

Universidad San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Agronomía tropical.



TRABAJO DE GRADUACION.

Evaluación de cuatro productos orgánicos para el control de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Roya del café en finca Esperanza Zunilito, Suchitepéquez, Guatemala.

Por:
T.P.A. Pablo Daniel Durán Sandoval.
Carné: 201540911.
Correo: sandoval23d@hotmail.com

Mazatenango, Suchitepéquez. Mayo de 2023.

Universidad San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Agronomía tropical.



TRABAJO DE GRADUACION.

Evaluación de cuatro productos orgánicos para el control de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Roya del café en finca Esperanza Zunilito, Suchitepéquez, Guatemala.

Por:

T.P.A. Pablo Daniel Durán Sandoval.

Carné: 201540911.

Ph. D. Mynor Raul Otzoy Rosales.

Supervisor - Asesor de EPS.

Mazatenango, Suchitepéquez. Mayo de 2023.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES TPA.

Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Román Espinoza Antón
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.S. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA.

A:

Dios: Por darme sabiduría y guiarme en todo momento, por sus infinitas bendiciones cada día y demostrarme su amor incondicional.

Mis padres: Isaías Durán Valenzuela y Claudia Yosamara Sandoval López: por el esfuerzo y sacrificio que han hecho para que pueda cumplir mis metas, por sus sabios consejos y haberme enseñado buenos valores y principios, pero sobre todo enseñarme el temor de Dios.

Mis hermanos: Josué Isaías Durán Sandoval, Gerson Efraín Durán Sandoval, José David Durán Sandoval y Samuel Edmundo Durán Sandoval por estar siempre presentes y darme su apoyo en todo momento, sin importar las situaciones, asimismo también a José Daniel Sandoval López, quien fue un hermano más que Dios me permito tener, que en paz descanses.

Mis abuelos: María Esperanza López Chapetón, Edmundo Sandoval Rodríguez, Melecio Durán Méndez y Juana de Jesús Valenzuela, por ser parte importante en mi vida y aconsejarme en todo momento, que en paz descansen.

Mi familia: En especial a mi sobrina Olivia Eliette Durán de León y Ruby de León Cardona, a mis tíos y primos Durán y mi familia Sandoval, por instarme a cumplir mis metas.

Mis amigos: En especial a Ana Luarca, Bennson Corzo, Mario Gómez, Raúl Gómez, Rodrigo del Valle y Javier Fernández. Por apoyarme incondicionalmente en todo momento y por estar siempre presentes.

AGRADECIMIENTOS.

A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Suroccidente por permitirme ser parte de la casa de estudios superior, formándome académicamente.

Los Docentes del Centro Universitario de Suroccidente, por compartir su conocimiento y experiencias de forma profesional.

Al Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales, por brindarme su apoyo y amistad, por compartir sus conocimientos, guiándome de forma profesional y sobre todo motivándome en la etapa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

A doña Ana Vizcaino Bonifasi y personal de finca Esperanza, por darme la oportunidad de llevar a cabo mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

A Ing. José Carlos Martínez, por enseñarme y apoyarme en mi desarrollo laboral, compartiendo sus conocimientos y aconsejarme en todo momento.

INDICE GENERAL.

Contenido.	Página.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
1. Marco conceptual.....	2
1.1. Antecedentes históricos del café en Guatemala.....	2
1.2. El cultivo de café <i>C. arábica</i>	2
1.3. Clasificación botánica.	3
1.4. Importancia económica.....	4
1.5. <i>Hemileia vastatrix</i> , Roya del café.....	4
1.5.1. Sintomatología de la roya del café.	5
1.5.2. Ciclo de vida de <i>H. vastatrix</i>	7
1.6. Factores que facilitan la propagación <i>H. vastatrix</i>	8
1.6.1. Ambientales.....	8
1.6.2. Biológicos.....	9
1.7. Factores que afectan el desarrollo de <i>H. vastatrix</i>	9
1.8. Microorganismos en la agricultura.	10
1.9. Influencia de la temperatura sobre el crecimiento de los microorganismos..	11
1.10. Control biológico.....	11
1.11. Hongos y bacterias como mecanismos de control biológico.	11
1.12. Manejo biológico de <i>H. vastatrix</i> , roya del café.....	12
1.13. Microorganismos para el control biológico de enfermedades.....	13
1.13.1. <i>Bacillus subtilis</i>	13
1.13.2. <i>Lecanicillium lecanii</i>	14
1.13.3. ¿Qué es el lombricompost?.....	14
1.13.4. ¿Qué beneficios produce?	14
1.14. Uso de emulsión de lombricompost para control <i>H. vastatrix</i>	15
1.15. ¿Qué es la incidencia y severidad?	15
1.15.1. Incidencia.	15
1.15.2. Severidad.	16
1.16. ¿Cómo se calculan?	16
1.17. ¿Qué es una certificación orgánica?	17
1.18. ¿Qué es la rentabilidad?.....	18

1.18.1. ¿Cómo calcular la rentabilidad de un producto?	18
1.18.2. La rentabilidad en productos biológicos.	18
2. Marco referencial.	19
2.1. Nombre de la finca.....	19
2.2. Localización de la investigación.....	19
2.3. Ubicación geográfica.	19
2.4. Certificaciones de finca Esperanza.....	20
2.5. Productos orgánicos evaluados.....	20
2.5.1. Lecatrol.	21
2.5.2. ROYANO 25 EW.....	21
2.5.3. TIMOREX GOLD EC.....	21
2.5.4. Lombricompost.....	21
III. OBJETIVOS.....	23
1. General. 23	
2. Específicos.....	23
IV. HIPOTESIS.	24
V. MATERIALES Y METODOS.	25
1. Materiales utilizados.....	25
2. Diseño experimental para evaluación de productos sobre control de <i>H. vastatrix</i>	25
2.1. Productos orgánicos utilizados.	26
2.2. Tratamientos.....	26
2.3. Modelo estadístico.....	27
2.4. Unidad experimental.....	27
2.5. Croquis de repeticiones.	28
3. Medición de variable respuesta.....	29
3.1. Incidencia.....	29
3.2. Severidad.....	29
4. Determinación de las condiciones climáticas.....	31
5. Análisis estadístico.....	31
5.1. Análisis de rentabilidad.....	31
5.1.1. Cálculo de rendimiento.....	31
VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	33

1. Determinación del producto orgánico comercial que generó mayor control sobre <i>H. vastatrix</i> , Roya del café.	33
1.1. Incidencia.....	33
1.1.1. Análisis de la varianza.....	35
1.2. Severidad.	37
1.2.1. Análisis de la varianza.	39
2. Determinación de las condiciones climáticas, (temperatura, precipitación, humedad relativa) durante la evaluación de productos orgánicos sobre el control de <i>H. vastatrix</i>	42
3. Realización del análisis de costos entre los tratamientos evaluados.	45
3.1. Costo por tratamiento.	46
3.1.1. Tratamiento 1: Sin control.	46
3.1.2. Tratamiento 2: Emulsión de lombricompost.	46
3.1.3. Tratamiento 3: Timorex gold.....	47
3.1.4. Tratamiento 4: Lecatrol.....	47
3.1.5. Tratamiento 5: Royano.	47
3.1.6. Costo de fertilización.	48
3.1.7. Costo de motobombas fumigadoras.....	49
3.1.8. Costo de combustible.	49
3.1.9. Costo de poda en árboles de sombra.....	50
3.1.10. Costo de limpieza de malezas.....	50
3.1.11. Costo de cosecha.....	51
3.1.12. Costos totales por tratamiento.....	52
3.1.13. Producción de café por tratamiento.....	53
VII. CONCLUSIONES.....	54
VIII. RECOMENDACIONES.	55
IX. REVISION BIBLIOGRAFICA.	56
X. ANEXOS.....	60

INDICE DE CUADROS.

Cuadro	Título	Página
1:	Clasificación taxonómica del cultivo de café.	3
2:	Clasificación taxonómica de la roya del café.	5
3:	Certificaciones que posee finca Esperanza.	20
4:	Dosis de productos orgánicos evaluados.	26
5:	Descripción de tratamientos evaluados	26
6:	Promedio de incidencia de <i>H. vastatrix</i> roya del café en cada tratamiento.	33
7:	Análisis de la varianza en la incidencia de roya (SC tipo III)	35
8:	Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia en los tratamientos evaluados.	36
9:	Promedio de severidad de <i>H. vastatrix</i> por tratamiento.	37
10:	Análisis de la Varianza de severidad (SC tipo III).	39
11:	Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia en severidad de <i>H. vastatrix</i> evaluada en los tratamientos.	40
12:	Costos de productos de tratamiento dos (Emulsión de lombricompost).	46
13:	Costos de productos del tratamiento tres (Timorex Gold).	47
14:	Costo de productos de tratamiento cuatro (Lecatrol).	47
15:	Costos de productos tratamiento cinco (Royano).	48
16:	Costos de fertilización por tratamiento.	48
17:	Costos totales por tratamiento.	52
18:	Producción de café por tratamiento.	53
19:	Boleta de muestreo para determinar incidencia de roya del café.	65
20:	Boleta de muestreo para determinar severidad de roya del café.	65
21:	Primera lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.	66
22:	Segunda lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.	66
23:	Tercera lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.	66
24:	Cuarta lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.	67
25:	Quinta lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.	67
26:	Primera lectura de severidad en los tratamientos evaluados.	67
27:	Segunda lectura de severidad en los tratamientos evaluados.	68
28:	Tercera lectura de severidad en los tratamientos evaluados.	68
29:	Cuarta lectura de severidad en los tratamientos evaluados.	68
30:	Quinta lectura de severidad en los tratamientos evaluados.	69

INDICE DE FIGURAS.

Figura.	Título.	Página.
1:	Exportaciones de café de Guatemala del 2010 al 2020.	4
2:	Ciclo de vida <i>H. vastatrix</i> , roya del café.....	7
3:	Etapas de desarrollo de <i>H. vastatrix</i> , roya del café.	8
4:	Colonias de <i>B. subtilis</i> cultivadas en una placa TSA.	13
5:	<i>L. lecanii</i> parasitando <i>H. vastatrix</i> , en hojas de café.....	14
6:	Grados de calificación para severidad.....	16
7:	Diagrama del grado de la escala de severidad.....	17
9:	Ubicación geográfica de finca Esperanza.....	19
11:	Modelo estadístico de bloques completamente al azar.	27
12:	Unidad experimental.....	27
13:	Croquis de la distribución de bloques.....	28
14:	Escala de severidad de roya.	30
15:	Gráfica comparativa de incidencia de roya en relación a los tratamientos.	34
16:	Gráfica de diferencia significativa en los tratamientos.....	37
17:	Comparación de severidad de <i>H. vastatrix</i> en relación a los tratamientos.	38
18:	Diferencia significativa en los tratamientos.....	41
19:	Distribución de precipitación mensual del año 2021.....	42
20:	Temperatura mensual del año 2021.....	43
21:	Comparación de precipitación con incidencia de <i>H. vastatrix</i> , del testigo.....	44
22:	Comparación de precipitación con incidencia de <i>H. vastatrix</i> , de los tratamientos.	45
10:	A) Productos orgánicos evaluados; B) Preparación	60
23:	Área de evaluación de productos	61
24:	Muestreo de incidencia de roya	61
25:	Preparación de productos.....	62
26:	Esporas de roya del café parasitada con.....	62
27:	Escala de severidad de roya del café <i>H. vastatrix</i>	63
28:	Cosecha de café <i>C. arabica</i> , de cada tratamiento.....	63
29:	Secado de café <i>C. arábica</i> , en zarandas de secador solar.	64
30:	Gráfica de comparación de precipitación de los años 2018, 2019, 2020 y 2021....	64

RESUMEN.

En el presente documento se describe la evaluación de cuatro productos orgánicos para el control de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Roya del café, en la variedad Caturra, establecida en finca Esperanza, ubicada en el municipio de Zunilito, Suchitepéquez. Para ello se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, debido a que era el que mejor se adaptaba a dicha evaluación. Mediante los grados de libertad del error se establecieron cinco repeticiones para el diseño del experimento, siendo los productos evaluados: Royano, Lecatrol, Timorex gold y una emulsión de humus de lombriz.

Se evaluaron cinco tratamientos, siendo el número uno el testigo absoluto sin ningún control, fueron realizadas cuatro aplicaciones de los productos con intervalos de 21 días, se hizo un total de cinco mediciones del porcentaje de incidencia y severidad para determinar su comportamiento, una de ellas fue previo a la aplicación de los productos, la variable respuesta fue la incidencia y severidad de *H. vastatrix* roya del café.

Para el análisis estadístico se realizó una conversión a arcoseno de la raíz cuadrada de los datos obtenidos en porcentaje, posteriormente se realizó un análisis de varianza. En donde se determinó que existió diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, por lo que se llevó a cabo una prueba de medias de Tukey al 5% de significancia, en el que se observó que el mejor tratamiento evaluado sobre el control de roya fue el tratamiento cinco (Royano) con una media de 8.03% de incidencia, sin embargo, no existió diferencia significativa entre los tratamientos 3 (Timorex Gold) con media de 10.10% y tratamiento 4 (Lecatrol) con media de 12.03% de incidencia.

A través de un análisis de costos se determinó que el tratamiento cinco (Royano) presentó mayor relación beneficio/costo teniendo un margen de ganancia de Q 5,668.09/ha. siendo el mejor tratamiento evaluado.

SUMMARY.

This document describes the evaluation of four organic products for the control of *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Coffee rust, in the Caturra variety, established on the Esperanza farm, located in the municipality of Zunilito, Suchitepéquez. For this, a completely randomized block design was produced, since it was the one that best suited this evaluation. Through the degrees of freedom of the error, five repetitions will be produced for the design of the experiment, being the products evaluated: Royano, Lecatrol, Timorex gold and an emulsion of worm humus.

Five treatments were evaluated, number one being the absolute control without any control, four applications of the products were made with intervals of 21 days, a total of five measurements of the percentage of incidence and severity were made to determine their behavior, one of them was prior to the application of the products, the response variable was the incidence and severity of *H. vastatrix* coffee rust.

For the statistical analysis, a conversion to arcsine of the square root of the data obtained in percentage was performed, then an analysis of variance was performed. Where it will be added that there was a significant difference between the evaluated treatments, for which a Tukey means test was carried out at 5% significance, in which it was shown that the best treatment evaluated on rust control was the treatment five (Royano) with a mean incidence of 8.03%, however, there was no significant difference between treatments 3 (Timorex Gold) with a mean of 10.10% and treatment 4 (Lecatrol) with a mean of 12.03% of incidence.

Through a cost analysis, it will be required that treatment five (Royano) present a higher benefit/cost ratio, having a profit margin of Q 5,668.09/ha. being the best evaluated treatment.

I. INTRODUCCIÓN.

La siguiente investigación fue realizada en Finca Esperanza ubicada en el municipio de Zunilito Suchitepéquez, Guatemala, a una distancia de 179 kilómetros de la ciudad de Guatemala, se encuentra a una altura promedio de 1,380 msnm, y sus coordenadas geográficas están en latitud 14°39'11.63" N, longitud 91°29'18.83" W, teniendo un área total cultivada de 55 ha. de *Coffea arabica* café.

El diagnóstico preliminar, dio por resultado que en la finca, el problema de mayor importancia era el ataque de *H. vastatrix*, lo cual se evidenciaba con incidencia de 70.5% y una severidad de 60%, muy por encima de los umbrales económicos que son utilizados a nivel nacional, de 5-7% de incidencia.

La finca se encuentra certificada como área de producción orgánica, por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA Organic, por lo que no se pueden utilizar productos químicos para el control de plagas y enfermedades, por ello solo se usan productos orgánicos. El objetivo general de la investigación, se planteó como propósito la evaluación de cuatro productos orgánicos comerciales Royano, Lecatrol, Timorex gold y una emulsión de humus de lombriz y su efecto en el control de *H. vastatrix*, Roya del café.

Para ello se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, teniendo como variable de respuesta incidencia y severidad de *H. vastatrix*, roya del café.

Por medio del análisis de varianza, pudo identificarse el mejor producto para el control del hongo en época de invierno. Para el efecto se usaron 4 aplicaciones a intervalos de 21 días y haciendo uso de cinco muestreos, se midió la incidencia y severidad de los ataques. La primera lectura se hizo antes de la aplicación de los productos, lo cual permitió trazar una línea basal de incidencia, para luego estimar los niveles de control.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

1. Marco conceptual.

1.1. Antecedentes históricos del café en Guatemala.

Coffea arabica, es originario de Etiopia de la región que circunda el lago Tana, África. En Guatemala los padres Jesuitas introdujeron el cafeto en 1760, quienes lo trajeron como planta ornamental para sus jardines en Antigua Guatemala. El primer registro del cafeto en plantación data de 1800 como un cultivo en las orillas de la ciudad de Guatemala sembrado por don Juan Rubio y Gemir. (Dávila, 2013, p. 5)

Según Dávila, (2013, p. 6), a partir de 1860 surgen las fincas más grandes dedicadas al cultivo del cafeto en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Suchitepéquez, Retalhuleu, Escuintla, Alta Verapaz, Jutiapa y Quetzaltenango, donde cobra particular renombre el café de Costa Cuca. En 1865 el café de Guatemala se hace presentar en la exhibición internacional de París. A partir de 1871 su cultivo era un negocio lucrativo, se constituyó en el principal renglón de la economía de la nación y pasó a ocupar el primer lugar entre los artículos de exportación.

