media de la planta.

Las variables evaluadas fueron:

- a) cantidad de hojas por bandola
- b) cantidad de hojas afectadas
- c) cantidad de lesiones esporuladas por hoja
- d) cantidad de lesiones muertas por hoja

Previo al inicio de las aplicaciones se realizó una evaluación de la incidencia inicial para la cual se marcaron 6 bandolas por UdM y se realizó el conteo de hojas totales y hojas on lesiones para determinar el % con el que inició cada tratamiento.

Las evaluaciones se realizaron cada 15 días por un período de 9 meses.

Con las variables de cantidad de hojas por bandola (a) y hojas afectadas (b) se determinó la incidencia de cada uno de los tratamientos.

Con los registros de incidencia obtenidos en el tiempo, se calculó el área bajo la curva de la enfermedad (ABCDE) para cada una de las repeticiones de cada tratamiento.

Los datos obtenidos del ABCDE se analizaron por medio de un ANDEVA utilizando los valores de la evaluación inicial de incidencia de roya como covariable, luego se hizo una separación de medias a través de la prueba DMS.

Con las evaluaciones de cantidad de lesiones esporuladas (c) y lesiones muertas por hoja (d), se realizó el análisis varianza y prueba de LSD Fisher para determinar diferencias entre las medias.

4.6. Estimación de cosecha

Se realizó una estimación de cosecha a partir del conteo de granos por bandola de cada uno de los tratamientos, el promedio de bandolas productivas por planta y la densidad de siembra establecida en el lote La Isla para determinar el promedio de plantas por hectárea.

Supuestos:

- Densidad siembra en lote La Isla = 5000 plantas / ha
- 1 cajuela café variedades Caturra, Catuaí o Venecia es equivalente a 8000 granos (Araya, 2017)
- 1 fanega de café fruta = 20 cajuelas

Para dicha evaluación se seleccionó 30 plantas de de cada tratamiento.

Cada planta se dividió de manera visual en tres estratos (alto, medio y bajo) de los cuales se le seleccionó una bandola productiva de cada división a la cual se le contó la cantidad total de granos. Luego se contabilizó la cantidad de bandolas productivas de cada uno de los estratos definidos.

Posteriormente, se calculó la cantidad promedio de granos por planta contemplando los 3 estratos definidos.

Se utilizó la siguiente fórmula para estimar la productividad estimada de cada tratamiento:

Cantidad de granos totales por hectárea = CGrPr * 5000 plantas

$$Ptr = \frac{\text{Cant granos totales}}{8000 \text{ granos}} * \frac{1 \text{ cajuela}}{20 \text{ cajuelas}} * \frac{1 \text{ fanega}}{1 \text{ fanega}}$$

Entiéndase:

CGrPr = Cantidad de granos promedio por planta

PTr = Productividad promedio en fanegas/ hectárea

4.7. Evaluación de la viabilidad económica

La viabilidad económica se realizó por medio de la Metodología de Presupuestos parciales (Pp): a partir de la identificación de los costos variables presentes en el ensayo, el cálculo de los costos variables incurridos, estimación de cosecha para cada tratamiento y precio de café* (precio/fanega) determinado para el período del 2017.

*Para la determinación del precio de mercado del café y su uso en la metodología de presupuestos parciales se utilizó el valor propuesto por la empresa FJ Orlich como valor de referencia para la cosecha 2017-2018.

La metodología para la determinación de la viabilidad económica comprendió las siguientes etapas:

A) Identificación de los costos variables dentro del ensayo

se definió que el único costo variable para este ensayo corresponde a los costos de insumos de cada uno de los tratamientos a utilizar.

B) Estimación del costo de campo de los insumos a utilizar en cada tratamiento

se registró el costo de cada uno de los insumos utilizados puesto en finca, es decir, incluyendo el costo por el transporte de los mismos.

C) Cálculo de los costos variables de cada uno de los tratamientos

se determinó el costo de los insumos utilizados y la mano de obra incurrida por aplicación para cada uno de los tratamientos.

D) Estimación del ingreso neto

a partir de la estimación de cosecha y el precio de mercado por fanega en colones.

E) Ajuste de los ingresos netos estimados

se estableció un ajuste del 30% debido a la precisión en la toma de los datos y a que el tamaño de parcela experimental reduce el riesgo de variabilidad.

F) Acomodo creciente de costos variables y análisis de dominancia

por definición de la metodología, el primer tratamiento, es decir el que posee menor costo, se consideró como **no dominado** (Reyes, 2001). El análisis establece que un tratamiento tiene dominancia sobre otro si su incremento en el costo también genera un incremento en el ingreso estimado en relación con el tratamiento de costo menor más próximo.

G) Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno (TMR)

se utilizó solamente los tratamientos “no dominados”. Para esto, el tratamiento cuyo resultado de **TMR** fue mayor, se identificó como el rentable en términos de la metodología. De igual forma, el tratamiento testigo, por principio de la metodología, se excluyó de dicho análisis dado que sólo se utilizó para fundamentar la diferencia en productividad.

5. RESULTADOS

Efecto del uso de mezclas de triazoles + fosfito para control de roya

El ensayo mantuvo evaluaciones periódicas quincenales de las variables

La incidencia de roya durante el desarrollo del experimento presentó sus mayores valores en octubre. Se observa que la implementación del uso del fosfito de potasio junto con un respetivo triazol, reduce la incidencia de roya en comparación con el uso solamente de fungicida (Figura 5).

La reducción fue en promedio de 2% para el ciproconazol + trofloxistrobina (figura 5A), 11% con epoxiconazol (Figura 4B), 3% para el epoxiconazol + carbendzina (Figura 5C) y 1% utilizando epoxiconazol + piraclostrobina (Figura 5D).