Desde sus inicios, el sector caficultor ha sido parte importante de la historia y de la economía del país. La caficultura ha logrado ser por muchos años la base de la actividad agrícola de Guatemala impulsando el desarrollo del país y de todas aquellas personas que viven de su cultivo. En Guatemala se encuentran plantaciones en todo el territorio nacional ya sea en terrenos quebrados, laderas o montañas.

1.2. El cultivo de café *C. arábica*.

Según ANACAFE, (2010 p. 2), Guatemala produce excelentes cafés, muy cotizados en los mercados internacionales. Su calidad proviene desde su origen, diferentes altitudes que permiten el cultivo de café de altura en casi toda la geografía nacional; variedad de microclimas con patrones de lluvia altamente beneficiosos, suelos ricos en minerales, abundantes fuentes de agua, son algunas de las variables que hacen especiales a los cafés de Guatemala.

Anacafé ha realizado la promoción de los cafés de Guatemala, clasificándoles en ocho regiones: Acatenango, Antigua, Atitlán, Cobán, Fraijanes, Huehuetenango, Nuevo Oriente y San Marcos.

Todos los cafés de altura de Guatemala presentan una combinación de dulces, balanceados y elegantes sabores en la que desarrollan un delicioso aroma, acidez placentera, mucho cuerpo y delicada dulzura.

1.3. Clasificación botánica.

Según Monroig, (1999, p. 2), Linneo clasificó el cafeto en un grupo de plantas afines y creó para él el género *Coffea*. Más tarde, Jussie incorporó ese grupo de plantas dentro de la familia *Rubiaceas*.

Dentro del género *Coffea* existen alrededor de 6 mil especies descritas. Las especies más importantes comercialmente son conocidas según la clasificación de Linneo como la arábica o arábica y *Coffea*. Y la clasificada por Pierre Ex Froehner como *C. canephora* también conocida como “robusta”.

Cuadro 1: Clasificación taxonómica del cultivo de café.

CLASIFICACION TAXONOMICA	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Gentianales</i>
Familia	<i>Rubiaceae</i>
Subfamilia	<i>Ixoroideae</i>
Tribu	<i>Coffeae</i>
Género	<i>Coffea</i>
Especies	<i>arabica, canephora, liberica, deweri, entre otras.</i>

Fuente: Monroig, (1999).

1.4. Importancia económica.

En el año 2019 las exportaciones de café de Guatemala fueron de US\$ 615.9 millones de dólares un 2.7% menos que el año anterior en valores y un 5.3% más en volumen. El precio promedio recibido por kilo exportado también tiene una contracción del 7.6% o 0.26 centavos de dólar menos por kilo exportado. La especie económicamente más importante de café es *Coffea arabica* la cual constituye aproximadamente el 80-90% de la producción mundial.

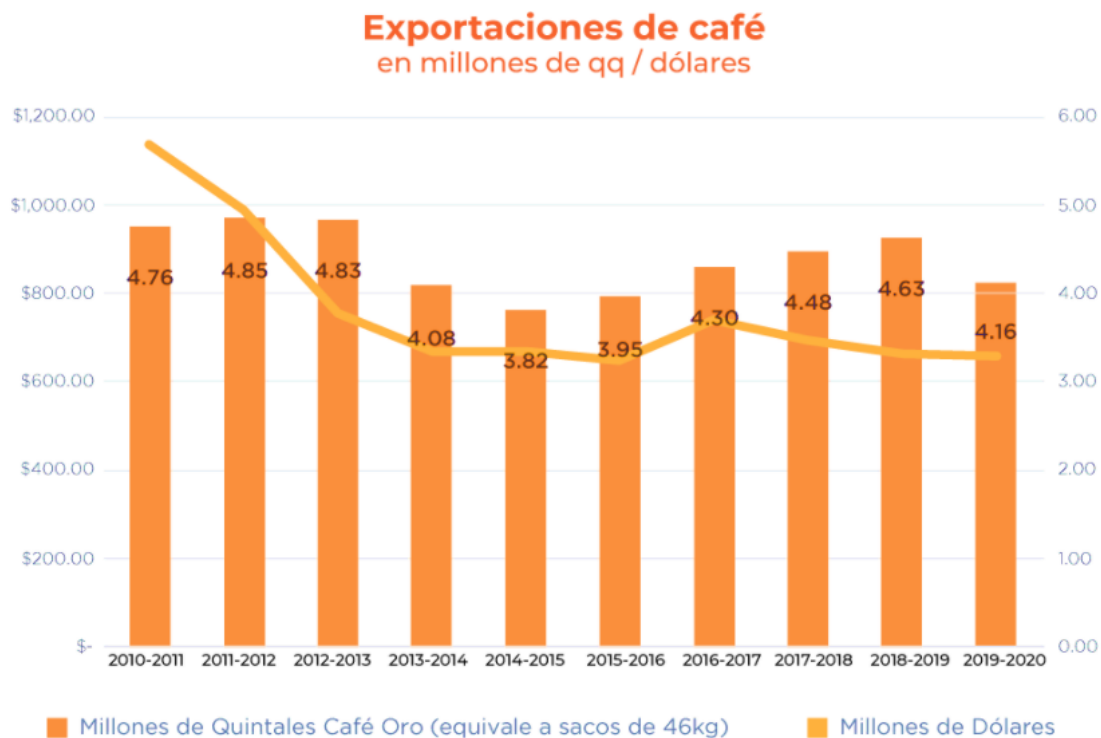


Figura 1: Exportaciones de café de Guatemala del 2010 al 2020.

Fuente: ANACAFE, (2020).

1.5. *Hemileia vastatrix*, Roya del café

Según CENICAFE, (2015 p.16), *H. vastatrix* es la principal enfermedad en el cultivo. Está íntimamente ligada al desarrollo fisiológico del cultivo, al nivel de producción de la planta como también en la distribución y cantidad de lluvia. A continuación, se muestra su clasificación taxonómica.

Cuadro 2: Clasificación taxonómica de la roya del café.

<u>Taxonomía</u>	
Reino:	<i>Fungi</i>
División:	<i>Basidiomycota</i>
Clase:	<i>Pucciniomycetes</i>
Orden:	<i>Pucciniales</i>
Género:	<i>Hemileia</i>
Especie:	<i>H. vastatrix</i> <i>BERK. & BROOME (1869)</i>

Fuente: (Kirk, Cannon , & Stalpers, 2008)

La roya del café es causada por *H. vastatrix* Berk & Br. El micelio de este hongo se encuentra dentro del mesófilo, (Rayner, 1972, p. 94). Existen más de 30 razas fisiológicas identificadas para el género *Hemileia*. La más generalizada a nivel mundial es la raza II. La esporulación de la roya es a través de los estomas en pedicelos reunidos en racimos, uredosporas unicelulares y binucleadas, reniformes equinuladas dorsalmente y lisas ventralmente, producidas en abundancia en las pústulas. (Chalfoun, 1997, p. 121-122).

1.5.1. Sintomatología de la roya del café.

Los primeros síntomas aparecen por debajo de las hojas, en forma de manchas cubiertas por un polvillo amarillo, anaranjado, o de color ladrillo. Inicialmente el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm o más. Cuando la enfermedad ha avanzado, en el centro de la lesión o mancha se observa una coloración negruzca que se debe a la muerte del tejido de la hoja. La planta se debilita, las hojas enfermas se caen y la producción de café disminuye considerablemente. (FONAIAP, 1984, p. 49).

Uno o dos días después de su aparición, la mancha toma un color anaranjado y la superficie se torna polvorienta porque no forman esporas. Cuando las manchas de la hoja son atacadas por el hongo envejecen, su centro muere, se torna marrón oscuro y se seca. La formación de esporas en estas áreas muertas cesa y con frecuencia las 8 esporas presentes tienden a volverse grisáceas y pueden, en gran parte, desaparecer.

La pérdida del color amarillento-anaranjado típico de las esporas puede acelerarse con la presencia de un hongo blancuzco, parasítico, *Verticillium hemileia* Bour. En etapas avanzadas del ataque la mayor parte del área afectada muere y solamente de vez en cuando, cerca del margen, sobreviven áreas amarillento-anaranjadas portadoras de esporas. Las lesiones comúnmente pueden ser limitadas por la nervadura principal y con menos frecuencia por una vena lateral, pero a veces estas barreras apenas retardan la expansión de una lesión o tienen poco efecto..

Cuando hay áreas grandes de la hoja infectadas por la enfermedad, las áreas adyacentes, no infectadas, también pueden secarse y morir, afectando con frecuencia la hoja entera, un árbol afectado severamente puede perder gran parte de su follaje, lo que a su vez puede conducir a una muerte descendente más o menos pronunciada de sus ramas. Este efecto depende del clima reinante en ese momento, de la cosecha que produce el árbol y de la reserva de carbohidratos. Algunos frutos han sido encontrados con lesiones color marrón claro y oscuro, sobre los cuales se produjeron capas de esporas naranja. En general todas las especies de café son atacadas en mayor o menor grado por *Hemileia vastatrix*, como también las especies silvestres. La planta de café es susceptible al ataque de la roya durante todas las etapas de su desarrollo, desde el estado cotiledonear hasta la etapa productiva en el campo. (Subero, 2005 p. 81-83).

1.5.2. Ciclo de vida de *H. vastatrix*.

Según Rayner, (1972, p. 68), la germinación de las uredosporas en el envés de una hoja de café mojada puede comenzar solamente en una hora. Una uredospora germinará normalmente a través de varios poros germinativos, pero solamente uno tendrá éxito en su crecimiento, luego crece un tubo germinativo que permanece sin ramificarse por algún tiempo, pasándole el contenido anaranjado y granuloso de la espora. Después puede formar ramificaciones; de crecimiento limitado.

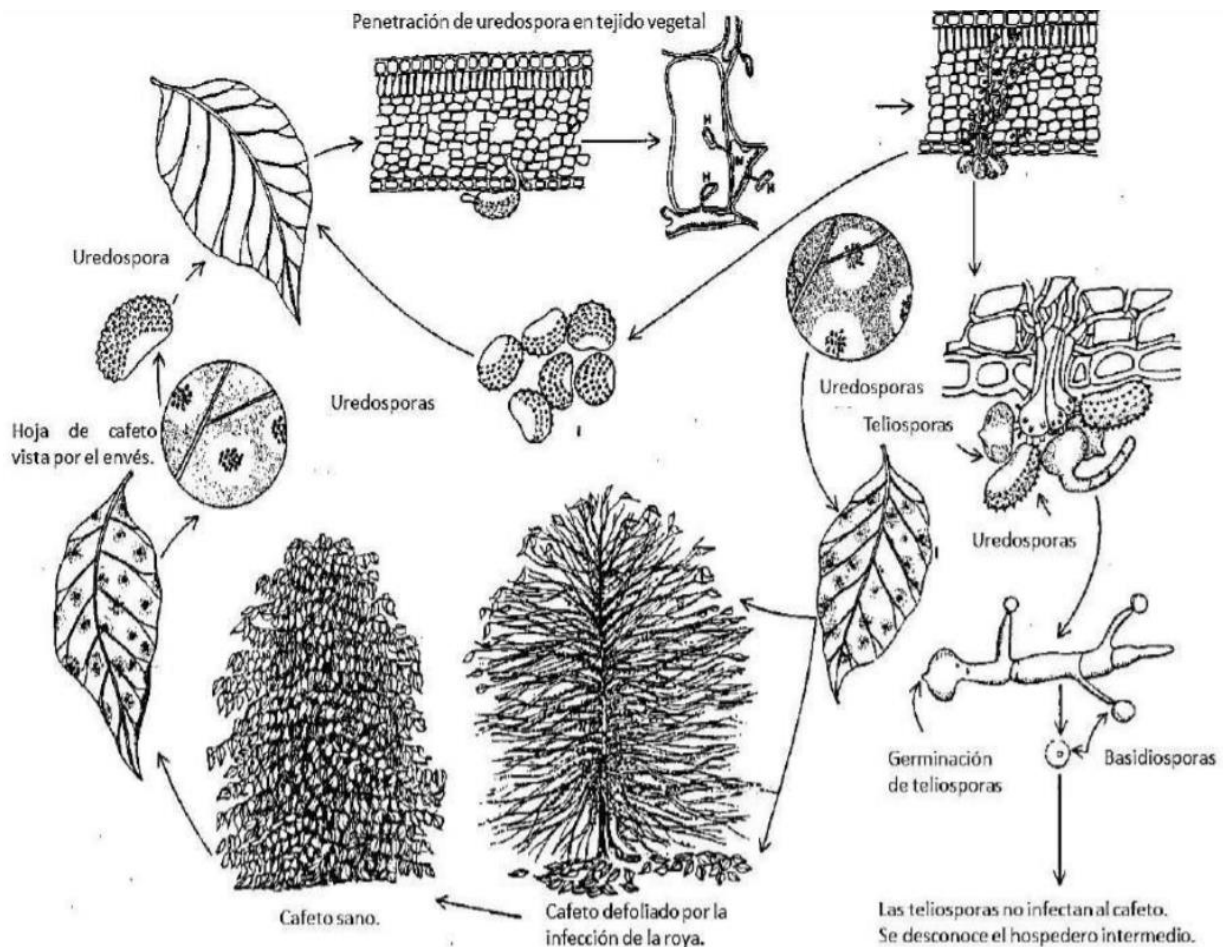


Figura 2: Ciclo de vida *H. vastatrix*, roya del café.

Fuente: Agrios (2005).

Según ANACAFE, (2013, p. 10), las temperaturas óptimas para el desarrollo de *H. vastatrix* se sitúan entre 21 y 25 °C; inferiores a 15 °C y superiores a 30 °C impiden cualquier desarrollo de este hongo. Variaciones lentas alrededor del desarrollo óptimo, favorecen el desarrollo de la roya.

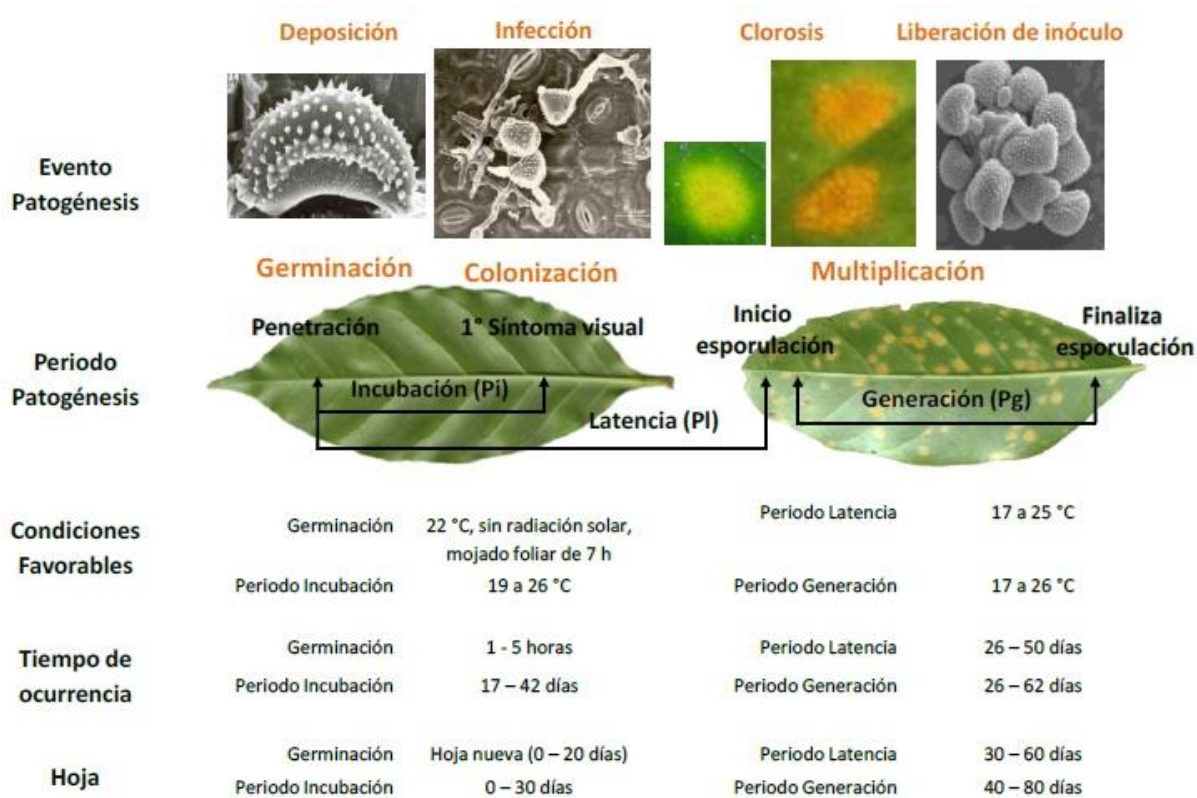


Figura 3: Etapas de desarrollo de *H. vastatrix*, roya del café.

Fuente: Calderón, (2012).

1.6. Factores que facilitan la propagación *H. vastatrix*.

1.6.1. Ambientales.

Según CropLife, (2018, p. 7), el agua es esencial para la dispersión y germinación de las esporas del hongo, la existencia de una epidemia de roya del café requiere de lluvia. Algunas investigaciones han concluido que la dispersión de la roya por el aire es de poca o ninguna importancia y que las salpicaduras de la lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas. bajo condiciones favorables para la enfermedad (21 a 25°C) la

urediniospora germina dentro de las primeras 72 horas, produce síntomas tempranos entre los 12-15 días de infección y genera nuevas urediniosporas en las lesiones en otros 18-22 días. (CropLife, 2018 p. 3).