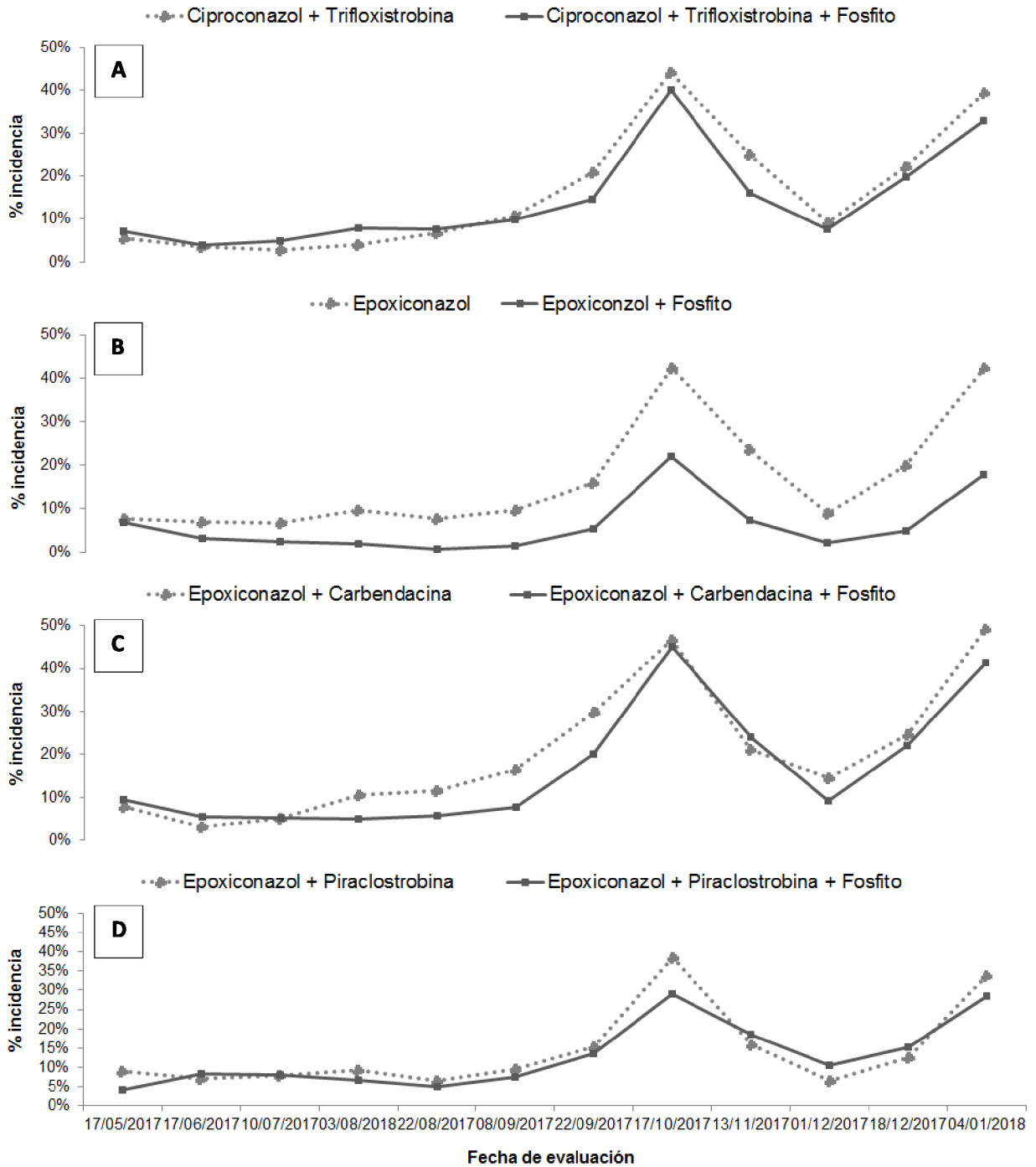


Figura 5. Comportamiento de la incidencia de roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Dado que la roya es una enfermedad asociada a la afectación del área foliar de la planta y que la misma va a afectar sobre la vida útil del follaje para la acumulación de fotosintatos y por ende en la productividad del cultivo, es que se utilizó la herramienta del área bajo la curva de la enfermedad con el objetivo de analizar la proporción del follaje que fue invadido por el patógeno en un tiempo definido (Bautista et al., 2014).

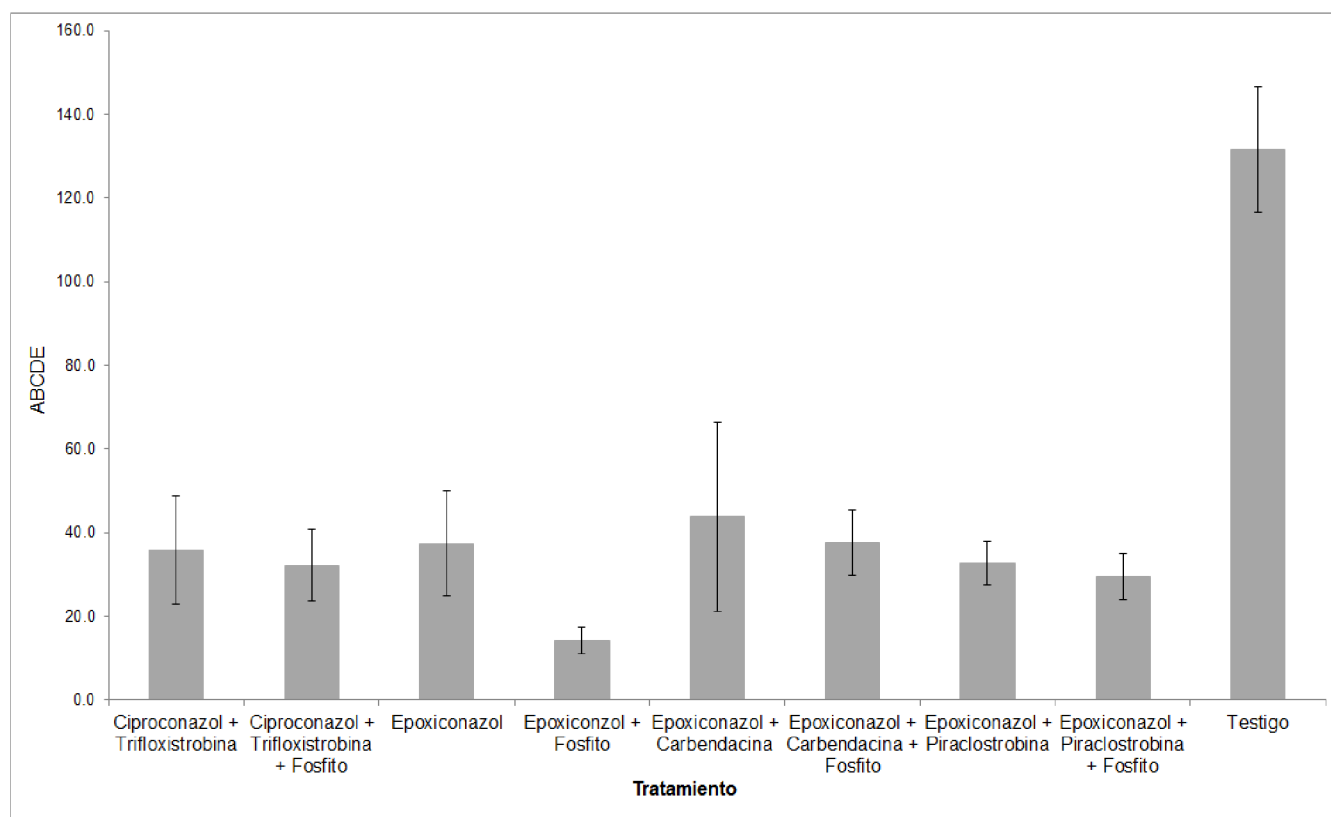


Figura 6. Calculo del área bajo la curva de la enfermedad (ABCDE) de incidencia de roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome) en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

*Los intervalos indican la desviación estándar entre las medias del ABCDE.

A su vez, a partir de los conteos de lesiones vivas y lesiones curadas es que se calculó la proporción de lesiones totales que fueron eliminadas por acción de los tratamientos. Se observó que el tratamiento con el ingrediente epoxiconazol + el inductor de resistencia generó la mayor proporción de lesiones curadas durante todo el ensayo.

Cuadro 2. Proporción de lesiones curadas por tratamiento en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	Proporción lesiones curadas (%)
Epoxiconazol + Fosfito (4)	77 c
Ciproconazol + Trifloxistrobina + Fosfito (2)	70 bc
Epoxiconazol + Carbendazina (5)	68 bc
Epoxiconazol + Piraclostrobina (7)	66 b
Epoxiconazol + Carbendazina + Fosfito (6)	65 b
Epoxiconazol (3)	64 b
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	63 b
Epoxiconazol + Piraclostrobina + Fosfito (8)	62 b
Testigo (9)	3 a

Medias con letra distinta son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba DMS.

Finalmente, dentro de las variables de control de Roya, por medio de los conteos de cantidad de hojas se identificó en cuales tratamiento hubo mayor defoliación como un efecto secundario de la infección por el patógeno. Además, de otro factor importante que se quiso determinar era si el afecto del inductor de resistencia generó una reducción en la caída de hojas para aquellos ingredientes activos en los cuales comercialmente se tiene identificado que generan un efecto de defoliación en la planta.

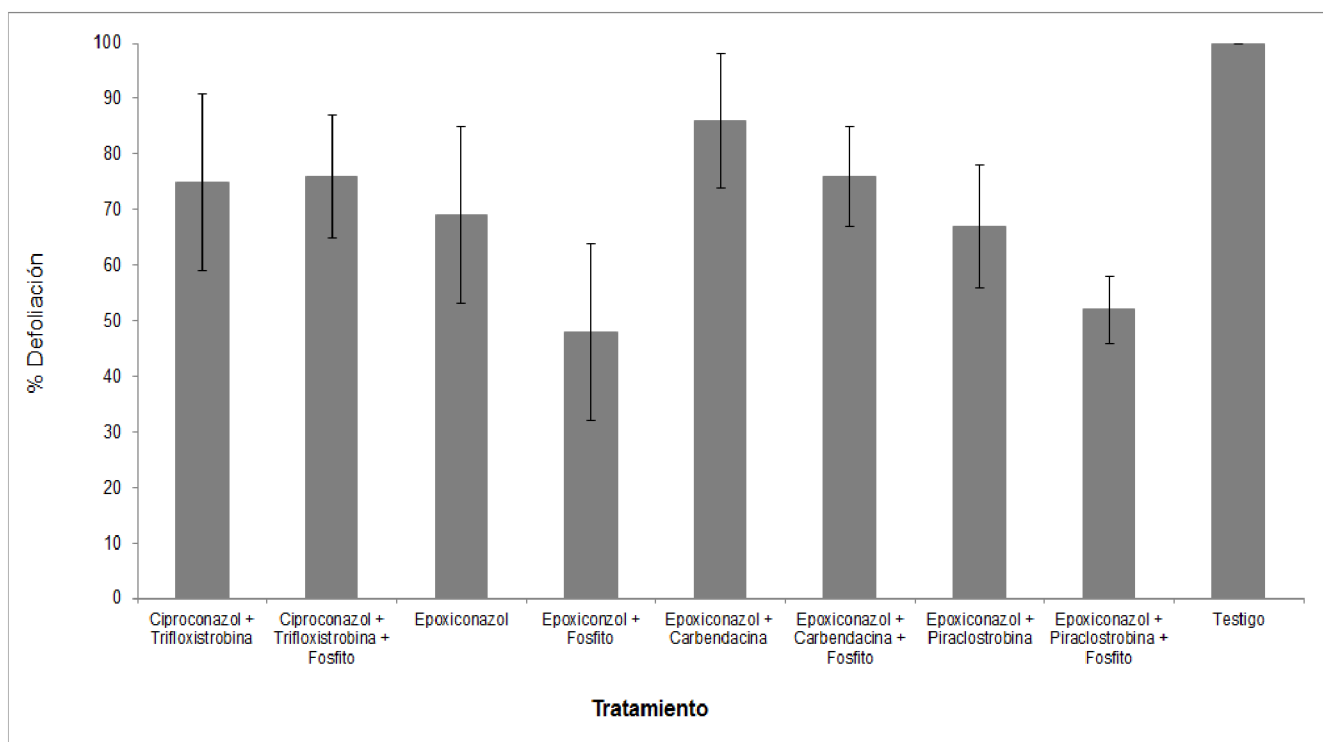


Figura 7. Porcentaje de defoliación de las plantas de café en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

*Los intervalos indican la desviación estándar entre las medias del porcentaje de defoliación.

Cálculo de la productividad de cosecha

Los tratamientos se cosecharon por aparte con el fin de determinar diferencias en productividad asociadas al control de roya.

Para el cálculo total de productividad fueron requeridas cuatro recolecciones de café para todo el lote, las cuales se dividieron en una recolección de granea, dos de café maduro y una de repela.

Cuadro 3. Resultados de cosecha en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2018.

Tratamiento	Productividad		
	Cajuelas/ tratamiento	Cajuelas/ ha	Fanegas/ ha
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	33.6 b	933,53 b	46,70 b
Ciproconazol + Trifloxistrobina + Fosfito (2)	31.2 b	866,77 b	44,43 b
Epoxiconazol (3)	32.9 b	915,73 b	45,83 b
Epoxiconazol + Fosfito (4)	33.9 b	942, 20 b	47,10 b
Epoxiconazol + Carbendacina (5)	32.8 b	911, 70 b	45,53 b
Epoxiconazol + Carbendacina + Fosfito (6)	31.9 b	888,73 b	44,53 b
Epoxiconazol + Piraclostrobina (7)	33.8 b	941,53 b	47,10 b
Epoxiconazol + Piraclostrobina + Fosfito (8)	33.3 b	925,17 b	46,30 b
Testigo (9)	22.5 a	625,87 a	31,33 a

Medias con letra distinta son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba DMS.

En general no se reportó diferencias significativas de cosecha a excepción del tratamiento testigo que reportó solamente una producción de 31,33 fanegas/ha.

Evaluación de la viabilidad económica mediante la metodología de Presupuestos Parciales

Determinación del costo de campo de los insumos y costos variables de los tratamientos

Para cada atomizo se determinó el valor de campo de cada uno de los insumos empleados en las 3 aplicaciones (Anexos 1, 2, y 3) de acuerdo con la dosis establecida; además, se calculó el tiempo invertido para la aplicación de cada uno de los tratamientos por parte de los trabajadores con el objetivo de determinar el costo de mano de obra (Anexo 4).

Como establece la metodología, la suma de los costos de los insumos y la mano de obra empleada para la aplicación de estos constituye los costos variables (Cv).

Al final del proyecto se efectuaron 3 aplicaciones, de ahí que se realizó la sumatoria de todas las aplicaciones para determinar un valor de costo variable total para cada tratamiento (Cuadro 2).

Debido a que la variable de productividad se calculó en términos de fanegas totales por hectárea (Cuadro 1), de igual manera se realizó la extrapolación del costo variable total incurrido en una hectárea con el fin de que los resultados fueran comparables entre ellos (Villalobos, 2017).

En cuanto a los costos variables obtenidos (Cuadro 2), después del tratamiento testigo, las aplicaciones realizadas sin fosfito de potasio como el epoxiconazol + carbendacina (5), epoxiconazol (3) y ciproconazol + trifloxistrobina (1) reportan los menores costos variables con ₡258,667, ₡282,885 y ₡285,359 respectivamente; por otro lado, los CV más altos se muestran en los tratamientos 4 y 8 que corresponden a la adición del fosfito de potasio.

Cuadro 4. Consolidado de los costos variables totales de los tratamientos utilizados en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	Costo insumos (€)	Costo mano de obra (€)	Costo variable (€)	Costo variable/ ha (€)
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	€1,573	€8,700	€10,273	€285,359
Ciproconazol + Trifloxistrobina + Fosfito (2)	€2,206	€9,167	€11,372	€315,900
Epoiconazol (3)	€884	€9,300	€10,184	€282,885
Epoiconazol + Fosfito (4)	€1,517	€10,500	€12,017	€333,797
Epoiconazol + Carbendacina (5)	€812	€8,500	€9,312	€258,667
Epoiconazol + Carbendacina + Fosfito (6)	€1,445	€8,860	€10,305	€286,245
Epoiconazol + Piraclostrobina (7)	€1,803	€9,200	€11,003	€305,634
Epoiconazol + Piraclostrobina + Fosfito (8)	€2,436	€10,200	€12,636	€350,990
Testigo (9)	€0	€0	€0	€0

Calculo ingresos netos y ajustados

De acuerdo con la metodología de estimación de cosecha empleada y el valor del pago de fanega establecido se determinó un beneficio bruto proyectado para cada tratamiento (Cuadro 5). Dicho valor de fanega corresponde al valor pagado al productor para la cosecha 2017-2018 que corresponde a €87.500 (Araya, 2018).