Este hongo necesita condiciones especiales para parasitar la hoja del café. En Colombia y otras regiones productoras de América, durante los últimos años se han presentado alteraciones en las condiciones climáticas (aumento de la precipitación, cambios en la temperatura del aire, disminución del brillo solar y alta humedad relativa), generando estrés en las plantaciones de café y ambientes propicios para desencadenar epidemias de roya, en aquellas variedades que carecen de genes de resistencia al hongo. (CropLife, 2018 p. 3), las variedades caturra y catuaí cultivadas en finca Esperanza tienen un grado alto de susceptibilidad al hongo de roya.

1.6.2. Biológicos.

Según CropLife, (2018, p. 9), en la India se encontraron insectos de especies *Euphysothrips subramanii* y *Scirtothrips bispinosus* que se alimentaban de pústulas de la roya y que llevaban un número elevado de esporas en su cuerpo. En Kenia se encontró que las larvas de dos especies de Dípteros *Cecidomyiidae Lestodiplosis spp.* y *Mycodiplosis spp.* se comían las esporas. Y bajo condiciones de laboratorio, se encontró que tales insectos llevaban un promedio de 37 esporas. Estas observaciones indicarían que también los insectos pueden jugar un papel en la propagación de la enfermedad. Asimismo, la enfermedad puede ser llevada de una geografía a otra a través de especies vegetales importadas de otros países, provocando su propagación.

1.7. Factores que afectan el desarrollo de *H. vastatrix*.

Entre estos están los factores bióticos (condiciones del hospedante y del patógeno) y factores abióticos (ambiente). En general todas las especies cultivadas de café son atacadas en mayor o menor grado por la roya. Algunas variedades de café son más susceptibles al hongo *H. vastatrix*. Además de los factores genéticos, existen otros que inciden en la mayor o menor infección en poblaciones de plantas, tales como la cantidad de follaje, la producción y edad de la hoja (Subero, 2005 p. 12).

Temperaturas por debajo del óptimo tienden a inhibir el crecimiento del hongo, prolongando el tiempo de germinación de las uredosporas, mientras que temperaturas por encima del óptimo, alteran el metabolismo y disminuyen el poder germinativo. La germinación de esporas es favorecida en temperaturas de 22 grados centígrados, cuando las uredosporas son sometidas a temperaturas bajas, seguidos por temperaturas más elevadas y humedad favorable, hay un sensible aumento en la capacidad de germinación comparada con las temperaturas constantes

La ausencia de luz estimula la germinación y el crecimiento del tubo germinativo, la duración del período de oscuridad para obtener un máximo de germinación es de cuatro horas, siendo necesarias nueve horas para un máximo de infección.

La lluvia es un factor muy importante en el desarrollo de una epidemia (incremento en la intensidad y severidad) de la roya del café. Las humedades relativas en el aire entre 95 y 98% son inadecuadas para estimular la germinación, que aún en atmósfera saturada, la germinación no tiene lugar cuando no hay agua líquida en contacto con las esporas. Las partes de la planta de café orientadas hacia el sur y oeste del cafetal siempre se caracterizan por presentar mayor nivel de infección con relación a las partes orientadas hacia el norte y este

La trayectoria del sol posibilita menor duración de la humedad en las partes este y norte de las plantas. Períodos de lluvia son importantes no sólo para la distribución de la roya a corta distancia, sino también como condición favorable para la germinación de las esporas. Los períodos secos de larga duración son desfavorables (Subero, 2005 p. 13).

1.8. Microorganismos en la agricultura.

Según CIA, (2010 p. 2). Los microorganismos constituyen un elemento funcional muy importante en la agricultura, al ser responsables de procesos relacionados con el ciclaje de nutrientes, la nutrición y la salud de las plantas mediante controles biológicos, los microorganismos son imprescindibles para mantener la fertilidad del suelo, para desarrollar cultivos sanos y vigorosos.

1.9. Influencia de la temperatura sobre el crecimiento de los microorganismos.

La temperatura es un factor primordial para el crecimiento y metabolismo de las células. A medida que la temperatura aumenta, las reacciones bioquímicas al interior de la célula se aceleran, provocando un aumento en el crecimiento y desarrollo de microorganismos. Sin embargo, por arriba de una cierta temperatura, proteínas y ácidos nucleicos principalmente, pueden ser desnaturalizados. De igual manera las bajas temperaturas, provocan que las reacciones bioquímicas en las células se desaceleren, las temperaturas demasiado bajas pueden provocar que la actividad celular sea nula e incluso la muerte de los microorganismos. (Sevastianos, 1999 p. 15).

1.10. Control biológico.

Según Rivera, (2015 p. 33), el control biológico es una estrategia de combate de plagas y enfermedades que se basa en el uso de insectos, plantas, hongos y bacterias o parte de ellos. Estas partes pueden ser estructuras o compuestos químicos derivados. Se debe diferenciar entre control biológico y control natural. El primero involucra la intervención del ser humano a través del aumento en la cantidad del organismo controlador o mediante la conservación. El control natural se hace sin intervención humana, pero constituye la base de cualquier sistema agroecológico. El control biológico a nivel mundial se presenta como una alternativa viable, sostenible y como una solución a los problemas generados por el uso desmedido de plaguicidas, en general los antagonistas no tienen un único modo de acción, de los cuales se pueden mencionar: antibiosis, competencia por espacio o por nutrientes, interacciones directas con el patógeno como micoparasitismo, lisis enzimática, e inducción de resistencia.

1.11. Hongos y bacterias como mecanismos de control biológico.

Según Agroptima, (2019 p. 2), los microorganismos generan cultivos más sanos, con un aporte nutritivo adecuado, y una mayor resistencia a enfermedades, además de un incremento en el rendimiento productivo.

Según Rubio & Fereres, (2005 p. 15), se ha demostrado en diversas especies de hongos y bacterias la protección frente al ataque de patógenos después de inocular las plantas con cepas o aislados de bacterias u hongos no patógenos (avirulentos) o poco virulentos (hipovirulentos). Los aislados protectores tienen unas características similares a los virulentos, excepto su incapacidad para producir los síntomas de enfermedad en la planta y, a veces, algunas características morfológicas o fisiológicas diferentes, tales como pigmentación reducida, crecimiento más lento, producción de metabolitos secundarios o producción de determinados enzimas.

Los mecanismos de protección no son iguales en todos los casos y un mismo aislado puede proteger simultáneamente por varios mecanismos, entre estos cabe destacar: Capacidad de colonización y forma de inoculación; competencia en la colonización con los patógenos en el mismo nicho ecológico en la superficie de la planta.

1.12. Manejo biológico de *H. vastatrix*, roya del café.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura FAO, (2015, p. 27), el manejo biológico de *H. vastatrix*, se ha estudiado desde la década de 1980 principalmente en Colombia, Brasil y la India. Los experimentos de manejo biológico de la Roya han incluido microorganismos de control biológico, extractos de microorganismos y plantas, y agentes inductores de resistencia, existiendo información que demuestra el potencial que puede tener la resistencia sistémica inducida en algunas de las variedades de *C. arabica* actualmente cultivadas.

Las herramientas de sistema de alerta temprana tienen un potencial uso para monitoreo de microorganismos benéficos a través del tiempo, lo que la convierte en un componente importante para manejo agroecológico de cultivo de café. El manejo biológico de *H. vastatrix* se convirtió en un gran campo de investigación en Cenicafé entre los años 1990 y 2002. Se consideró que la supresión de este hongo patógeno por la acción de microorganismos endofíticos podría ser de utilidad en algunas zonas productoras de café. En ese período se estudió el efecto de organismos como

Bacillus thuringiensis, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. alcaligenis*, *P. putida* y *Lecanicillium lecanii*. (FAO, 2015, p. 14).

1.13. Microorganismos para el control biológico de enfermedades.

Según (FAO, 2015, p. 15), los microorganismos para el control biológico deben ser de crecimiento vegetativo rápido, alta capacidad reproductiva y de supervivencia, diferentes niveles de dormancia, estar libres de antagonistas naturales, alta habilidad competitiva, adaptabilidad a la planta tratada y una alta versatilidad medio ambiental. Existe un gran número de microorganismos potencialmente útiles como agentes de control biológico de enfermedades, entre los más estudiados y de los cuales se han desarrollado un mayor número de productos se encuentran *Trichoderma spp.*, *Gliocladium*, *Pseudomonas spp.*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, *Paecilomyces lilacinus*, *Fusarium oxysporum* (no patogénico) y *Lecanicillium lecanii*.

1.13.1. *Bacillus subtilis*.

B. subtilis es una bacteria cosmopolita presente en numerosos hábitats y resulta ser un excelente agente de control biológico de enfermedades causadas por hongos de suelo y bacterias. Es de aplicación foliar y radicular combatiendo un amplio espectro de agentes patógenos. (MICSA, 2021 p. 5).



Figura 4: Colonias de *B. subtilis* cultivadas en una placa TSA.
Fuente: Catfaster, (2019).

1.13.2. *Lecanicillium lecanii*.

L. lecanii es un microorganismo polífago que parasita artrópodos, hongos patógenos como royas y mildius polvosos y nematodos de la raíz. A pesar de su baja estabilidad en campo y su requerimiento de alta humedad, en años recientes se han desarrollado productos a partir de este hongo. Según: MICSA, (2021 p. 6).

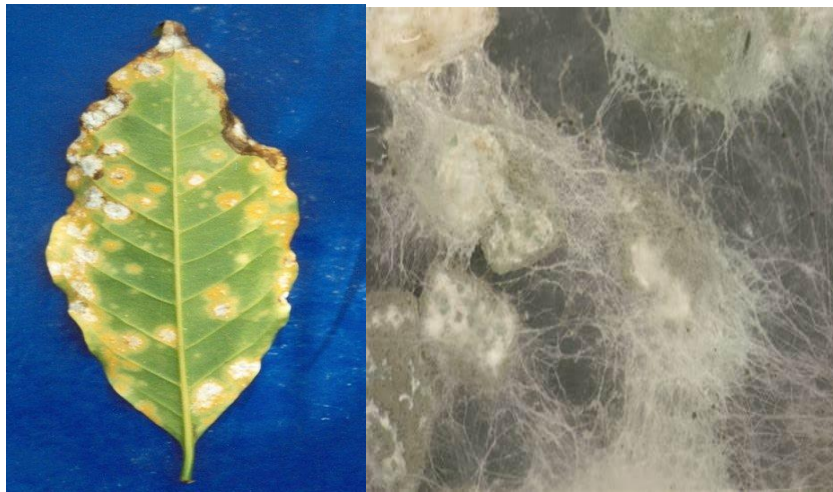


Figura 5: *L. lecanii* parasitando *H. vastatrix*, en hojas de café.

Fuente: R. Borjas (2018).

1.13.3. ¿Qué es el lombricompost?

Es el abono elaborado mediante la descomposición de la materia orgánica realizada por la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*, la que presenta una mayor reproducción y mejores condiciones de manejo en cautiverio que la lombriz de tierra. Cada lombriz adulta, se come en promedio un gramo de materia orgánica por día y devuelve algo más de la mitad de ese gramo convertido en abono.

1.13.4. ¿Qué beneficios produce?

Según WordPress, (2011), entre los beneficios que aporta el lombricompost para la agricultura están:

1. Agrega las partículas y esponja el suelo, mejorando por tanto su estructura.
2. Retiene agua, minerales y evita la erosión.
3. Aporta nutrientes minerales lentamente para las plantas a medida que se descompone (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, etc.).

4. Aporta microorganismos benéficos útiles al suelo
5. Sirve a su vez de soporte y alimento de los microorganismos.
6. Ayuda a la retención de agua y al drenado de la misma.
7. Incrementa la aireación de las raíces.
8. Mejora la resistencia de las plantas.
9. Mejora el intercambio de iones.
10. Mejora la asimilación de abonos minerales.
11. Ayuda con el proceso del potasio y el fósforo en el suelo.
12. Produce gas carbónico que mejora la solubilidad de los minerales.

1.14. Uso de emulsión de lombricompost para control *H. vastatrix*.

Uno de los hiperparásitos de la *H. vastatrix* que más ha sido estudiado en condiciones naturales es el hongo *Lecanicillium lecanii* que puede ser encontrado en el compostaje de lombriz californiana, al cual se le reconocen atributos especiales como un enemigo natural de *H. vastatrix*. El hongo *L. lecanii* tiene la capacidad de parasitar la roya y disminuir la cantidad de inóculo primario para la epidemia del hongo del año siguiente. El género *Lecanicillium* tiene especial habilidad para afectar los hongos biotróficos como los mildiús o las royas. También es un hongo entomopatógeno de los áfidos y escamas *L. lecanii* es especialmente abundante bajo sombra. lo explican por las condiciones más húmedas que hay en esta condición.

1.15. ¿Qué es la incidencia y severidad?

1.15.1. Incidencia.

Es el porcentaje o proporción de individuos enfermos en relación al total. Los individuos pueden ser plantas, hojas, flores, folíolos, frutos, espigas, etc. Se evalúa en cada individuo, la presencia o ausencia de enfermedad. No se determinan niveles de enfermedad. El uso de este parámetro en el cultivo es particularmente útil para estudiar la velocidad y patrón de avance de las enfermedades. Es un parámetro objetivo, de cálculo sencillo, y no se necesita un entrenamiento especial de parte del evaluador para su empleo (Ivancovich, 1998 p. 54).

1.15.2. Severidad.

Es el porcentaje de la superficie del órgano enfermo, ya sea de hojas, tallos, raíces o frutos afectado por la enfermedad y varía entre 0 y 100. El ejemplo típico de esta forma de estimar la enfermedad es el que se utiliza para evaluar manchas foliares. La severidad es un parámetro que refleja con precisión la relación de la enfermedad con el daño que le provoca al cultivo. Su evaluación es más compleja que la determinación de la incidencia, porque puede ser subjetiva y por lo tanto requiere de un entrenamiento previo por parte del evaluador (Ivancovich, et al., 1998 p. 56).

1.16. ¿Cómo se calculan?

La incidencia se refiere al porcentaje de hojas enfermas respecto del total de hojas evaluadas en el lote y puede ser calculada mediante la siguiente fórmula.

$$\%I = \frac{N^{\circ} \text{ Plantas Enfermas}}{\text{Total de Plantas}} \times 100$$

Según SENASA, (2012), la severidad es el porcentaje de la superficie foliar muestreada que está cubierta por signos, manchas y pústulas de cada enfermedad. El cálculo se realiza a través de una escala definida, por ejemplo:

Figura 6: Grados de calificación para severidad.

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).

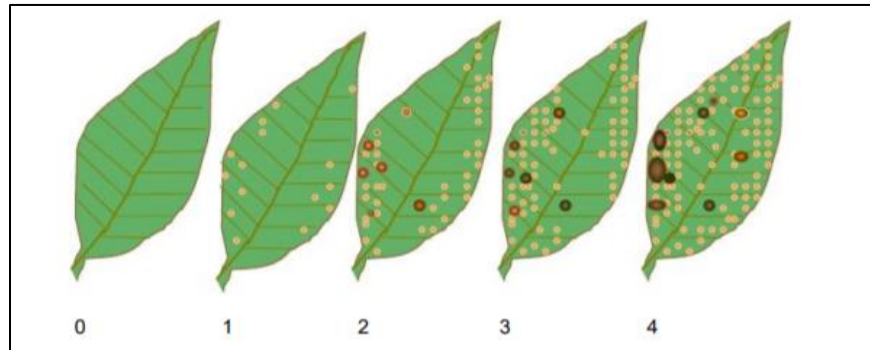


Figura 7: Diagrama del grado de la escala de severidad

Fuente: SENASA, (2012).

Para calcular el porcentaje total de severidad se utiliza la siguiente formula:

$$SEV = \frac{(N0*0) + (N1*1) + (N2*2) + (N3*3) + (N4*4)}{N*4} (100)$$

Dónde:

N0 = # hojas con valor 0 de la escala.

N1 = # hojas con valor 1 de la escala.

N2 = # hojas con valor 2 de la escala.

N3 = # hojas con valor 3 de la escala.

N4 = # hojas con valor 4 de la escala.

1.17. ¿Qué es una certificación orgánica?

Según Agroptima, (2019 p. 3), las certificaciones orgánicas son un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana. La agricultura orgánica involucra mucho más que no usar agroquímicos. En Centroamérica se está produciendo una gran variedad de productos agrícolas orgánicos para exportación.

1.18. ¿Qué es la rentabilidad?

Según ANDBANK, (2012 p. 2), la rentabilidad es el beneficio obtenido de una inversión. En concreto, se mide como el ratio de ganancias o pérdidas obtenidas sobre la cantidad invertida. Normalmente se expresa en porcentaje, el cálculo de la rentabilidad se realiza con una tasa aritmética o con una tasa logarítmica. La primera es una tasa de variación. La segunda es muy utilizada, y suele dar resultados similares. A partir de varias rentabilidades, se puede calcular la media (aritmética, geométrica o ponderada, según las características de la inversión) de éstas para analizar el rendimiento de una inversión tras varios periodos de tiempo.

1.18.1. ¿Cómo calcular la rentabilidad de un producto?

La fórmula para calcular la rentabilidad de un producto tiene en cuenta dos variables: El costo y el precio de venta.

$$R = \left(\frac{P - C}{P} \right) * 100$$

R = rentabilidad relación beneficio/costo.