Al ingreso obtenido, se le restaron los costos variables para determinar el beneficio neto de cada uno de paquetes de atomizos empleados. Ahora bien, partiendo que el ensayo se realizó en condiciones medianamente controladas y debido al tamaño de las unidades experimentales que reducen el riesgo de variabilidad es que se aplicó un factor de ajuste o castigo de un 30% sobre dicha ganancia (cuadro 4).

Cuadro 5. Beneficio bruto proyectado de las aplicaciones realizadas en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	Precio/ ff (₡)	Productividad (ff/ ha)	Beneficio Bruto (₡)
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	₡87,500	46.7	₡4,086,250
Ciproconazol + Trifloxistrobina + Fosfito (2)	₡87,500	44.3	₡3,876,250
Epoconazol (3)	₡87,500	45.8	₡4,007,500
Epoconazol + Fosfito (4)	₡87,500	47.1	₡4,121,250
Epoconazol + Carbendacina (5)	₡87,500	45.7	₡3,998,750
Epoconazol + Carbendacina + Fosfito (6)	₡87,500	44.5	₡3,893,750
Epoconazol + Piraclostrobina (7)	₡87,500	47.1	₡4,121,250
Epoconazol + Piraclostrobina + Fosfito (8)	₡87,500	46.3	₡4,051,250
Testigo (9)	₡87,500	31.3	₡2,738,750

En cuanto al beneficio neto (Cuadro 6), el tratamiento con epoxiconazol + piraclostrobina (7) presentó el mayor ingreso neto ajustado mientras que el testigo (9) reportó la menor ganancia en relación al ingreso/ fanegas totales.

Cuadro 6. Calculo de beneficio neto, porcentaje de ajuste y beneficio neto ajustado en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	Ingreso bruto (₡)	CV/ ha (₡)	Beneficio neto (₡)	% Ajuste	Beneficio neto ajustado (₡)
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	₡4,086,250	₡285,359	₡3,800,891	₡1,140,267	₡2,660,623
Ciproconazol + Trifloxistrobina + Fosfito (2)	₡3,876,250	₡315,900	₡3,560,350	₡1,068,105	₡2,492,245
Epoxiconazol (3)	₡4,007,500	₡282,885	₡3,724,615	₡1,117,384	₡2,607,230
Epoxiconzol + Fosfito (4)	₡4,121,250	₡333,797	₡3,787,453	₡1,136,236	₡2,651,217
Epoxiconazol + Carbendacina (5)	₡3,998,750	₡258,667	₡3,740,083	₡1,122,025	₡2,618,058
Epoxiconazol + Carbendacina + Fosfito (6)	₡3,893,750	₡286,245	₡3,607,505	₡1,082,251	₡2,525,253
Epoxiconazol + Piraclostrobina (7)	₡4,121,250	₡305,634	₡3,815,616	₡1,144,685	₡2,670,931
Epoxiconazol + Piraclostrobina + Fosfito (8)	₡4,051,250	₡350,990	₡3,700,260	₡1,110,078	₡2,590,182
Testigo (9)	₡2,738,750	₡0	₡2,738,750	₡821,625	₡1,917,125

CV = costo variable; % Ajuste = 30% beneficio neto.

Análisis de dominancia y cálculo de Tasa Marginal de Retorno

Por metodología de la herramienta de presupuestos parciales, para el análisis de dominancia, los costos variables se acomodan de manera creciente.

De acuerdo con la metodología de presupuestos parciales, se establece que un tratamiento es **no dominado** sobre otro si su incremento en el costo también genera un incremento en el beneficio neto (Ávalos y Monge, 2018). Por definición, el de menor costo se considera no dominado.

Cuadro 7. Análisis de dominancia de los tratamientos aplicados en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	CV/ ha (€)	Beneficio neto ajustado (€)	Cambio en tratamientos	Dominancia
Testigo (9)	€0	€1,917,125	-	No Dominado
Epoxiconazol + Carbendacina (5)	€258,667	€2,618,058	T9 a T5	No Dominado
Epoxiconazol (3)	€282,885	€2,607,230	T5 a T3	Dominado
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	€285,359	€2,660,623	T3 a T1	No Dominado
Epoxiconazol + Carbendacina + Fosfito (6)	€286,245	€2,525,253	T1 a T6	Dominado
Epoxiconazol + Piraclostrobina (7)	€305,634	€2,670,931	T6 a T7	No Dominado
Ciproconazol + Trifloxistrobina + Fosfito (2)	€315,900	€2,492,245	T4 a T2	Dominado
Epoxiconazol + Fosfito (4)	€333,797	€2,651,217	T8 a T4	Dominado
Epoxiconazol + Piraclostrobina + Fosfito (8)	€350,990	€2,590,182	T7 a T8	Dominado

Debido a que el beneficio neto obtenido en cada tratamiento no corresponde al 100% por efecto del costo variable analizado (atomizo), sino que este es el resultado del conjunto de labores agrícolas realizadas durante el año en dicho lote, es que se debió determinar en qué porcentaje del ingreso corresponde el efecto de únicamente el costo variable.

Es de ahí que durante el año se llevó registro de todas las actividades (jornales) e insumos utilizados con el fin de determinar el costo total invertido en el lote Estadio (Anexo 6). Se calculó la proporción a la que corresponde el costo variable analizado en relación con el total del costo invertido en el lote Estadio durante el año (Cuadro 6), esto con el fin de poder comparar con mayor exactitud el beneficio obtenido contra el costo variable incurrido (Villalobos, 2018) para el cálculo de la tasa marginal de retorno en los tratamientos no dominados.

Cuadro 8. Cálculo de proporción del costo variable sobre el costo total en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	CV/ ha (₡)	Costo total lote Estadio	% proporción
Testigo (9)	0	₡2,493,405	0%
Epoxiconazol + Carbendacina (5)	₡258,667	₡2,493,405	10%
Epoxiconazol (3)	₡282,885	₡2,493,405	11%
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	₡285,359	₡2,493,405	11%
Epoxiconazol + Carbendacina + Fosfito (6)	₡286,245	₡2,493,405	11%
Epoxiconazol + Piraclostrobina (7)	₡305,634	₡2,493,405	12%
Ciproconazol + Trifloxistrobina + Fosfito (2)	₡315,900	₡2,493,405	13%
Epoxiconazol + Fosfito (4)	₡333,797	₡2,493,405	13%
Epoxiconazol + Piraclostrobina + Fosfito (8)	₡350,990	₡2,493,405	14%

En cuanto al costo total invertido en el lote Estadio, este fue de ₡2.493,405, el cual corresponde a las labores realizadas en un período de enero a octubre del 2017 (Anexo 6). En general el costo de atomizo por hectárea corresponde entre un 10-14% del costo total de manejo del lote experimental.

Cuadro 9. Cálculo beneficio neto proporcional en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Tratamiento	CV atomizo/ ha (₡)	% proporcional CV atomizo	Beneficio neto ajustado (₡)	Beneficio neto proporcional (₡)
Testigo (9)	₡0	0%	₡1,917,125	₡1,917,125
Epoxiconazol + Carbendacina (5)	₡258,667	10%	₡2,618,058	₡261,806
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	₡285,359	11%	₡2,660,623	₡292,669
Epoxiconazol + Piraclostrobina (7)	₡305,634	12%	₡2,670,931	₡320,512

CV = costo variable.