P = precio valor de venta del producto.

C = costo; Costo de producción.

1.18.2. La rentabilidad en productos biológicos.

Según Rivera, (2015 p. 34), el control biológico permite, en algunas producciones, alcanzar los mismos rendimientos que con insecticidas químicos, pero con tres veces menos de principios activos y de impacto ambiental, además de un costo reducido. A su vez, la relación costo beneficio es muy favorable: Se han hecho estudios a escala mundial en los que se muestra que el retorno con técnicas de control biológico es de 30 a 1, algo que no sucede con los insecticidas químicos.

2. Marco referencial.

2.1. Nombre de la finca.

La finca se encuentra registrada como Finca Esperanza.

2.2. Localización de la investigación.

Finca “Esperanza” está ubicada en el municipio de Zunilito, departamento de Suchitepéquez, a 179 kilómetros de la Ciudad Capital para llegar al casco principal de la finca, por carretera internacional CA-2 ruta al departamento de Suchitepéquez. (Lopreto, 2018 p. 3).

2.3. Ubicación geográfica.

Según Carrillo, (2021). La finca está a una altura promedio de 1380 metros sobre el nivel del mar. En las coordenadas latitud $14^{\circ}39'11.63''$ N, longitud $91^{\circ}29'18.83''$ W. teniendo colindancias hacia el norte y oeste con finca Santa Anita, al este con parcelario Nahualá (departamento de Sololá), al sur con finca Colima y noroeste con finca Las Nubes.

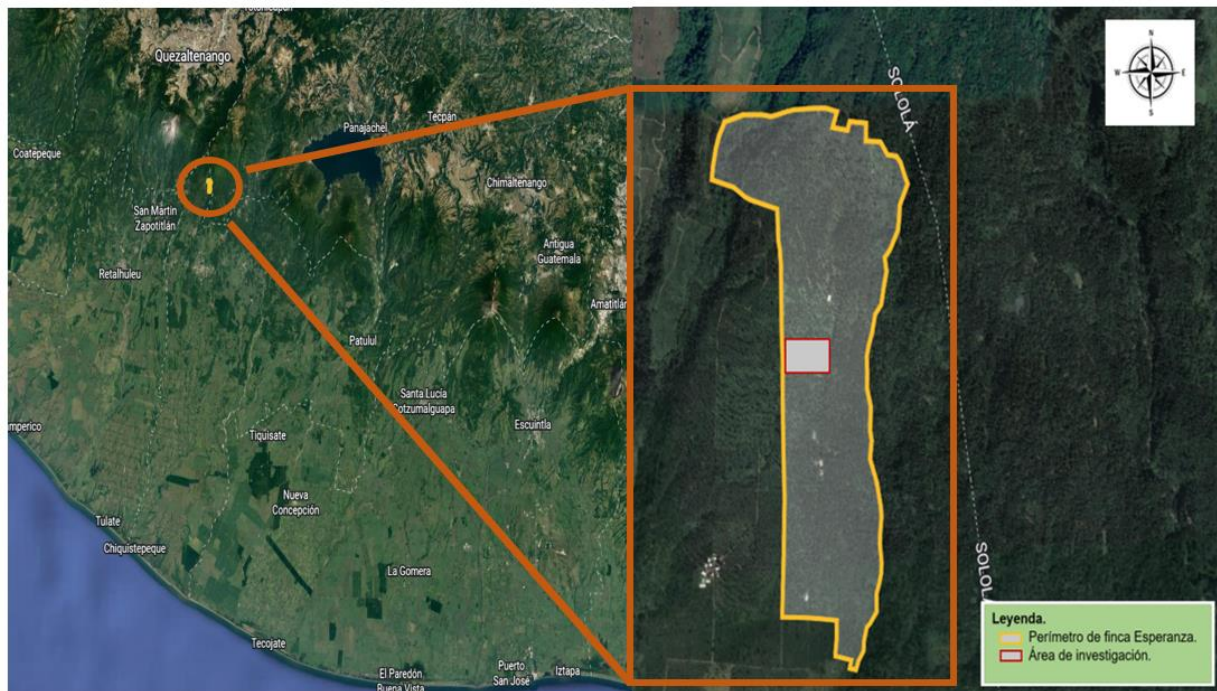


Figura 8: Ubicación geográfica de finca Esperanza.
Fuente: Google Maps, (2021).

2.4. Certificaciones de finca Esperanza.

La finca actualmente cuenta con tres certificaciones y lo fue por primera vez en el año 2016. Por medio de Mayacert, iniciando la transición a una finca productora de café orgánico desde el año 2009, las certificaciones deben ser renovadas cada dos años, en el siguiente cuadro se describe cada certificación.

Cuadro 3: Certificaciones que posee finca Esperanza.

CERTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
USDA organic	Se caracteriza y basa en la producción orgánica de materia prima, cuidando la biodiversidad ecológica, medio ambiente y fertilidad del suelo. La certificación es necesaria para clientes que desean exportar su producto orgánico.
Bird Friendly	Las unidades productivas, pueden obtener la certificación Bird Friendly únicamente si cuenta con una certificación orgánica. Los criterios mínimos que se deben cumplir son: cobertura de sombra, altura media del estrato predominante y diversidad florística.
CON MANOS DE MUJER	Se enfoca y basa en crear sistemas productivos cuya base sea la Responsabilidad Social y Ambiental, pero principalmente busca la equidad de géneros.

Fuente: Lopreto (2018).

2.5. Productos orgánicos evaluados.

Los productos orgánicos comerciales para el control de *H. vastatrix*, roya del café que se evaluaron fueron: Lecatrol, Royano, Timorex Gold y una emulsión de lombricompost; Los fungicidas orgánicos en la agricultura son sustancias producidas con organismos vivos o sus productos; y son utilizados para controlar patógenos no deseados en un entorno agrícola.

2.5.1. Lecatrol.

Según Micsa (2021 p. 2), lecatrol es un producto microbiológico usado para el control plagas y enfermedades del follaje, como *H. vastatrix*. Tiene como ingrediente activo *Lecanicillium lecanii*, este hongo es una especie de hongo entomopatógeno que controla el desarrollo de la roya.

2.5.2. ROYANO 25 EW.

Según SUCESSO (2021 p. 1), es un fungicida biológico de aplicación foliar formulado a partir de metabolitos secundarios contenidos en los filtrados del hongo biocontrolados *Lecanicillium lecanii* y endosporas de la bacteria antagónica *Bacillus subtilis*. Los microorganismos que contiene Royano son nativos del cultivo de café, eficaces en el control de hongos de follaje que afectan a los cultivos con alta efectividad biológica.

2.5.3. TIMOREX GOLD EC.

Según STOCKTON (2021), es un fungicida natural que tiene como ingrediente activo el extracto de la planta *Melaleuca alternifolia*, este producto tiene penetración cuticular, actividad preventiva, curativa y antiesporulante; sus múltiples componentes naturales ofrecen diversos modos de acción sobre las células fúngicas y bacterianas, sin embargo, la principal acción es el rompimiento de la barrera permeable de las estructuras de la pared y la membrana celular, esta acción es seguida por la pérdida del control respiratorio debido a la pérdida de citoplasma lo cual deja libre el transporte de electrones, lo cual anula la actividad de la respiración mitocondrial.

2.5.4. Lombricompost.

Según FAO, (2015 p. 15), la supresión del hongo patógeno *H. vastatrix* mediante la acción de microorganismos endofíticos contenidos en el lombricompost, son de utilidad en algunas zonas productoras de café. Se han estudiado el efecto de organismos como *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. alcaligenis*, *P. putida* y *Lecanicillium lecanii*.

Uno de los hiperparásitos de la Roya del Café que más ha sido estudiado en condiciones naturales es el hongo *L. lecanii* al cual se le reconocen atributos especiales como un enemigo natural de *H. vastatrix*.

2.5.4.1. Preparación y aplicación.

Según: Carrillo, (2021), este producto es un té comopuesto por lombricompost utilizando extractos de alga marina *Ascophyllum nodosum* y avena, en proporciones de 10:1:1 en 200 litros de agua y una dosis de aplicación de 12 litros por hectárea.

La preparación es colocar 50 libras de lombricompost en 200 litros de agua, oxigenándola durante cinco horas, posteriormente se aplican una libra de avena y una libra de extractos de alga *A. nodosum*, oxigenándola dos horas más antes de su aplicación.

III. OBJETIVOS.

1. General.

Evaluar cuatro productos orgánicos, para el control de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Roya del café en finca Esperanza ubicada en Zunilito, Suchitepéquez, Guatemala.

2. Específicos.

1. Identificar que producto genera un mayor control sobre *H. vastatrix*, Roya del café.
2. Determinar las condiciones climáticas, (temperatura, precipitación, humedad relativa) durante la evaluación de productos orgánicos sobre el control de roya del café.
3. Realizar un análisis de rentabilidad entre los tratamientos evaluados.

IV. HIPOTESIS.

Ho₁: Todos los productos evaluados tendrán el mismo efecto sobre el control de *H. vastatrix*, Roya del café.

Ha₁: Al menos uno de los productos evaluados presentará diferencia significativa de control sobre *H. vastatrix*, Roya del café.

V. MATERIALES Y METODOS.

1. Materiales utilizados.

- 1 kg. Lecatrol
- 1 l. Royano 25 (EW)
- 8 l. Emulsión de lombricompost
- 1 l. Timorex Gold 22.3 (EC)
- 4 bombas fumigadoras Maruyama serie MS073D.
- Copa Bayer
- Potenciómetro
- Cubeta de 5 galones.

Con la ayuda de un potenciómetro se midió el pH del agua utilizada en cada producto según su requerimiento, posterior a ello, las bombas aspersoras fueron calibradas para cada producto en cada aplicación.

Cada uno de los productos evaluados fue previamente preparado y aplicado según las especificaciones de su ficha técnica. El horario de aplicación fue de 7:00 AM a 9:00 AM con intervalos de 21 días realizando cuatro aplicaciones en total, iniciando en el mes de mayo y finalizando en el mes de agosto.

2. Diseño experimental para evaluación de productos sobre control de *H. vastatrix*.

El diseño experimental fue un diseño de bloques completamente al azar, la razón por la que se empleó dicho diseño, fue principalmente la heterogeneidad en la plantación con respecto a algunas variedades en el área y el manejo de tejido (recepa) en algunos surcos, por lo tanto, fue el que mejor se adaptó para la evaluación.

2.1. Productos orgánicos utilizados.

1. Emulsión de lombricompost.
2. Lecatrol.
3. Royano.
4. Timorex Gold.

Las aplicaciones se llevaron a cabo con la dosis recomendada en cada ficha técnica de los productos, En el siguiente cuadro se describe la dosis por hectárea y la dosis de solución que se aplicó por planta.

Cuadro 4: Dosis de productos orgánicos evaluados.

No.	Productos evaluados	Dosis por ha	Dosis de mezcla por planta
1	Emulsión de lombricompost.	8 l	60 ml
2	Lecatrol	1.5 kg	60 ml
3	Royano	1 l	50 ml
4	Timorex Gold	1 l	50 ml

2.2. Tratamientos.

Los tratamientos evaluados fueron cinco, los cuales se establecieron mediante cuatro productos orgánicos, agregando un tratamiento sin control como testigo absoluto.

Cuadro 5: Descripción de tratamientos evaluados

Tratamiento	Producto.
T1	Sin control (testigo)
T2	Emulsión de lombricompost
T3	Timorex Gold
T4	Lecatrol
T5	Royano

2.3. Modelo estadístico.

El modelo estadístico para este diseño, no tuvo interacción entre bloques y tratamientos, la relación entre los tratamientos fue la misma en cada uno de los bloques.

En el modelo. $Y_{ijk} = U + BI + TJ + E_{ijK}$

En donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

U = Media general

B_{ij} = Efecto de bloques

T_j = Efecto de tratamientos

E_{ijk} = Error experimental

Figura 9: Modelo estadístico de bloques completamente al azar.

Fuente: E. López, B. Gonzáles (2014).

2.4. Unidad experimental.

Estuvo conformada por 28 plantas distribuidas en cuatro surcos, utilizando 10 plantas como parcela neta de los que fueron tomados para la recolección de datos de incidencia y severidad, el área de cada unidad experimental fue de 96 m² como se muestra a continuación.

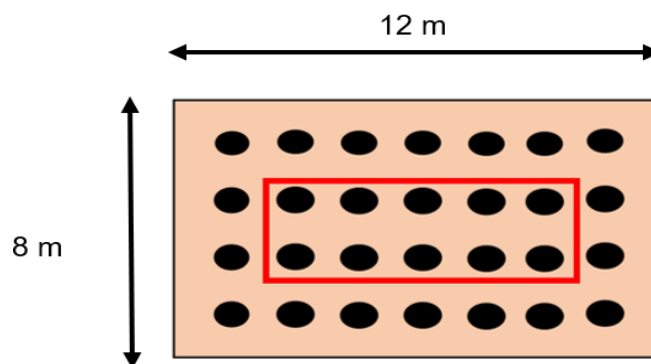


Figura 10: Unidad experimental.

2.5. Croquis de repeticiones.

La distribución de repeticiones fue de forma aleatoria mediante la función de una calculadora, se realizaron cinco repeticiones ocupando un área total del experimento de 2,400 m² como aquí se muestra:

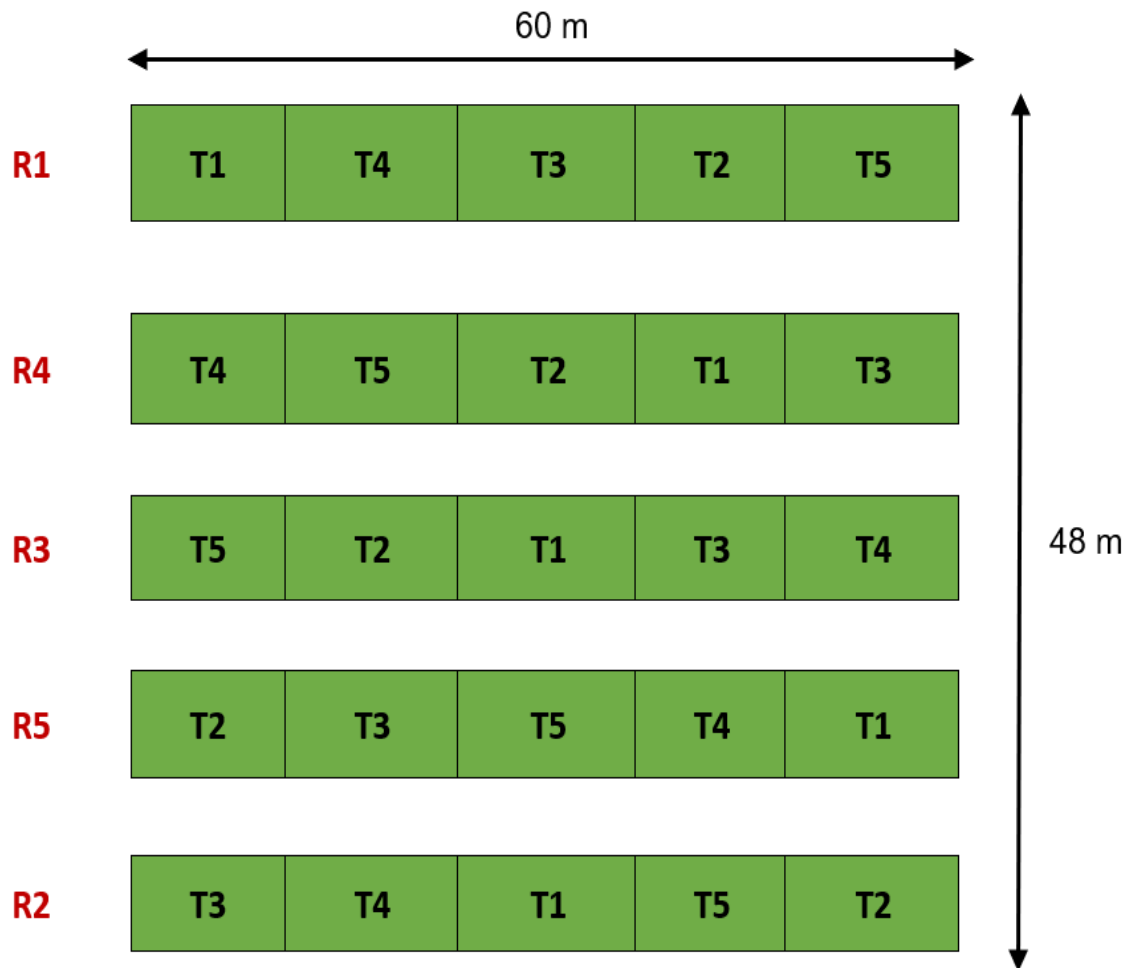


Figura 11: Croquis de la distribución de bloques.

3. Medición de variable respuesta.

Previo a la evaluación de los productos, se realizó un muestreo para determinar la incidencia y severidad de *H. vastatrix*, Roya del café, de esta forma se aseguró que los valores en la obtención de datos de productos antes mencionados, reflejaban el control o no que ejercían.

3.1. Incidencia.

Para la determinación de incidencia, se ubicó la distribución de los bloques en el campo, posteriormente a través de una fórmula de muestreo recomendada por ANACAFE, (2021). Se tomaron 10 plantas por cada unidad experimental, siendo estas la parcela neta.