De acuerdo con el análisis de presupuestos parciales, entre los tratamientos no dominados, los ensayos realizados con epoxiconazol + carbendacina (5), ciproconazol + trifloxistrobina (1) y epoxiconazol + piraclostrobina (7) reportan los mayores beneficios netos con valores de ₡261,806, ₡292,669 y ₡320,512 respectivamente.

Cuadro 10. Calculo de la Tasa marginal de retorno (TMR) a partir del análisis de dominancia.

Tratamiento	CV/ ha (₡)	Beneficio neto proporcional (₡)	Δ BN	Δ CV	TMR (%)
					(Δ BNP / Δ CV) *100
Testigo (9)	₡0	₡0	-	-	-
Epoxiconazol + Carbendacina (5)	₡258,667	₡261,806	₡261,806	₡258,667	101%
Ciproconazol + Trifloxistrobina (1)	₡285,359	₡292,669	₡30,863	₡26,692	116%
Epoxiconazol + Piraclostrobina (7)	₡305,634	₡320,512	₡27,843	₡20,274	137%

CV = costo variable; BNP= beneficio neto; TMR = tasa marginal de retorno

6. DISCUSIÓN

Para el comienzo del proyecto, todos los tratamientos tenían una incidencia de roya inicial por encima del 5% y durante el todo el período del ensayo solamente el tratamiento aplicado con epoxiconazol + fosfito de potasio (4) logró mantener un nivel de incidencia por debajo de dicho valor hasta los 100 días de iniciado en ensayo, mientras que las demás aplicaciones alcanzaron el umbral a los 60 días (Figura 5). De ahí que se encuentra que ninguno de los tratamientos fue capaz de mantener un nivel de la enfermedad por debajo del umbral de daño económico (5%) definido para dicha enfermedad (Montes et.al, 2012).

La información meteorológica, se tomó de la estación del ICAFE ubicada en Poás de Alajuela, siendo esta la más cercana al lugar del ensayo. Como se observa durante el período del ensayo la temperatura promedio estuvo oscilante entre los 18 – 19 °C la cual de acuerdo con reportes de Barquero (2013) es una temperatura adecuada para el desarrollo de la infección de la enfermedad.

La temperatura promedio diaria estuvo dentro del rango adecuado para desarrollo de la enfermedad (Figura 2); por otra parte para el mes de octubre se manifestó un crecimiento exponencial en la incidencia, la que puede estar ligada al factor de que para dicho período, durante el intervalo de incubación del patógeno (aproximadamente 30 días) hubo una reducción de lluvias en aproximadamente 518mm (Figura 2), lo cual pudo haber resultado en un favorecimiento de la permanencia de las esporas (inóculo secundario), debido a que de acuerdo a lo indicado por Filho y De Melo (2015) un exceso en la precipitación, como la observada en los meses de Agosto y Septiembre (Figura 2) afectan directamente los nuevos ciclos del patógeno en la etapa de germinación y penetración de las esporas dado que las mismas pueden ser lavadas por el exceso de lluvia, por ende se afecta el período de infección.

El tratamiento del fungicida epoxiconazol + fosfito de potasio (4) reportó la menor acumulación de área afectada (anexo 7) en comparación con el sólo uso del ingrediente epoxiconazol y en general con las demás mezclas (incluyendo aquellos con uso de fosfito de potasio). De igual manera, se observa la tendencia de las pruebas con epoxiconazol + piraclostrobina + fosfito (8) y ciproconazol + trifloxistrobina + fosfito (2) a reportar un menor nivel de enfermedad (ABCDE) al contrastarlo con su respectiva aplicación de triazol solamente, lo cual concuerda con estudios realizados por Mendez et. al (2010) en cultivo de melón, en donde el uso de K_3PO_3 con fungicidas utilizados actualmente para el control de mildiú vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*) obtuvieron una reducción en el área del progreso de la enfermedad (7% menos) en relación con el manejo convencional.

En cuanto al control de lesiones curadas por parte de los tratamientos (Cuadro 2), se observa una diferencia significativa ($p < 0.0001$) en el uso fungicida

epoxiconazol en mezcla con el inductor de resistencia, reportando un 77% de lesiones controladas respecto al total de lesiones reportadas para dicho tratamiento. De igual manera se observa la tendencia de en qué los tratamientos epoxiconazol + fosfito (4), ciproconazol + trifloxistrobina + Fosfito (2), la aplicación del inductor de resistencia resultó en un mayor control de lesiones de Roya en un 13% y 7% respecto a los tratamientos con epoxiconazol (3) y ciproconazol + trifloxistrobina (1) correspondientes al uso triazol únicamente (Cuadro 2).

Por otra parte, para los tratamientos aplicados con los productos epoxiconazol + carbendacina y epoxiconazol + piraclostrobina, el uso de fosfito de potasio no generó un incremento en las lesiones que fueron curadas en dichos tratamientos. Esto puede deberse a que de acuerdo a lo reportado en el grado de defoliación de los tratamientos (Figura 7) en lo que se observa que a pesar de que el uso del inductor de resistencia logró reducir la defoliación en un 10% y 15% respectivamente para epoxiconazol + carbendacina y epoxiconazol + piraclostrobina; aun así, dichos tratamientos reportan defoliaciones por encima de un 65% lo cual afectó la comparación de las lesiones respecto al uso de solamente fungicida por motivo de que se mantenía un alto nivel de defoliación que dificultó dicha evaluación.

De acuerdo con el tema de la uniformidad en la productividad de cosecha (Cuadro 3), esto puede asociarse al hecho de que para el lote Estadio, el único costo variable que se realizó en cada tratamiento fue la atomización de los fungicidas con o sin el inductor de resistencia; ahora bien, todas las demás actividades de manejo de la finca se realizaron de igual manera para cada uno de los tratamientos (Anexo 6), por lo que se puede suponer, que de acuerdo con lo indicado por Méndez (2018) de que labores como la fertilización, poda y deshija, tienen una relación directa con la productividad, pueden estar influyendo en que las cosechas sean estadísticamente similares dado que esas labores se efectuaron de manera uniforme en la parcela experimental. A su vez, la planta de café, al ser un cultivo de ciclo largo, la probabilidad de observar el efecto de la implementación o eliminación de una tecnología en su paquete de manejo a corto

plazo es poco probable (Jiménez, 2018), por lo que concuerda con lo reportado en la productividad en las cuales solamente se varió la fumigación por lo que no debería ser fácil poder identificar su efecto en el primer año. Por su parte, de acuerdo con la fisiología del café, ésta va a presentar una bianualidad en sus cosechas (Altamirano, 2012) debido a que un año la planta utiliza sus recursos para la producción de tejido vegetativo (cosecha baja) y un año posterior en el que dicho segmento de bandola ya desarrollada, va a tener la madurez fisiológica para diferenciarse reproductivamente para producir cosecha en lugar de tejido vegetativo (cosecha alta).

Ahora bien, de acuerdo con la FAO (2015) la enfermedad de la roya impacta al cultivo no sólo de manera directa ocasionando defoliación de la planta, la cual afecta el rendimiento y calidad de tasa del grano para ese mismo año; sino que también, va a generar una ruptura del ciclo de la bianualidad, dado que dicha defoliación generada va obligar a la planta a desviar recursos a la producción de follaje que podría haberse invertido en el crecimiento de tejido nuevo (bandola o palmilla) o producción de cosecha.

Si comparamos lo expuesto anteriormente, si bien no se reportó diferencias significativas en la productividad de los tratamientos en el mismo año del ensayo (Cuadro 3); pero, dado que algunos tratamientos finalizaron la cosecha con altos niveles de incidencia (Figura 5) y defoliaciones por encima del 60% (Figura 7), se espera la tendencia de que para el siguiente ciclo del cultivo, las plantas van a requerir mayor cantidad de recursos en generación del follaje perdido por efecto de la enfermedad, reduciendo su potencial de floración comparado con aquellos tratamientos que reportaron menor ABCDE y defoliación, y por ende afectando la bianualidad del cultivo.