Seguidamente se tomaron 30 hojas de cada planta, y se contaron las hojas sanas y hojas infectadas, posteriormente fueron anotadas en la boleta de muestreo (ver en anexos)

Mediante una regla de tres se obtuvo el porcentaje de incidencia por planta, realizando un promedio total de cada unidad experimental.

Para el análisis estadístico se consideraron los datos de cada muestreo de incidencia de *H. vastatrix*. en cada parcela neta de los cinco tratamientos evaluados y de cada repetición (ver cuadro 6), posteriormente se realizó una transformación de la raíz cuadrada de arcoseno con los datos obtenidos en porcentaje para el análisis de varianza (ver cuadro 7).

3.2. Severidad.

En cada planta se eligieron al azar dos bandolas, las cuales correspondieron a la parte baja, media y alta de la planta, tratando de rodear la planta, muestreando 10 hojas por planta en cada unidad experimental.

Se utilizó una escala de severidad del servicio nacional de sanidad agraria (SANASA) como se muestra en la siguiente figura.

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

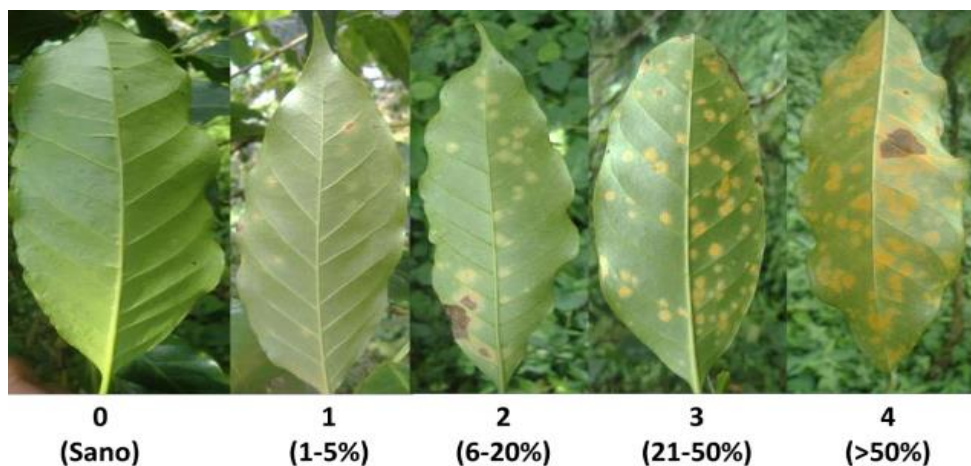


Figura 12: Escala de severidad de roya.
Fuente: (SENASA, 2012).

La determinación de la severidad de roya del café se calculó con la siguiente fórmula:

$$SEV = \frac{(N0 * 0) + (N1 * 1) + (N2 * 2) + (N3 * 3) + (N4 * 4)}{N * 4} * (100)$$

Dónde:

N0 = # Hojas con valor 0 de la escala.

N1 = # Hojas con valor 1 de la escala.

N2 = # Hojas con valor 2 de la escala.

N3 = # Hojas con valor 3 de la escala.

N4 = # Hojas con valor 4 de la escala.

Se realizaron cinco muestreos en cada unidad experimental, ubicando y muestreando diez plantas que conforman la parcela neta antes mencionada, a través de una boleta (ver en anexos) se anotaron los datos obtenidos, el primer muestreo se realizó antes de iniciar las aplicaciones, posteriormente se hicieron cuatro muestreos una semana después de cada aplicación para conocer el comportamiento de los productos sobre *H. vastatrix*.

Para el análisis estadístico de severidad, se consideraron los datos de cada lectura de muestreo de cada tratamiento (ver cuadro 9), posteriormente se realizó una transformación raíz cuadrada de arcoseno con los datos obtenidos en porcentaje para el análisis de varianza (ver cuadro 10).

4. Determinación de las condiciones climáticas.

La medición de temperatura se realizó con termómetros digitales que permitieron determinar la temperatura mínima y máxima del lugar. Asimismo, el termómetro permitió la medición de la humedad relativa promedio durante la evaluación, la precipitación pluvial fue medida a través de un pluviómetro establecido en el área donde se llevó a cabo la investigación.

5. Análisis estadístico.

Se realizó una transformación raíz cuadrada de arcoseno con los datos obtenidos en porcentaje de la incidencia y severidad muestreada en cada unidad experimental, en el análisis de varianza para la variable respuesta (control sobre *H. vastatrix*) fueron realizados con herramientas tecnológicas a través del programa estadístico InfoStat, posteriormente se aplicó una prueba de medias de Tukey al 5% de significancia de los tratamientos evaluados.

5.1. Análisis de rentabilidad.

5.1.1. Cálculo de rendimiento.

- El rendimiento se midió a través del promedio del peso de café en uva cosechado de cada tratamiento, expresado en kilogramos por hectárea.
- Para obtener el ingreso bruto se multiplicó el rendimiento por el precio de mercado.

- Se calcularon los costos totales, sumando los costos variables y costos fijos.
- El ingreso neto se obtuvo restando el ingreso bruto menos, los costos totales.
- La rentabilidad de cada tratamiento se obtuvo de la siguiente formula.

$$R = \frac{IN}{CP} * 100$$

Donde:

R = Rentabilidad

IN = Ingreso neto

CP= Costo de Producción.

VI. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

1. Determinación del producto orgánico comercial que generó mayor control sobre *H. vastatrix*, Roya del café.

Para el cumplimiento de este objetivo se utilizó la incidencia y severidad de *H. vastatrix* como variables respuesta, en los cinco tratamientos evaluados, de esta forma se demostró la determinación del producto orgánico que generó mayor control sobre *H. vastatrix*.

1.1. Incidencia.

Los tratamientos que presentaron menor incidencia en la última lectura de muestreo, fueron los tratamientos cinco (Royano), cuatro (Lecatrol) y tres (Timorex gold) como se muestra a continuación.

Cuadro 6: Promedio de incidencia de *H. vastatrix* roya del café en cada tratamiento.

Tratamiento	Lectura				
	I	II	III	IV	V
Sin control	0.7	5.6	11.2	11.4	11.7
Emulsión de lombricompost.	1.3	6.1	9.1	6	9.6
Timorex	0.4	5.5	6.5	6.7	5.2
Lecatrol	0.3	3.3	4.4	6.1	3.3
Royano	0.2	1.8	3.4	2.7	2.9

A través de una gráfica de líneas se observó el comportamiento de incidencia en cada tratamiento como se muestra en la siguiente gráfica.

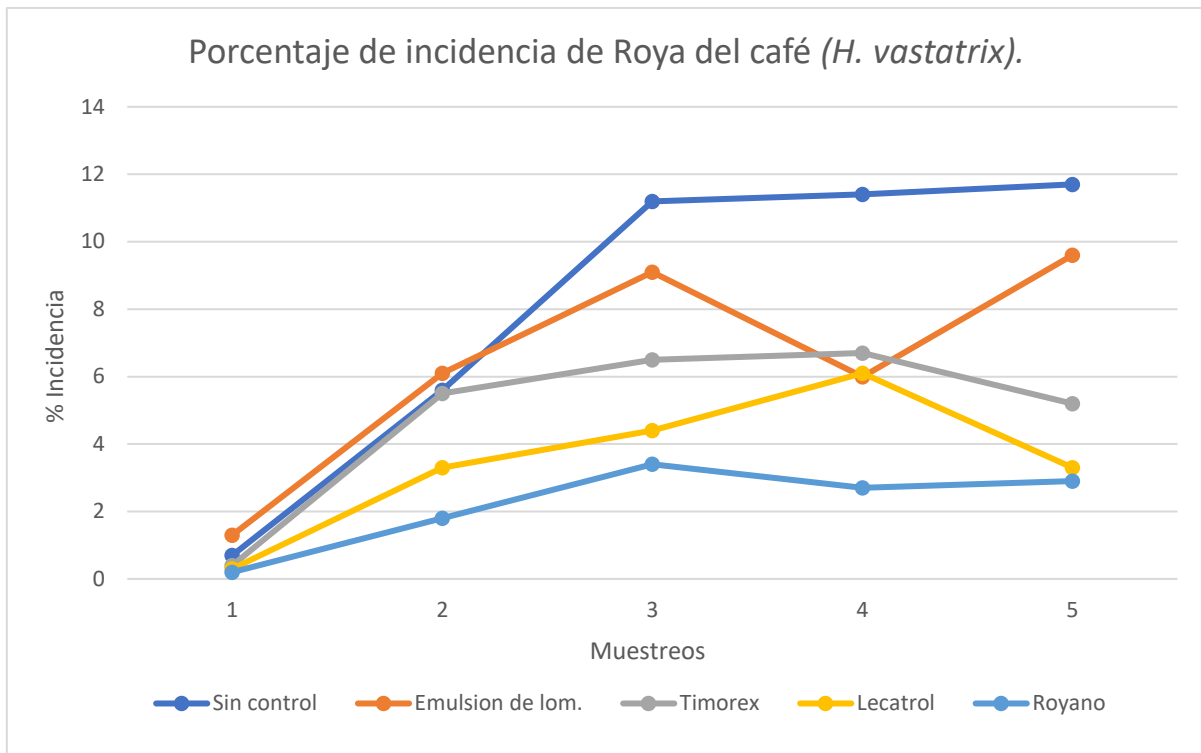


Figura 13: Gráfica comparativa de incidencia de roya en relación a los tratamientos.

Se observa la comparación de incidencia de *H. vastatrix*, roya del café, en cada tratamiento durante los cinco muestreos realizados en la evaluación, el porcentaje de incidencia más alto registrado fue en el tratamiento uno (sin control) con un valor de 11.7% de incidencia, por otra parte, el tratamiento cinco (Royano) tuvo un mayor control durante las cuatro aplicaciones realizadas.

1.1.1. Análisis de la varianza.

El análisis de varianza es un método estadístico que permitió descubrir si los resultados de una prueba son significativos, es decir, si existía alguna diferencia entre las medias de los diferentes grupos, siendo estos los tratamientos evaluados para el control de *H. vastatrix*, roya del café, como se muestra a continuación, a través de ello, permitió determinar si era necesario rechazar la hipótesis nula o aceptar la hipótesis alternativa.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Incidencia	25	0.90	0.85	18.28

Cuadro 7: Análisis de la varianza en la incidencia de roya (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	680.66	8	85.8	18.59	<0.0001
Tratamiento	161.28	4	40.32	8.81	0.0006
Bloque	519.38	4	129.85	28.36	<0.0001
Error	73.24	16	4.58		
Total	753.91	24			

Se determinó estadísticamente mediante el p-valor y el coeficiente de variación que si existieron diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos mediante el comportamiento en las cuatro aplicaciones de los productos orgánicos sobre el control de roya del café. Por tal razón debido a que el valor de F fue menor al 5% se acepta la hipótesis alternativa, la cual indicaba que, al menos uno de los productos evaluados presentaría diferencia significativa de control sobre la *H. vastatrix*, Roya del café.

Debido a que se obtuvo diferencias significativas se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey al 5% de significancia en los tratamientos evaluados, la cual

determinó los tratamientos según el menor número de incidencia que presentó cada uno de ellos. (Ver cuadro 8).

Cuadro 8: Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia en los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
T5 = Royano	8.03	5	0.96	A		
T4 = Lecatrol	10.10	5	0.96	A	B	
T3 = Timorex	12.03	5	0.96	A	B	C
T2 = Emulsión de lom.	12.82	5	0.96		B	C
T1 = Sin control	15.15	5	0.96			C

A través de la prueba múltiple de medias de Tukey al 5% de significancia se observó en el cuadro ocho, que el tratamiento T5 = Royano mostró la menor incidencia de roya en plantas con una media de 8.03%, asimismo, el tratamiento T4= Lecatrol presentó una media de 10.10% de incidencia y el tratamiento T3= Timorex Gold tuvo una media de 12.03% por otra parte el tratamiento testigo (T1= Sin control) fue el que presentó mayor incidencia de roya en plantas con una media de 15.15%, estadísticamente no existieron diferencias significativas entre los tratamientos T5, T4 y T3 que fueron los que presentaron un mayor control sobre la roya del café.

A través de una gráfica barras se observó la agrupación de los tratamientos evaluados, de acuerdo a la media de incidencia en cada tratamiento como se muestra:

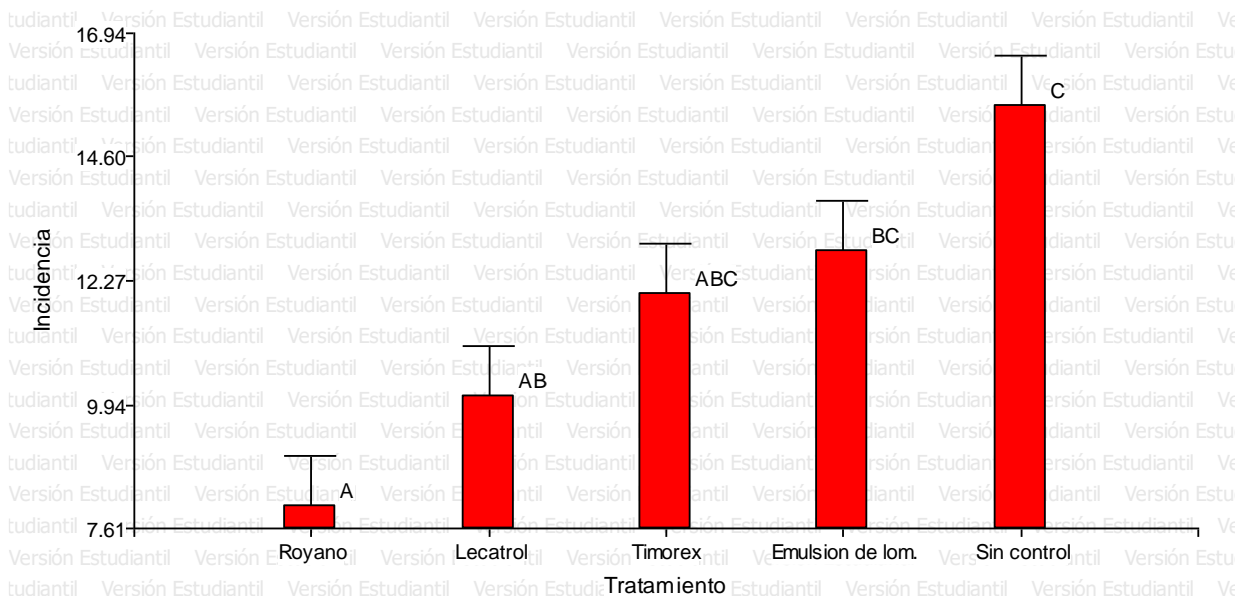


Figura 14: Gráfica de diferencia significativa en los tratamientos.

Se observa la diferencia significativa entre los tratamientos T5 (Royano) y T1 (sin control), asimismo se observó la clasificación de los tratamientos en los grupos A, B y C, de acuerdo con su control.

1.2. Severidad.

Los tratamientos que presentaron menor severidad en la última lectura de muestreo, fueron los tratamientos cinco (Royano), dos (Emulsión de lom.) y cuatro (Lecatrol) como se muestra:

Cuadro 9: Promedio de severidad de *H. vastatrix* por tratamiento.

Tratamiento	Lectura				
	I	II	III	IV	V
Sin control	2.5	8.6	16.2	30.5	35.8
Emulsión de lom.	1.4	6.5	18.1	24.7	19.3
Timorex	3.2	7.7	15.2	21.4	24.3
Lecatrol	3.6	7.6	19.4	23.5	21.2
Royano	1.4	6.4	18.1	21.9	17.6

Se observa que los tratamientos cinco (Royano), dos (Emulsión de lom.) y cuatro (Lecatrol) tuvieron una reducción de severidad en el último muestreo realizado, a diferencia de los tratamientos uno (sin control) y tres (Timorex) que tuvieron un incremento en cada muestreo realizado, por lo que se evidencia la interrupción en el desarrollo de las uredosporas de *H. vastatrix*, roya del café.

A través de una gráfica de líneas se observó el comportamiento de incidencia en cada tratamiento:

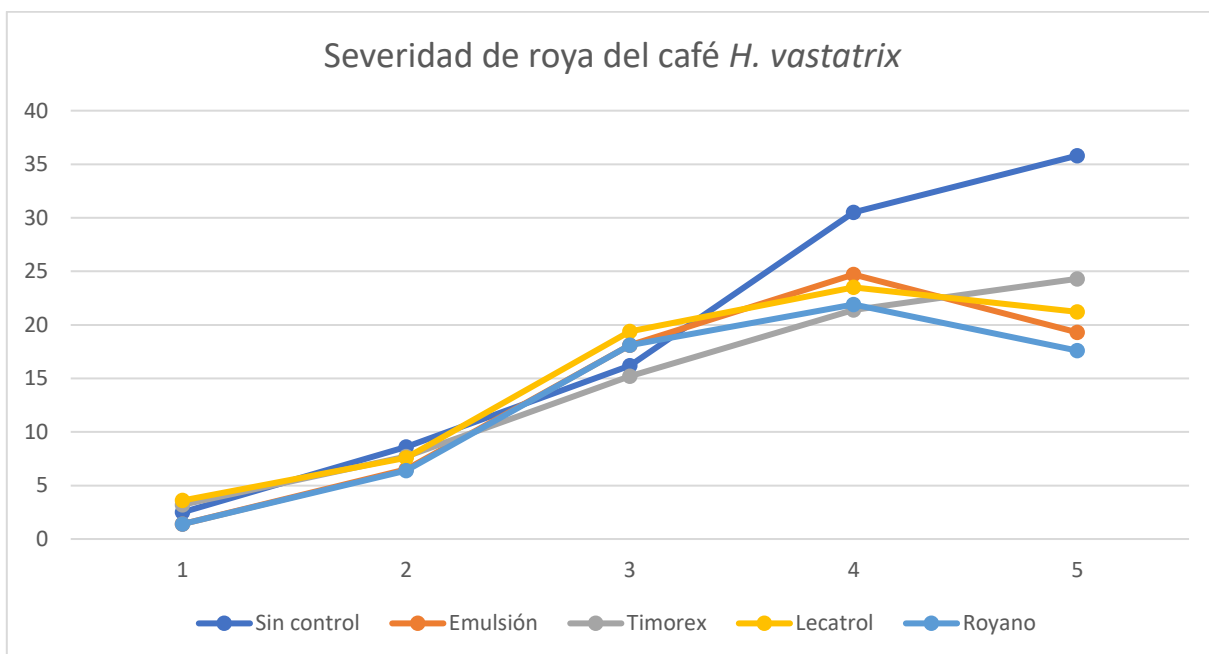


Figura 15: Comparación de severidad de *H. vastatrix* en relación a los tratamientos.