En cuanto al estudio realizado, partiendo del hecho de que no se observaron diferencias en cosecha (Cuadro 3), para términos de la metodología se esperaba que los tratamientos menos costosos fueran los más rentables debido a que las únicas variables de análisis para esta metodología son el ingreso neto y el costo variable definido. Aun así, dicha valoración económica no concuerda con las

variables agronómicas en donde el tratamiento de epoxiconazol + fosfito (4) reportó el menor ABCDE en relación con los tratamientos más rentables; a su vez, dicho tratamiento permitió aumentar la proporción de lesiones curadas de roya 9%, 14% y 11% (Cuadro 2) más con respecto a los tratamientos 5, 1 y 7 (no dominados). De ahí que, desde el punto de vista de una recomendación técnica, el uso de Epoxiconazol + inductor de resistencia (4) tiene una mejor respuesta en cuanto al control de roya, pero no se contempla dentro de los tratamientos considerados como “rentables” en un primer año de aplicación dado que no se ve reflejado en un aumento en la productividad.

Esto se asocia a lo mencionado anteriormente, en que la simple variación del uso de inductor de resistencia en la fumigación para control de roya tiene poco impacto en sobre la productividad para un año “uno” en un cultivo de ciclo largo (Jiménez, 2018), por lo que para el momento de evaluación del ensayo (año 1), el tratamiento menos costoso va a ser el más rentable desde el punto de vista de la metodología de presupuestos parciales.

Finalmente, de acuerdo con el cálculo de la tasa marginal de retorno, por metodología se descarta el tratamiento testigo para el análisis (ver sección 4.6), se observó que la aplicación con epoxiconazol + piraclostrobina (7) es el más rentable para el control de roya debido a que por cada colón (₡) invertido, se obtiene un beneficio neto de ₡0,37. Este es seguido por el uso de ciproconazol + trifloxistrobina (1) el cual reporta un beneficio de ₡0,16 por cada colón que se invierte. Por último, el uso de epoxiconazol + carbendacina (5) reporta que por cada colón que se utiliza solamente se logra recuperar ₡0,01 por lo que no se considera el menos rentable de los tratamientos no dominados.

7. CONCLUSIONES

1. El uso de la mezcla de epoxiconazol + fosfito (4) reportó una tendencia a ser una alternativa para el control de la roya del café dado que disminuye la cantidad de área foliar afectada por el patógeno e incrementa el número de lesiones curadas de lesiones curadas.
2. La aplicación del inductor de resistencia en mezcla con el ingrediente activo epoxiconazol (4) , reduce el efecto de defoliación característico que generan el uso de moléculas triazoles en el cultivo de café.
3. En un primer ciclo de cultivo, económicamente, no es rentable implementar el uso de fosfito de potasio en un paquete de manejo agronómico dado que no responde a un incremento en el beneficio neto.

8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una evaluación del proyecto a un año "dos" con el fin de determinar el efecto acumulativo de los tratamientos y así identificar su rentabilidad en un cultivo de ciclo largo como el café.
2. Realizar pruebas con el tratamiento agronómicamente más viable de epoxiconazol + fosfito utilizando como criterio para las fumigaciones los monitoreos de incidencia, con el fin de evaluar una posible reducción en el nivel de ABCDE y % de defoliación de las plantas.

9. LITERATURA CITADA

ABDEL, M. EL-MOUGY, N. ALY, M. LASHIN, S. 2012. Integration of biological and fungicidal alternatives for controlling foliar diseases of vegetables under greenhouse conditions. *International Journal of Agriculture and Forestry*. 2 (2): 38-48pp.

ACÍMOVIC, S. ZENG, Q. MCGHEE, G. SUNDIN, G. WISE, J. 2015. Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes. *Frontiers in Plant Science*. 16: 1-10pp.

ALPIZAR, M. CHACÓN, M. LÓPEZ, K. MEDAGLIA, C. MORA, E. MOREIRA, L. SEGURA, S. 2015. Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica 2014. San José, Costa Rica. PROCOMER. 23-25pp.

ALTAMIRANO, J. 2012. Influencia sobre la variabilidad climática en la producción de café (*coffea arabica L.*) en Honduras. Tesis de Maestría. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 26pp.

ANACAFÉ. 2013. Variedades de café resistentes a la Roya. *Revista El Cafetal*. 35: 3-5pp.

ARAYA, J. 2017. Rendimiento de café (comunicación personal). Costa Rica, Cartago, Cafinter.

ARAYA, J. 2018. Pago de fanega de café para la cosecha 2017-2018 (entrevista). Costa Rica, Cartago, Cafinter.

ÁVALOS, J. VILLALOBOS, A. 2018. Análisis económico: un estudio de caso en *Jatropha curcas L.* mediante la metodología de presupuestos parciales. *Agronomía Mesoamericana*. 29(1): 1-11pp.

BARQUERO, M. 2013. Recomendaciones para el combate de la Roya del cafeto. Tercera Edición. San José, Costa Rica. Litografía e Imprenta LIL S.A. 31-35pp.

BAUTISTA, N. SOTO, L. PEREZ, R. 2009. Tópicos selectos de estadísticas aplicados a la fitosanidad. Primera Edición. Texcoco, México. 182-187pp.

CHAVES, B. SANCHEZ, H. RODRIGUEZ, N. 1992. Tamaño, forma y número de parcelas para ensayos de producción de café variedad Caturra. Revista Cenicafé. 43 (2): 43-60pp.

FAO. 2015. Manejo agroecológico de la roya del café. Disponible en: <http://www.fao.org./3/a-i5137s.pdf>. Ciudad de Panamá, Panamá. Consultado el 12 de diciembre del 2018.

FILHO, V. ASTORGA, C. 2015. Prevención y control de la roya del café: manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores. Primera Edición. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 8-10pp.

FILHO, V. DE MELO, E. 2015. Prevención y control de la roya del café: manual para buenas prácticas para técnicos y facilitadores. Primera edición. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 38-42pp.

GARCÍA, R. PÉREZ, R. 2003. Fitoalexinas: mecanismo de defensa de las plantas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 9(1): 5-10pp.

GUTIÉRREZ, C. DE LA TORRE, R. 2007. Resistencia sistémica adquirida en plantas: estado actual. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 13(2): 157-162pp.

HERNANDEZ, A. BAUTISTA, S. VELASQUEZ, M. RODRIGUEZ, S. CORONA, M. SOLANO. A. 2005. Potencial del Quitosano en el control de las enfermedades postcosecha. 23(2): 198-205pp.

ICAFE. 2016. Costos de producción agrícola café fruta 2015-2016: Fincas de 26 a 34 Und.400 L/ha. Disponible en: http://www.icafe.cr/wp-content/uploads/informacion_mercado/costos_actividad/

produccion/CPACMedia1415.pdf. Heredia, Costa Rica. Visitado: 14 de marzo del 2017.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2015. VI Censo nacional agropecuario: Resultados generales. Primera Edición. San José, Costa Rica. INEC. 66pp.

IZQUIERDO, C. 2015. La construcción socio-histórica de la calidad del café y del banano de Costa Rica: Un análisis comparado 1890-1950. Revista Electrónica de Historia. 16(1): 269-274pp.

JIMENEZ, R. 2018. Variación de productividad en cultivos de ciclo largo (entrevista). Costa Rica, Santa María de Dota, Agroservicio el Sitio Agrícola.

KOWATA, L. ALVES, G. MOREIRA, L. MAY, L. 2012. Potassium, Calcium and copper phosphite to control peach rust and brown rot. IDESIA. 30 (3): 93-96pp.

LARA, L. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Tesis de Maestría. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1-2pp.

LAREDO, E. MARTINEZ, J. ILINÁ, A. GUILLEN, L. HERNANDEZ, F. 2017. Aplicación de ácido jasmónico como inductor de resistencia vegetal frente a patógenos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8(3): 673-683pp.

MÉNDEZ, E. 2018. Estudio de costos producción en el cultivo de café (entrevista). Costa Rica, Tres Ríos, Cafinter.

MENDEZ, W. ARAUZ, F. RÍOS, R. 2010. Evaluación de fungicidas convencionales e inductores de resistencia para el combate de mildiú veloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en melón (*Cucumis melo*). Agronomía Costarricense, 34(2): 153-164pp.

MONTES, C. ARMANDO, O. AMILCAR, R. 2012. Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento de cauca. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial. 10 (1): 98-108pp.

MOUGY, N. ABDEL, M. LASHIN, S. MEGAHEED, A. Fungicides Alternatives as Plant Resistance Inducers against Foliar Diseases Incidence of Some Vegetables Grown under Plastic Houses conditions. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*. 6:71-81pp.

RAMÍREZ, J. MUÑOZ, M. PATIÑO, L. MORALES, J. 2015. Manejo del Moko en banano con inductores de resistencia y dióxido de cloro. *Agronomía Colombiana* 33(2): 194-202pp.

REYES, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: Re-enseñando el uso de este enfoque. *Boletín Informativo CIAGROS 1-2001*. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, Guatemala.

SILVA, M. VÁRZEA, V. GUERRA, L. GIL, H. FERNANDEZ, D. PETITOT, A. BERTRAND, B. LASHERMES, P. NICOLE, M. 2006. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee Berry disease. *Plant Physiology*. 18 (1): 199-147.

VILLALOBOS, A. 2017. Consulta manejo de datos para evaluación de presupuestos parciales (entrevista). Costa Rica, Montes de Oca, Universidad de Costa Rica.

ZAMBOLIM, L. 2016. Current status and management of coffee leaf rust in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 41 (1): 1-8pp.

10. ANEXOS

Anexo 1. Descripción de la composición de los productos a utilizar para cada tratamiento.

Tratamiento	Producto	I.A.	Concentración	Formulación	Dosis
1	Esfera	Ciproconazol	8%	26.75 EC	0.5 L/Ha
		Trifloxistrobina	18.75%		
2	Esfera	Ciproconazol	8%	26.75 EC	0.5 L/Ha
		Trifloxistrobina	18.75%		
	Optimus	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O + Am		1 L/Ha	
3	Opus	Epoxiconazol	12.5%	12.5 SC	0.5 L/Ha
4	Opus	Epoxiconazol	12.5%	12.5 SC	0.5 L/Ha
	Optimus	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O + Am			1 L/Ha
5	Soprano	Epoxiconazol	12.5%	25 SC	0.5 L/Ha
		Carbendacina	12.5%		
6	Soprano	Epoxiconazol	12.5%	25 SC	0.5 L/Ha
		Carbendacina	12.5%		
	Optimus	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O + Am		1 L/Ha	
7	Opera	Epoxiconazol	5%	18.3 SE	0.6 L/Ha
		Piraclostrobina	13.3%		
8	Opera	Epoxiconazol	5%	18.3 SE	0.6 L/Ha
		Piraclostrobina	13.3%		
	Optimus	N + P ₂ O ₅ + K ₂ O + Am		1 L/Ha	
9	Testigo	Sin fungicida ni fosfito			

Anexo 2. Estimación de los costos variables en insumos para el atomizo del 31 de mayo del 2017 en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Fecha atomizo	Tratamiento	Insumos	Dosis (litro)	Gasto de insumos		
				Cant. Requerida (litro)	Costo (¢)/unidad (litro)	Costo insumo utilizado (¢)
31/5/2017	1	Esfera	0,25	0,016	¢31.000	¢484
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢40
	2	Esfera	0,25	0,016	¢31.000	¢484
		Optimus	0,50	0,031	¢6.750	¢211
	3	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢40
		Opus	0,25	0,016	¢16.300	¢255
	4	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢40
		Opus	0,25	0,016	¢16.300	¢255
	5	Optimus	0,50	0,031	¢6.750	¢211
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢40
	6	Sporano	0,25	0,016	¢14.767	¢231
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢40
	7	Sporano	0,25	0,016	¢14.767	¢231
		Optimus	0,50	0,031	¢6.750	¢211
	8	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢40
		Opera	0,33	0,021	¢27.200	¢561
	9	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢40
		Opera	0,33	0,021	¢27.200	¢561
9	Optimus	0,50	0,031	¢6.750	¢211	
	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢40	
9	-	-	-	¢0	¢0	

Anexo 3. Estimación de los costos variables en insumos para el atomizo del 3 de agosto del 2017 en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Fecha atomizo	Tratamiento	Insumos	Dosis (litro)	Gasto de insumos		
				Cant. Requerida (litro)	Costo (¢)/ unidad (litro)	Costo insumo utilizado (¢)
3/8/2017	1	Esfera	0,25	0,016	¢31.000	¢492
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢41
	2	Esfera	0,25	0,016	¢31.000	¢492
		Optimus	0,50	0,032	¢6.750	¢214
	3	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢41
		Opus	0,25	0,016	¢16.300	¢259
	4	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢41
		Opus	0,25	0,016	¢16.300	¢259
	5	Optimus	0,50	0,032	¢6.750	¢214
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢41
	6	Sporano	0,25	0,016	¢14.767	¢234
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢41
	7	Sporano	0,25	0,016	¢14.767	¢234
		Optimus	0,50	0,032	¢6.750	¢214
	8	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢41
		Opera	0,33	0,021	¢27.200	¢570
	9	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢41
		Opera	0,33	0,021	¢27.200	¢570
9	Optimus	0,50	0,032	¢6.750	¢214	
	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢41	
9	-	-	-	¢0	¢0	

Anexo 4. Estimación de los costos variables en insumos para el atomizo del 1 de noviembre del 2017 en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Fecha atomizo	Tratamiento	Insumos	Dosis (litro)	Gasto de insumos		
				Cant. Requerida (litro)	Costo (¢)/ unidad (litro)	Costo insumo utilizado (¢)
1/11/2017	1	Esfera	0,25	0,015	¢31.000	¢477
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢39
	2	Esfera	0,25	0,015	¢31.000	¢477
		Optimus	0,50	0,031	¢6.750	¢208
	3	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢39
		Opus	0,25	0,015	¢16.300	¢251
	4	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢39
		Opus	0,25	0,015	¢16.300	¢251
	5	Optimus	0,50	0,031	¢6.750	¢208
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢39
	6	Sporano	0,25	0,015	¢14.767	¢227
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢39
	7	Sporano	0,25	0,015	¢14.767	¢227
		Optimus	0,50	0,031	¢6.750	¢208
	8	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢39
		Opera	0,33	0,020	¢27.200	¢552
	9	Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢39
		Opera	0,33	0,020	¢27.200	¢552
		Optimus	0,50	0,031	¢6.750	¢208
		Drexel PAS 80	0,18	0,011	¢3.550	¢39
		-	-	-	¢0	¢0