Se observa la comparación del porcentaje de severidad de roya del café en cada tratamiento durante los cinco muestreos realizados en la evaluación, el porcentaje de severidad más alto registrado fue en el tratamiento 1 (sin control de roya) con un valor de 35.8%.

1.2.1. Análisis de la varianza.

El análisis de varianza de severidad nos permitió descubrir si existía alguna diferencia significativa entre las medias de los diferentes grupos, siendo estos los tratamientos evaluados para el control de *H. vastatrix*, Roya del café, como se muestra en el cuadro 10.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Severidad	25	0.91	0.86	18.83

Cuadro 10: Análisis de la Varianza de severidad (SC tipo III).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1241.56	8	155.20	19.33	<0.0001
Tratamiento	94.95	4	23.74	2.96	0.0526
Bloque	1146.62	4	286.65	35.71	<0.0001
Error	128.44	16	8.03		
Total	1370.01	24			

El análisis de varianza se determinó estadísticamente mediante el p-valor y el coeficiente de variación que existió poca diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos evaluados. Sin embargo, debido a que el p-valor de 0.0526, se encontró en el límite considerado, se recomendó hacer una prueba múltiple de medias para determinar las diferencias entre los tratamientos.

Se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey al 5% de significancia en los tratamientos evaluados, la cual determinó los tratamientos según el menor número de severidad que presentó cada uno de ellos:

Cuadro 11: Prueba de medias de Tukey al 5% de significancia en severidad de *H. vastatrix* evaluada en los tratamientos.

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
Royano	13.08	5	1.27	A		
Emulsión de lom.	14.00	5	1.27	A	B	
Timorex	14.37	5	1.27	A	B	C
Lecatrol	15.06	5	1.27		B	C
Sin control	18.73	5	1.27			C

Se observó en el cuadro 11, que el tratamiento T5 = Royano mostró menor severidad de roya en plantas de café con una media de 13.08%, asimismo, el tratamiento T2= Emulsión de lombricompost presentó una media de 14.00% de severidad, mientras que el tratamiento T3= Timorex Gold tuvo una media de 14.37% por otra parte el tratamiento testigo (T1= Sin control) fue el que presentó mayor severidad de *H. vastatrix* en plantas de café con una media de 18.73%, estadísticamente no existieron diferencias significativas entre los tratamientos T5, T2 y T3 que fueron los que presentaron un mayor control sobre la roya del café.

A través de una gráfica barras se observó la agrupación de los tratamientos evaluados, de acuerdo a la media de severidad en cada tratamiento como se muestra:

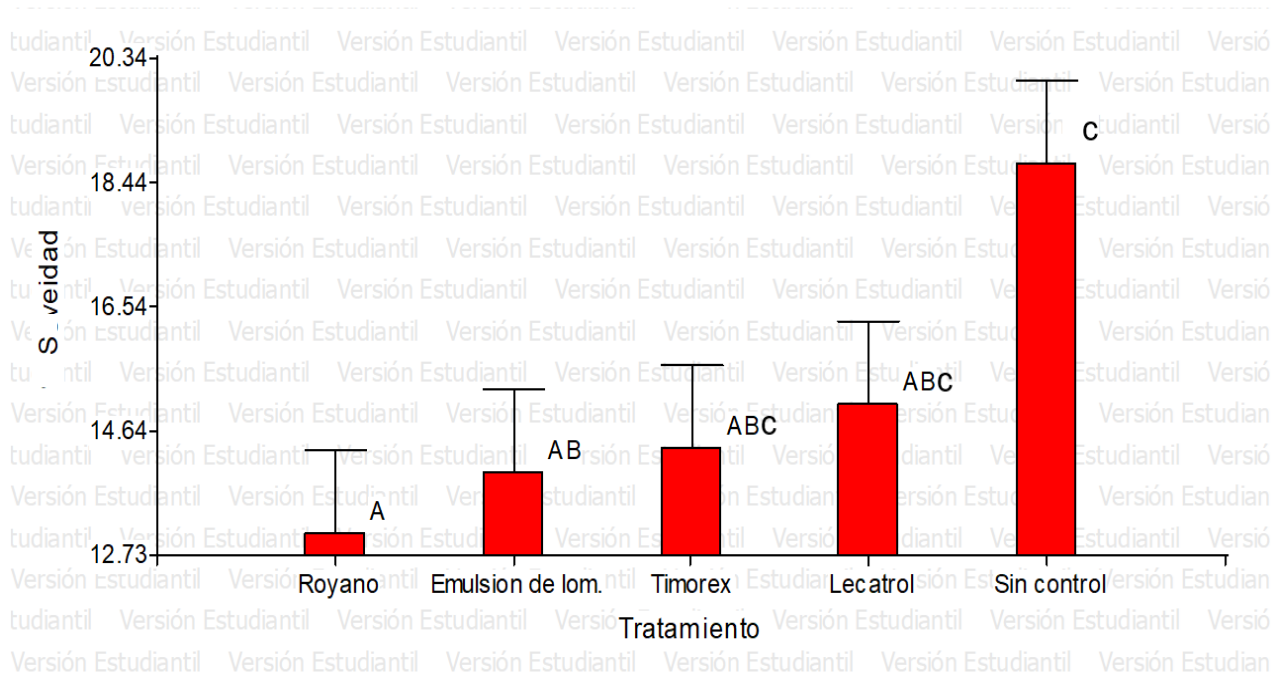


Figura 16: Diferencia significativa en los tratamientos.

En la gráfica se observa la diferencia significativa entre los tratamientos T5 (Royano) y T1 (Sin control), asimismo se observó la clasificación de los tratamientos en los grupos A, B y C, de acuerdo con la severidad registrada en cada muestreo realizado.

2. Determinación de las condiciones climáticas, (temperatura, precipitación, humedad relativa) durante la evaluación de productos orgánicos sobre el control de *H. vastatrix*.

El agua es esencial para la dispersión y germinación de las esporas de *H. vastatrix*, roya del café, algunas investigaciones han concluido que la dispersión de la roya por el aire es de poca o ninguna importancia y que las salpicaduras de la lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas.

La precipitación pluvial durante la evaluación fue medida mensualmente como se observa:

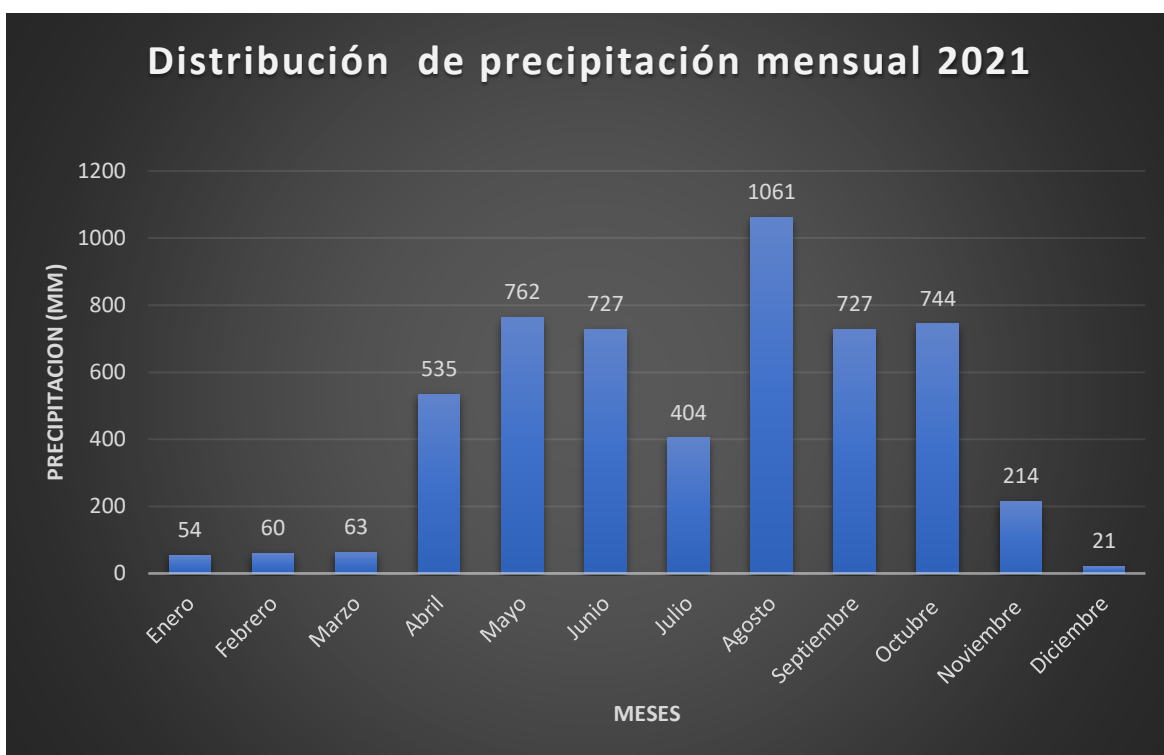


Figura 17: Distribución de precipitación mensual del año 2021.

Se muestra que durante los meses de mayo, junio, julio y agosto se tuvo una precipitación de 3,207 mm, la precipitación pluvial que se obtuvo durante la investigación, favoreció el desarrollo y propagación *H. vastatrix*, Roya del café, tomando en cuenta que la finca se encuentra a una altitud de 1,352 metros sobre el nivel del mar y se encuentra ubicada en una zona altamente lluviosa.

Las temperaturas favorables para el desarrollo de la roya del café son de (21 a 25°C), durante la ejecución del experimento se registraron temperaturas promedio de 22°C, como se muestra:

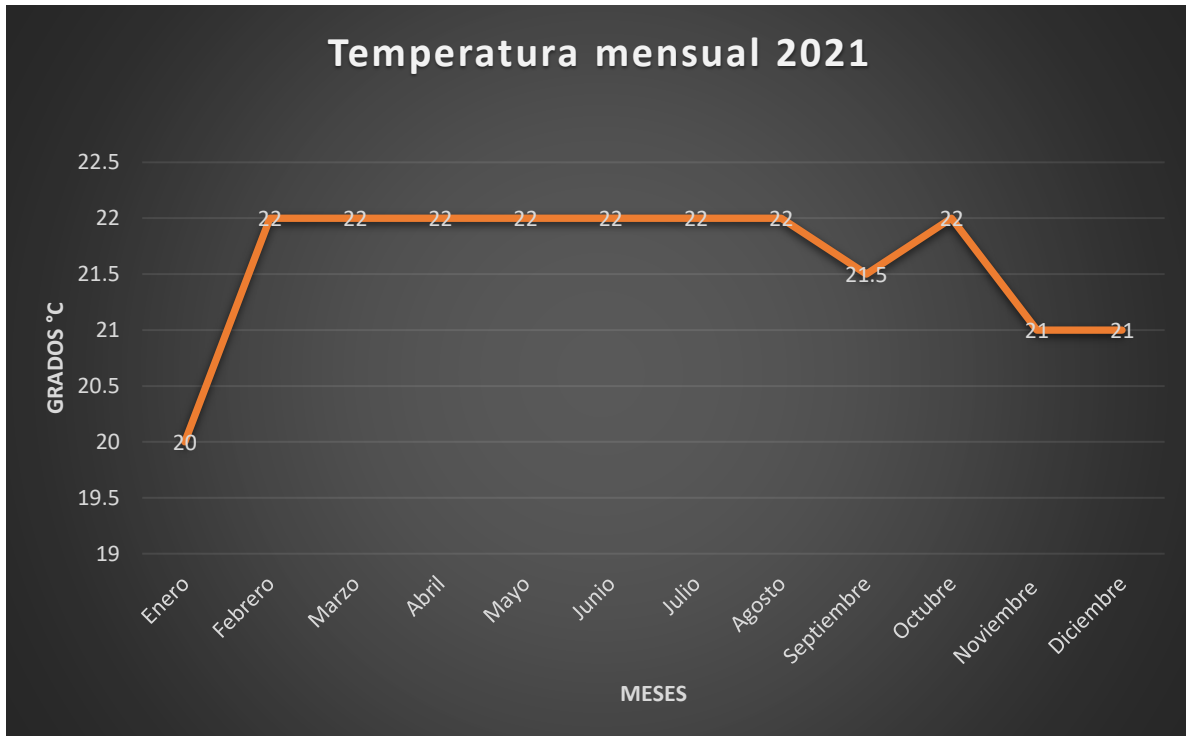


Figura 18: Temperatura mensual del año 2021.

Se observa que en los meses de febrero a agosto se tuvo una temperatura promedio de 22°C, asimismo, durante los meses de enero, septiembre, noviembre, y diciembre se tuvo una temperatura promedio de 21°C.

Con el motivo de comprender la influencia de las variaciones del clima en el desarrollo de *H. vastatrix*, roya del café, se analizaron los factores de clima que más influyeron sobre el incremento de la enfermedad ocurridos durante la investigación, La comparación de la temperatura promedio y de la precipitación mensual demostró la existencia de un gran cambio en el comportamiento habitual de estos dos factores del clima, especialmente a partir del mes de mayo. Asimismo, se registró una humedad promedio de 79%.

La influencia de la precipitación en el desarrollo de enfermedades es un factor importante, debido a la propagación de esporas que genera a través del agua, a continuación, se muestra una comparación de la precipitación y la incidencia de roya del testigo:

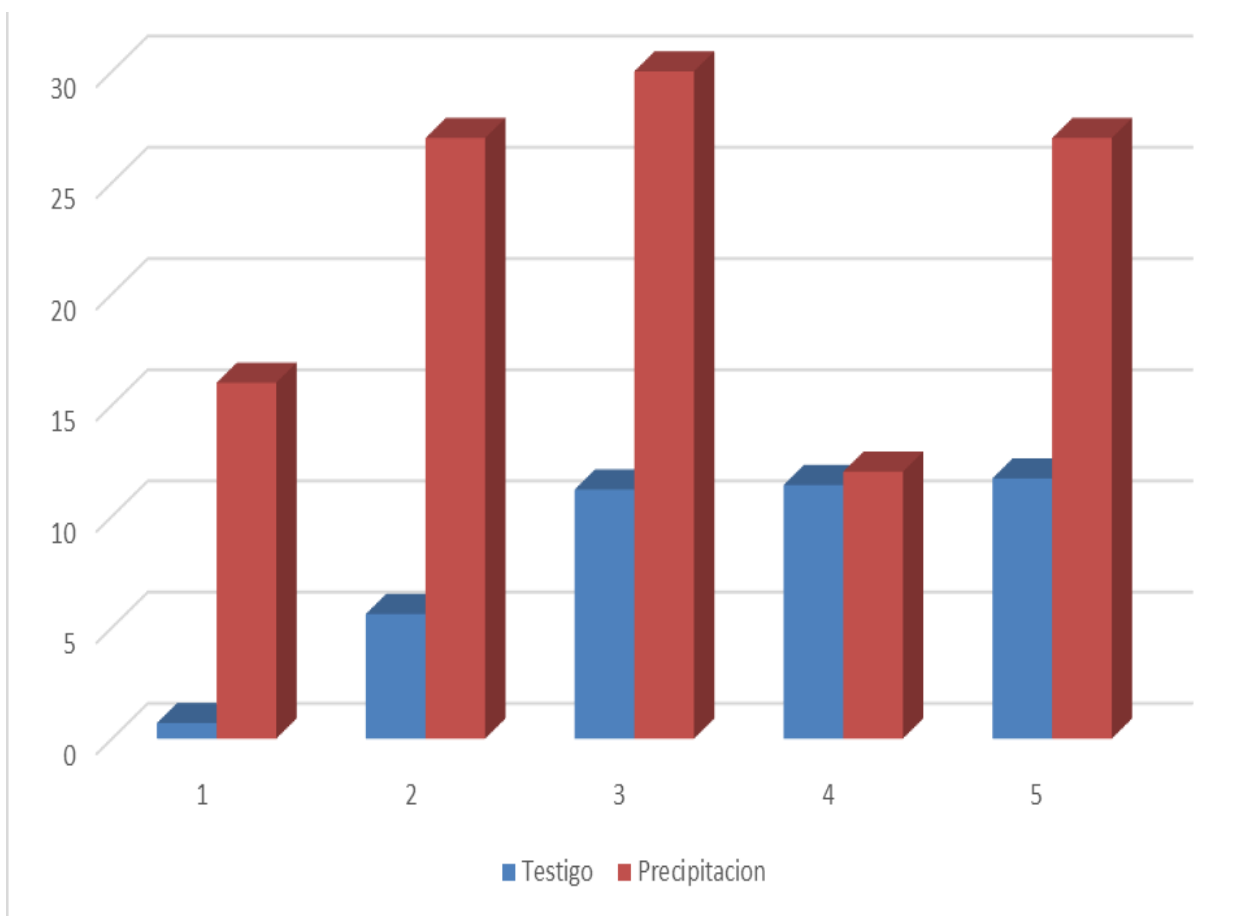


Figura 19: Comparación de precipitación con incidencia de *H. vastatrix*, Roya del café, del testigo absoluto.

Se observa el incremento proporcional de la incidencia en el testigo absoluto de la evaluación (sin control) junto con la precipitación pluvial registrada.

Asimismo, en la siguiente figura se observa una comparación de la incidencia en todos los tratamientos evaluados, junto con la precipitación pluvial obtenida durante la evaluación.

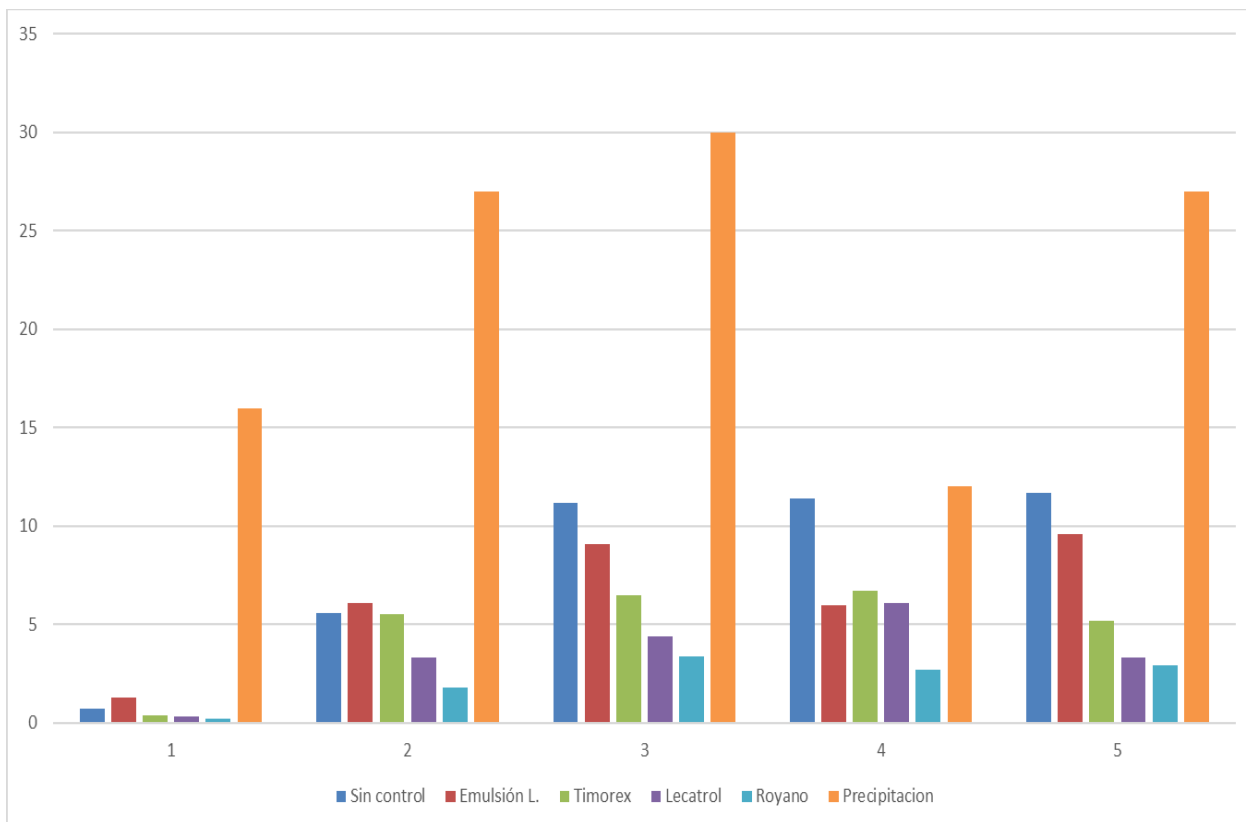


Figura 20: Comparación de precipitación con incidencia de *H. vastatrix*. Roya del café, de los tratamientos.

Se observa que el tratamiento cinco (Royano) tuvo menor incidencia de roya del café en relación a la precipitación pluvial, sin embargo, en los tratamientos uno (sin control) y dos (emulsión de lom.) se tuvo un incremento proporcional a la precipitación.

3. Realización del análisis de costos entre los tratamientos evaluados.

Para la realización del análisis de costos se determinaron los costos de producción en cada tratamiento,

3.1. Costo por tratamiento.

En los siguientes cuadros se describen los costos de productos utilizados en cada tratamiento, tomando en cuenta cuatro aplicaciones por tratamiento.

3.1.1. Tratamiento 1: Sin control.

En este tratamiento no se utilizó ningún producto para el control de *H. vastatrix*, Roya del café por lo cual no se tuvo ningún gasto referente a productos.

3.1.2. Tratamiento 2: Emulsión de lombricompost.

Para el tratamiento dos evaluado, se utilizó lixiviado y humus de lombriz coqueta roja *E. foetida*, los cuales son producidos en finca Esperanza. A continuación, se detalla el costo de los productos.

Cuadro 12: Costos de productos de tratamiento dos (Emulsión de lombricompost).

Dosis / aplicación	No. de aplicaciones	Costo / 1 L	Precio total
2 litros de lixiviado de lombriz	4	Q 10.00	Q 80.00
500 mL de Kapsul	4	Q 50.00	Q 100.00
20 lb. humus de lombriz	4	Q 10.00	Q 80.00
			Q 260.00

3.1.3. Tratamiento 3: Timorex gold.

El producto Timorex gold tuvo un costo de Q 450.00 por litro, con dosis de 1.5 l/ha. Sin embargo, durante el experimento solo se utilizó 600 mL del producto, por lo que se realizó un cálculo de costos para 600 mL de producto como se describe a continuación:

Cuadro 13: Costos de productos del tratamiento tres (Timorex Gold).

Dosis / aplicación	No. de aplicaciones	Costo / L	Precio total
150 mL de Timorex Gold	4	Q 450.00 / litro	Q 270.00
500 mL de Kapsul	4	Q 50.00	Q 50.00
			Q 320.00

3.1.4. Tratamiento 4: Lecatrol.

El producto Lecatrol elaborado por la empresa Micsa tuvo un costo de Q 100.00 por 100 gr. de producto, durante las cuatro aplicaciones se tuvo un gasto de Q 400.00 como se muestra:

Cuadro 14: Costo de productos de tratamiento cuatro (Lecatrol).

Dosis / aplicación	No. de aplicaciones	Costo / 250 mL	Precio total
100 gr de Lecatrol	4	Q 100.00	Q 400.00
500 mL de Kapsul	4	Q 12.50	Q 50.00
			Q 450.00

3.1.5. Tratamiento 5: Royano.

Se utilizaron 250 mL de producto por aplicación con un costo de Q 87.00, sumado a esto se tuvo un gasto de Q 12.50 por aplicación del adherente encapsulate Kapsul, teniendo un costo total de Q 400.00 como se muestra:

Cuadro 15: Costos de productos tratamiento cinco (Royano).

Dosis / aplicación	No. de aplicaciones	Costo / 250 mL	Precio total
250 mL de Royano	4	Q 87.00	Q 350.00
500 mL Kapsul	4	Q 12.50	Q 50.00
			Q 400.00

3.1.6. Costo de fertilización.

Los productos utilizados para la fertilización tuvieron un costo total de Q 290.00 lo que equivalió a Q 58.00 por tratamiento, asimismo se emplearon tres jornales para su aplicación, a un costo de Q 50.00 por día. Haciendo un total de Q150.00 equivalentes a Q 30.00 por tratamiento. En el siguiente cuadro se describen los precios de productos utilizados.

Cuadro 16: Costos de fertilización por tratamiento.

Fertilizantes sólidos	Primera dosis	Segunda dosis	Tercera dosis	Costo total
Pulpa de café	2 kg/planta	3 kg/planta	3 kg/planta	Q 25.00
Humus de lombriz	0.5 kg/ planta	1 kg/planta	1 kg/planta	Q 55.00
Compostaje	0.5 kg/planta	1 kg/planta	1 kg/planta	Q 25.00
Fertilizante Foliar	Primera dosis	Segunda dosis	Tercera dosis	
IQ Forte	50 ml/planta	50 ml/planta	50 ml/planta	Q 125.00
Extracto de alga <i>Ascophyllum nodosum</i>	50 ml/planta	50 ml/planta	50 ml/planta	Q 60.00
				Q 290.00

3.1.7. Costo de motobombas fumigadoras.

Para las aplicaciones realizadas al cultivo de café *C. arabica* se utilizaron cuatro bombas fumigadoras marca Maruyama serie MS073D, las que tienen una vida útil de cuatro años trabajando cinco días a la semana, durante seis horas diarias y realizando dos servicios de mantenimiento anualmente.

Costo de bomba fumigadora: Q 7,000.00

48 semanas/ año * 5 días a la semana = 240 días/ año

240 días al año * 6 horas/ día = 1,440 horas por año

4 años de vida útil * 1,440 horas/ año = 5,760 horas de vida útil.

Las bombas fumigadoras necesitan mantenimiento dos veces por año, por cada máquina se utilizan Q 200.00 al año entonces se le agregaría esto a su precio total.

$Q 7,000.00 + Q 800.00 = Q 7,800.00$ costo total por 4 años de vida.

$Q 7,800.00$ de costo de bomba / 5760 horas de vida útil = Q 1.35 / hora trabajada.

En esta investigación se utilizaron cuatro bombas fumigadoras, cada bomba se utilizó durante tres horas por aplicación y se llevaron a cabo cuatro aplicaciones para el experimento.

$Q 1.35 * 3 \text{ horas} / \text{aplicación} = Q 4.05$

$Q 4.05 * 4 \text{ aplicaciones} = Q 16.20$

$Q 16.20 * 4 \text{ bombas} = \mathbf{Q 64.80}$ Costo total de aplicaciones.

3.1.8. Costo de combustible.

Para el traslado del equipo de aplicación se utilizó un tractor John Deer 5055E que reportó un consumo de 20 km por galón de diesel, el lugar de la investigación estuvo a tres kilómetros del casco de la finca, por lo tanto, se recorrió una distancia de 6 km por aplicación.

Costo por galón de diésel: Q 24.28

No. de kilómetros por galón: 20 km

$20 \text{ km} / Q 24.28 = Q 0.823/\text{km}$

Kilómetros recorridos por aplicación: 6 km

$$6 \text{ km} * Q 0.82 = Q 4.92 * 4 \text{ aplicaciones} = \mathbf{Q 19.68}$$

Para el uso de las motobombas fumigadoras se utilizó gasolina regular, las cuales tenían un consumo de 1/3 de galón por aplicación.

$$\text{Precio de gasolina regular } Q 28.00/\text{galón} / 3 = Q 9.33 \text{ por aplicación}$$

$$4 \text{ aplicaciones} * Q 9.33 = \mathbf{Q 37.33}$$

3.1.9. Costo de poda en árboles de sombra.

El área utilizada para cada tratamiento en esta investigación fue de 576 m² conteniendo un área total de 2,880 m² en todo el experimento. El distanciamiento entre árboles de sombra chalum *Inga vera*, en el área fue de 8m x 8m, equivalentes a 64 m².

$$576 \text{ m}^2 \text{ por tratamiento} / 64 \text{ m}^2 \text{ por árbol} = 9 \text{ árboles /tratamiento}$$

Una persona es capaz de podar 15 árboles por día con un costo de Q 50.00

Tomando en cuenta que cada tratamiento tenía nueve árboles de sombra, se procedió a realizar una regla de tres:

$$15 \text{ árboles/ día} \text{ ----- } Q 50.00$$

$$9 \text{ árboles/ trat.} \text{ ----- } X$$

$$9 * Q 50.00 = 450/15 = Q 30.00 \text{ por tratamiento.}$$

Durante toda la investigación se realizaron dos podas, teniendo un costo de Q 60.00 por tratamiento.

3.1.10. Costo de limpieza de malezas.

En la finca se realiza un control de malezas manual, con uso de machetes. Una persona en promedio limpia un área de cuatro cuerdas por día, equivalentes a 1,764 m². A un precio de Q 50.00 / día.

Durante el experimento se realizaron cuatro limpieas en cada tratamiento, mediante una regla de tres se calculó el precio por limpia en cada tratamiento:

1,764 m²----- Q 50.00

576 m² ----- x = 576 * 50 = 28,800 / 1,764 = **Q 16.32 por tratamiento.**

Q 16.32 * 4 limpieas = **Q 65.30**

3.1.11. Costo de cosecha.

Para el traslado de los sacos de café cosechados se utilizó un tractor John Deer, el cual recorría una distancia de 4 km desde el lugar de la investigación hasta el beneficio y área de pesado de la finca.

Costo por galón de diésel: Q 24.28

No. de kilómetros por galón: 20 km

20 km/Q 24.28 = Q 0.823/km

Kilómetros recorridos por aplicación: 24 km

24 km * Q 0.82 = Q 19.68 * 3 cosechas = **Q 59.04**

Para la cosecha se necesitaron tres personas encargadas del corte de café, a un costo de Q 50.00 por persona, tomando en cuenta que se realizaron tres cortes, teniendo un costo total de Q 450.00 como se muestra a continuación.

3 personas * Q 50.00 = 150 * 3 cortes = Q 450.00

3.1.12. Costos totales por tratamiento.

El tratamiento 4 (Lecatrol) presentó mayor costo de producción con Q 1,259.00 como se muestra en el siguiente cuadro de resumen de gastos totales por tratamiento.

Cuadro 17: Costos totales por tratamiento.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
Costo de productos		Q 260.00	Q 320.00	Q 450.00	Q 400.00
Costo de equipo de aplicación		Q 64.80	Q 64.80	Q 64.80	Q 64.80
Costo de combustible	Q 11.80	Q 71.76	Q 71.76	Q 71.76	Q 71.76
Costo de poda de árboles	Q 30.00	Q 30.00	Q 30.00	Q 30.00	Q 30.00
Costo de limpieza	Q 65.30	Q 65.30	Q 65.30	Q 65.30	Q 65.30
Costo de fertilización	Q 88.00	Q 88.00	Q 88.00	Q 88.00	Q 88.00
Costo de cosecha	Q 90.00	Q 90.00	Q 90.00	Q 90.00	Q 90.00
TOTAL	Q 285.10	Q 669.86	Q 729.86	Q 859.86	Q 809.86
Costo/ ha	Q 4,949.65	Q 11,629.51	Q 12,671.18	Q 14,928.12	Q 14,060.06

3.1.13. Producción de café por tratamiento.

El tratamiento cinco (Royano) obtuvo la mayor producción con 9.5 kilogramos, equivalentes a 2,558.82 kg/ha. Por otro lado, el tratamiento uno (sin control) obtuvo la producción más baja con valores de 5.5 kg, equivalentes a 1,617.64 kg/ha, como se muestra a continuación.

Cuadro 18: Producción de café por tratamiento.

Tratamiento	Kg de café uva	Kg/ha. Café uva	Kg/ha café oro
Sin control	2.5	735.29	138.73
E. lombricompost	7.1	2088.23	394.01
Timorex G.	8.7	2558.82	482.80
Lecatrol	8.6	2529.41	477.25
Royano	9.5	2794.11	527.19

VII. CONCLUSIONES.

1. Estadísticamente con un nivel de significancia del 5% a través del análisis de varianza se demostró que, si existieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados sobre el control de *H. vastatrix*, roya de café, por lo que mediante una prueba de medias de Tukey al 5% de significancia se determinó que los mejores tratamientos que presentaron menor porcentaje de incidencia de roya del café *H. vastatrix*, fueron: T5 (Royano) con media de 8.03%; T4 (Lecatrol). 10.10% y T3 (Timorex gold), 12.03%.
2. El análisis de varianza correspondiente a la severidad de *H. vastatrix*, Roya del café, demostró que el mejor tratamiento evaluado fue el tratamiento cinco (Royano 25 EW).
3. La incidencia de *H. vastatrix*, roya del café, tuvo un incremento proporcional a la precipitación pluvial en la zona experimental durante la evaluación, en donde la temperatura promedio fue de 22°C y se registró una humedad relativa promedio de 79%, durante los meses de mayo, junio, julio y agosto teniendo una precipitación de 3,207 mm.
4. El tratamiento que presentó mayor porcentaje de rentabilidad fue T5 (Royano 25 EW) con un valor de 28.7% teniendo un margen de ganancia de Q 5,668.09/ha.

VIII. RECOMENDACIONES.

1. Derivado de la investigación realizada sería conveniente cambiar el producto orgánico utilizado actualmente para el control de *H. vastatrix*, Roya del café, en Finca Esperanza y utilizar Royano 25 (EW), con dosis de 1 a 1.5 l por hectárea, 50 mL de mezcla por planta.
2. Es importante tomar en cuenta la severidad de *H. vastatrix*, Roya del café, en evaluaciones futuras para determinar el efecto del producto aplicado.
3. Se debe realizar las aplicaciones en los meses de abril a octubre, debido a que son los meses con mayor propagación de esporas de *H. vastatrix*, Roya del café, debido a la precipitación pluvial en la zona, como también realizar podas constantes en árboles forestales utilizados para sombra del café con el objetivo de mantener el 40% de sombra necesaria.
4. Resultado del análisis de costos, es conveniente utilizar el tratamiento cinco Royano 25 (EW). Debido a que es el tratamiento que presentó mejor relación beneficio/costo.