Anexo 5. Costos de mano de obra para cada aplicación realizada en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Fecha atomizo	Tratamiento	Gasto Mano de Obra		
		Costo peón/ hora (₡)	Horas trabajadas	Costo aplicación (₡)
5/31/2017	1	₡10,000	0.35	₡3,500
	2	₡10,000	0.30	₡3,000
	3	₡10,000	0.33	₡3,300
	4	₡10,000	0.35	₡3,500
	5	₡10,000	0.33	₡3,300
	6	₡10,000	0.316	₡3,160
	7	₡10,000	0.30	₡3,000
	8	₡10,000	0.30	₡3,000
	9	₡10,000	0	₡0
8/3/2017	1	₡10,000	0.27	₡2,700
	2	₡10,000	0.32	₡3,167
	3	₡10,000	0.3	₡3,000
	4	₡10,000	0.35	₡3,500
	5	₡10,000	0.27	₡2,700
	6	₡10,000	0.3	₡3,000
	7	₡10,000	0.32	₡3,200
	8	₡10,000	0.37	₡3,700
	9	₡10,000	0	₡0
11/1/2017	1	₡10,000	0.25	₡2,500
	2	₡10,000	0.30	₡3,000
	3	₡10,000	0.30	₡3,000
	4	₡10,000	0.35	₡3,500
	5	₡10,000	0.25	₡2,500
	6	₡10,000	0.27	₡2,700
	7	₡10,000	0.30	₡3,000
	8	₡10,000	0.35	₡3,500
	9	₡10,000	0	₡0

Anexo 6. Reporte de actividades realizadas y gasto en insumos en el lote Estadio, Alajuela, Costa Rica, 2017.

Mes	Actividad	Costo mano Obra	Costo Insumo
Enero	Cosecha	₡55,057.07	₡0.00
	Aplicación herbicida	₡50,901.82	₡13,804.91
Marzo	Atomizo	₡36,404.09	₡80,084.93
	Poda selectiva	₡225,705.37	₡0.00
Mayo	Fertilización	₡22,216.12	₡305,993.60
	Atomizo	₡59,242.99	₡130,184.75
	Chapea	₡230,000.00	₡0.00
	Herbicida	₡51,837.62	₡10,427.31
Julio	Fertilización	₡41,516.94	₡315,000.00
	Atomizo	₡51,346.04	₡102,091.89
Agosto	Deshija	₡7,263.55	₡0.00
	Encalado	₡3,216.30	₡54,900.00
	Herbicida	₡174,325.30	₡59,033.20
Septiembre	Fertilización	₡41,516.94	₡234,000.00
Octubre	Atomizo	₡36,675.75	₡100,659.28
Total general		₡1,087,225.93	₡1,406,179.86

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable de ABCDE.

ABCDE

Análisis Varianza						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	55,257.00	8	6,907.13	49.37	< 0.0001	
Tratamiento	55,257.00	8	6,907.13	49.37	< 0.0001	
Error	6,295.92	45	139.91			
Total	61,552.92	53				

LSD Fisher						
	Medias	n	EE	Significancia		
Opus + Fosfito (4)	14.24	6	4.43	A		
Opera + Fosfito (8)	29.47	6	4.43	B		
Esfera + Fosfito (2)	32.23	6	4.43	B C		
Opera (7)	32.64	6	4.43	B C		
Esfera (1)	35.94	6	4.43	B C		
Opus (3)	37.44	6	4.43	B C		
Soprano + Fosfito (6)	37.47	6	4.43	B C		
Soprano (5)	43.84	6	4.43	C		
Testigo (9)	131.72	6	4.43	D		

Anexo 8. Análisis de varianza para la proporción de lesiones curadas.

Proporción lesiones curadas

Análisis Varianza						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1.93	8	0.24	40.19	< 0.0001	
Tratamiento	1.93	8	0.24	40.19	< 0.0001	
Error	0.26	44	0.1			
Total	2.20	52				

LSD Fisher						
	Medias	n	EE	Significancia		
Testigo (9)	0.03	6	0.03	A		
Opera + Fosfito (8)	0.62	6	0.03	B		
Esfera (1)	0.63	6	0.03	B		
Opus (3)	0.64	6	0.03	B		
Soprano + Fosfito (6)	0.65	6	0.03	B		
Opera (7)	0.66	6	0.03	B		
Soprano (5)	0.68	6	0.03	B C		
Esfera + Fósfito (2)	0.70	6	0.03	B C		
Opus + Fosfito (4)	0.77	6	0.03	C		

Anexo 9. Análisis de varianza para la defoliación.

Defoliación

Análisis Varianza						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1.21	8	0.15	10.07	< 0.0001	
Tratamiento	1.21	8	0.15	10.07	< 0.0001	
Error	0.68	45	10.2			
Total	1.89	53				

LSD Fisher						
	Medias	n	EE	Significancia		
Opus + Fosfito (4)	0.48	6	0.05	A		
Opera + Fosfito (8)	0.52	6	0.05	A		
Opera (7)	0.67	6	0.05		B	
Opus (3)	0.69	6	0.05		B	
Esfera (1)	0.75	6	0.05		B	C
Esfera + Fósfito (2)	0.76	6	0.05		B	C
Soprano + Fosfito (6)	0.76	6	0.05		B	C
Soprano (5)	0.86	6	0.05			C
Testigo (9)	1.00	6	0.05			C
						D
						D

Anexo 10. Análisis de varianza para variables de productividad

Productividad (cajuelas/ tratamiento)

Análisis Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15,163.40	8	1,895.43	3.92	< 0.0002
Tratamiento	15,163.40	8	1,895.43	3.92	< 0.0002
Error	126,268	261	483.78		
Total	141,431.20	269			

LSD Fisher				
	Medias	n	EE	Significancia
Testigo (9)	22.5	6	4.02	A
Esfera + Fosfito (2)	31.2	6	4.02	B
Soprano + Fosfito (6)	31.9	6	4.02	B
Soprano (5)	32.8	6	4.02	B
Opus (3)	32.9	6	4.02	B
Opera + Fosfito (8)	33.3	6	4.02	B
Esfera (1)	33.6	6	4.02	B
Opera (7)	33.8	6	4.02	B
Opus + Fosfito (4)	33.9	6	4.02	B

Productividad (cajuelas/ ha)

Análisis Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,377,708.72	8	297,213.59	3.93	< 0.0002
Tratamiento	2,377,708.72	8	297,213.59	3.93	< 0.0002
Error	19,722,520	261	75565.21		
Total	22,100,229.00	269			

LSD Fisher				
	Medias	n	EE	Significancia
Testigo (9)	625,87	6	50.19	A
Esfera + Fosfito (2)	866,77	6	50.19	B
Soprano + Fosfito (6)	888,73	6	50.19	B
Soprano (5)	911, 70	6	50.19	B
Opus (3)	915,73	6	50.19	B
Opera + Fosfito (8)	925,17	6	50.19	B
Esfera (1)	933,53	6	50.19	B
Opera (7)	941,53	6	50.19	B
Opus + Fosfito (4)	942, 20	6	50.19	B

Productividad (ff/ ha)

Análisis Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,925.49	8	740.68	3.92	< 0.0002
Tratamiento	5,925.49	8	740.68	3.92	< 0.0002
Error	49,363	261	189.13		
Total	55,288.61	269			

LSD Fisher				
	Medias	n	EE	Significancia
Testigo (9)	31,33	6	2.51	A
Esfera + Fosfito (2)	44,43	6	2.51	B
Soprano + Fosfito (6)	44,53	6	2.51	B
Soprano (5)	45,53	6	2.51	B
Opus (3)	45,83	6	2.51	B
Opera + Fosfito (8)	46,30	6	2.51	B
Esfera (1)	46,70	6	2.51	B
Opera (7)	47,10	6	2.51	B
Opus + Fosfito (4)	47,10	6	2.51	B