IX. REVISION BIBLIOGRAFICA.

1. Agroptima. (2019). AGROPTIMA BLOG. Recuperado el 22 de marzo de 2021, de <https://www.agroptima.com/es/blog/cultivo-de-bacterias-en-la-agricultura/>
2. ANACAFE. (2010). *Asociación nacional de café*. Recuperado el 12 de marzo de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12899/1/trabajo%20de%20graduaci%C3%B3n%20disco.pdf>
3. ANACAFE. (2011). *repositorio.usac*. Recuperado el 15 de marzo de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6441/1/EPIDEMIOLOG%C3%8DA%20DE%20LA%20ROYA%20DEL%20CAF%C3%89%20IIA.pdf>
4. ANACAFE. (2013). Caficultura libre de roya. *Revista el cafetal*. Recuperado el 17 de marzo de 2021
5. ANACAFE. (2021). Capacitación para muestreo de roya. (P. Durán, Entrevistador) Recuperado el 17 de Febrero de 2021
6. ANDBANK. (2012). *ANDBANK private bankers*. Recuperado el 23 de marzo de 2021, de <https://www.andbank.es/observatoriodelinversor/que-es-la-rentabilidad/>
7. Calel, P. (diciembre de 2019). *Repositorio Usac*. Recuperado el 05 de 03 de 2021, de Evaluación de medios de cultivo y tipos de envases para almacenaje en la producción: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12899/1/trabajo%20de%20graduaci%C3%B3n%20disco.pdf>
8. Carrillo, H. (15 de febrero de 2021). Entrevista personal. (P. Durán, Entrevistador)
9. CATIE. (2000). Manual técnico buenas prácticas de cultivo en café orgánico. 13. Recuperado el 12 de marzo de 2021
10. CENICAFE. (2015). *Centro Nacional de Investigaciones del Café*. Recuperado el 12 de marzo de 2021, de https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/manejo_de_enfermedades

11. Chalfoun. (1997). Recuperado el 18 de marzo de 2021, de Repositorio usac: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6441/1/EPIDEMIOLOG%C3%8DA%20DE%20LA%20ROYA%20DEL%20CAF%C3%89%20IIA.pdf>
12. CIA. (2010). *Centro de Investigaciones Agrícolas*. Recuperado el 22 de marzo de 2021, de http://www.cia.ucr.ac.cr/?page_id=135#:~:text=Los%20microorganismos%20del%20suelo%20constituyen,y%20salud%20de%20las%20plantas.&text=Utilizaci%C3%B3n%20de%20microorganismos%20en%20la%20fertilidad%20de%20los%20cultivos.
13. CICAFAE. (2011). *repositorio.usac*. Recuperado el 12 de marzo de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10036/1/T-03510.pdf>
14. Cifuentes, L. (Noviembre de 2016). "INFORME FINAL DE SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA LA LOMA, SAN FRANCISCO, SUCHITEPEQUEZ". Recuperado el 20 de febrero de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6382/1/informe%20final%20de%20servicios.pdf>
15. CONTROL UNION. (2008). Recuperado el 23 de marzo de 2021, de <https://www.cuperu.com/portal/es/programas-de-certificacion/organico/usda-nop>
16. Cristancho, M. A. (2008). *Control biológico de enfermedades*. Recuperado el 19 de marzo de 2021, de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/993/9/7.%20Control%20biol%C3%B3gico%20de%20enfermedades.pdf>
17. CropLife. (2018). *CropLife Latin America*. Recuperado el 22 de marzo de 2021, de <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/roya-del-cafeto>
18. Dávila, T. (30 de 10 de 2013). *ENCAFE Escuela de Negocios*. Recuperado el 22 de marzo de 2021, de <https://clubdelcafe.wordpress.com/2013/10/30/historia-del-cafe-en-guatemala/>
19. FAO. (2015). *Infocafe*. Recuperado el 23 de marzo de 2021, de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2015/09/manejo-agroecologico-de-la-roya-del-cafe.pdf>

20. Galey, & Jackson. (2008). *Siatma.org*. Recuperado el 10 de marzo de 2021, de http://siatma.org/sitios/biblioteca/uploads/Microbioamas_y_Control_Bilo%C3%81gico_de.pdf
21. Google Maps. (5 de Marzo de 2021). *Google Maps*. Recuperado el 5 de marzo de 2021, de <https://www.google.com/maps/dir/14.6049309,-91.5118578/14.6528415,-91.4881386/@14.6280503,-91.5143184,13.69z>
22. Kirk, P., Cannon, J., & Stalpers, J. (2008). *Repositorio Usac*. Recuperado el 18 de marzo de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6441/1/EPIDEMIOLOG%C3%8DA%20DE%20LA%20ROYA%20DEL%20CAF%C3%89%20IIA.pdf>
23. Lopreto, K. (Noviembre de 2018). *Informe final de los servicios realizados en el cultivo de café (Coffea arabica), en Finca "Esperanza", municipio de Zunilito, Suchitepéquez*. Mazatenango, Suchitepéquez. Recuperado el 20 de febrero de 2021
24. MICSA. (2021). *Productos microbiológicos*. Recuperado el 18 de marzo de 2021, de <http://micsagt.com/index.php/product/product/71>
25. Monroig. (1999). *Academic.uprm.edu*. Recuperado el 12 de marzo de 2021, de https://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1794/Manual_de_Caficultura_Sostenible.pdf
26. Rayner. (1972). *Repositorio.usac*. Recuperado el 12 de marzo de 2021, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6441/1/EPIDEMIOLOG%C3%8DA%20DE%20LA%20ROYA%20DEL%20CAF%C3%89%20IIA.pdf>
27. Rivera, W. (2015). *Control microbiológico como experiencia de sostenibilidad local en la agricultura centroamericana*. Costa Rica. Recuperado el 22 de marzo de 2021, de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29s3/0379-3982-tem-29-s3-31.pdf>
28. Rubio, V., & Fereres, A. (2005). *Control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos*. Recuperado el 22 de marzo de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/36025273.pdf>
29. SARH. (1993). *Enfermedades del café y su control en México*. 4-19. Recuperado el 12 de marzo de 2021
30. SENASA. (2012). *MIR manejo integrado de roya*. Recuperado el 2021 de febrero de 28, de

http://www.senasa.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/SUB_DIR_CONTEP/1222.pdf

31. Subero, L. (2005). La roya del café (en línea). Consultado 13 abr. 2021. Disponible en www.infocafes.com.
32. Syngenta. (2014). *SlideServe*. Recuperado el 18 de marzo de 2021, de <https://www.slideserve.com/samantha-hodges/roya>
33. WordPress. (2011). *WordPress.com* s. Recuperado el 23 de marzo de 2021, de <https://fertilizantes.wordpress.com/2011/02/27/lombricompost/>

Vo. Bo. 
Lcda. Ana Teresa de González.
Bibliotecaria CUNSUROC.



X. ANEXOS.

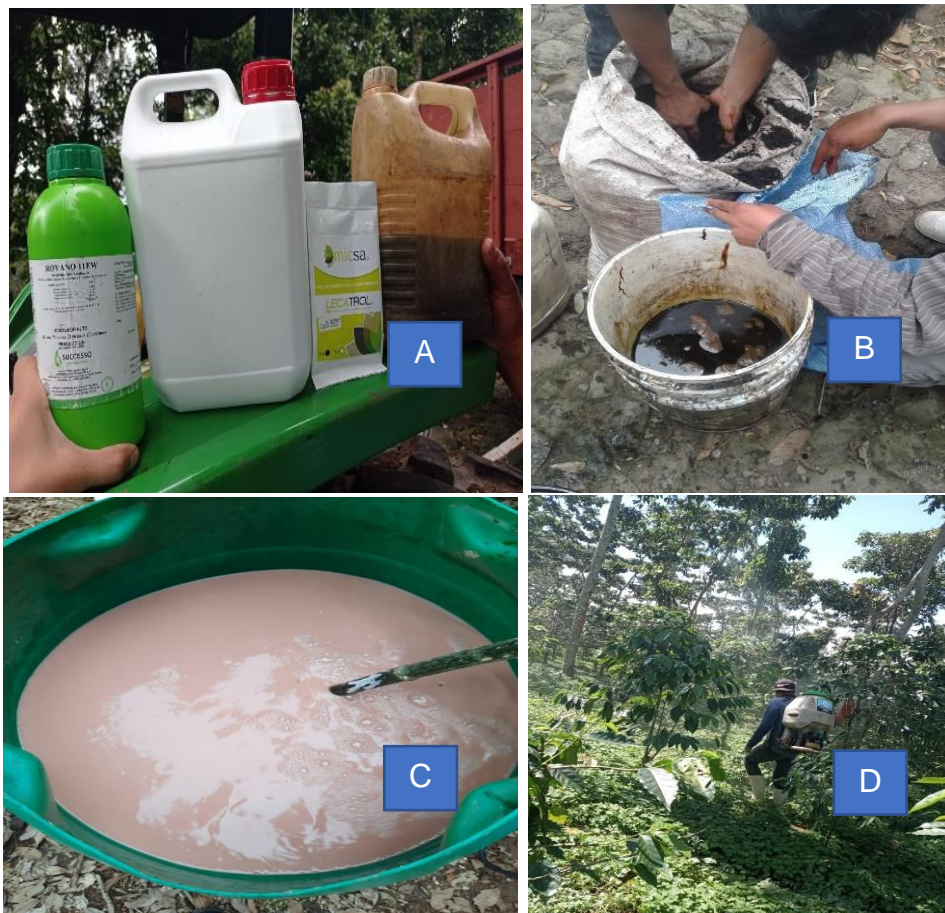


Figura 21: A) Productos orgánicos evaluados; B) Preparación de emulsión de lombricompost; C) mezcla de productos; D) Aplicación de tratamientos.



Figura 22: Área de evaluación de productos orgánicos sobre el control de roya.



Figura 23: Muestreo de incidencia de roya del café en tratamiento uno.



Figura 24: Preparación de productos orgánicos evaluados.



Figura 25: Esporas de roya del café parasitada con *Lecanicillium lecanii* del producto orgánico Royano.



Figura 26: Escala de severidad de roya del café *H. vastatrix*.



Figura 27: Cosecha de café *C. arabica*, de cada tratamiento.



Figura 28: Secado de café *C. arábica*, en zarandas de secador solar.

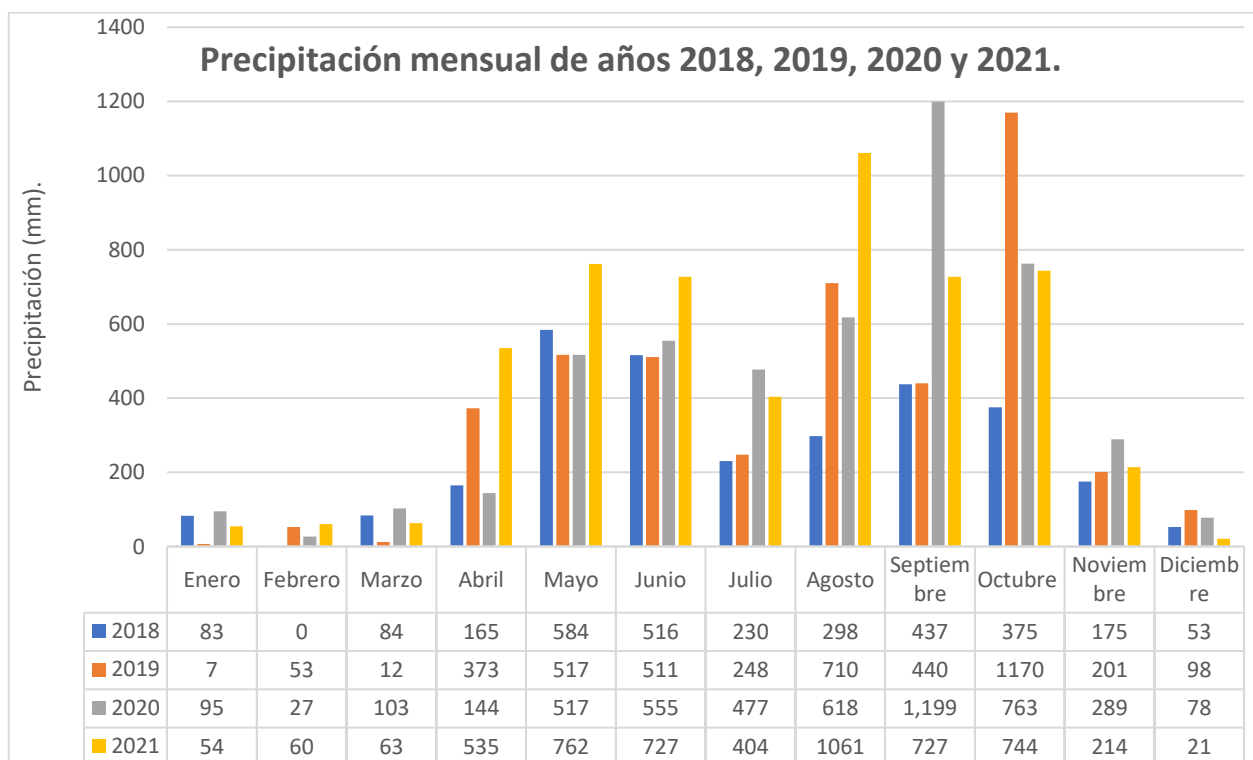


Figura 29: Gráfica de comparación de precipitación mensual de los años 2018, 2019, 2020 y 2021.

Cuadro 19: Boleta de muestreo para determinar incidencia de roya del café.**BOLETA DE MUESTREO INCIDENCIA**

No. de bloque		Tratamiento		
No. Planta	Total muestra	Hojas sanas	Hojas infectadas	% Incidencia
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Cuadro 20: Boleta de muestreo para determinar severidad de roya del café.**BOLETA DE MUESTREO DE SEVERIDAD**

No. de bloque		Tratamiento					
No. Planta	Total muestra	Escala de severidad					% Severidad
		0	1	2	3	4	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Cuadro 21: Primera lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.

PRIMER MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
2.1	3.3	0.7	0	1.1
1.4	0	0.3	0	0
0	0.3	0.7	1	0
0	1.4	0	0.3	0
0	1.4	0	0.3	0
0.7	1.28	0.34	0.32	0.22

Cuadro 22: Segunda lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.

SEGUNDO MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
6	4.7	6.6	3.6	1.4
7.2	8.6	7.8	3.6	1.5
4.6	4	6.1	2.6	2.6
5.7	7.2	4.2	2.9	2.2
4.4	6.1	2.9	3.7	1.4
5.58	6.12	5.52	3.28	1.82

Cuadro 23: Tercera lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.

TERCERO MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
9.2	7.2	7.7	4.9	2.5
11.7	12.5	4.1	6.3	1.4
12.1	5.1	4.7	3.4	4.9
7.8	7.3	5.7	3.3	3.6
15.4	13.6	10.5	4.2	4.5
11.24	9.14	6.54	4.42	3.38

Cuadro 24: Cuarta lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.

CUARTO MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
18.1	8.2	10	9.1	3.6
13.1	9.4	6.9	5.5	4.8
11.3	7.5	5.8	7.2	3.7
7.5	5.5	4.9	6.3	2.6
10.4	5.4	6.2	2.2	1.4
12.08	7.2	6.76	6.06	3.22

Cuadro 25: Quinta lectura de incidencia en los tratamientos evaluados.

QUINTO MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
13.1	4.3	5.1	5.6	3.7
9.1	11	5	2.5	3.2
12.4	0.3	5.3	5.5	1.4
13.6	8	3.7	3.7	3
10.4	5.5	6.7	6.7	4
11.72	5.82	5.16	4.8	3.06

Cuadro 26: Primera lectura de severidad en los tratamientos evaluados.

PRIMER MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
5	4	3	3	1
2	1	4	5	5
0	1	2	3	0
0	1	3	3	0
1	0	4	4	1
1.6%	1.4%	3.2%	3.6%	1.4%

Cuadro 27: Segunda lectura de severidad en los tratamientos evaluados.

SEGUNDO MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
7	4	4	4	2
6	3	1	3	0
7	5	8	5	3
0	0	5	3	0
1	4	3	3	5
4.2%	3.2%	4.2%	3.6%	2%

Cuadro 28: Tercera lectura de severidad en los tratamientos evaluados.

TERCER MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
8	3	2	7	1
5	4	0	3	0
7	5	4	4	3
6	3	4	2	0
9	4	4	2	2
7%	3.8%	2.8%	3.6%	1.2%

Cuadro 29: Cuarta lectura de severidad en los tratamientos evaluados.

CUARTO MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
14	15	8	10	15
21	3	9	16	12
12	8	4	6	8
6	9	12	3	8
20	7	8	12	5
14.6%	8.4%	8.2%	9.4%	9.6%

Cuadro 30: Quinta lectura de severidad en los tratamientos evaluados.

QUINTO MUESTREO				
T1	T2	T3	T4	T5
17	20	7	21	8
30	18	12	17	23
57	24	21	24	30
40	18	15	12	24
35	8	13	13	12
35.8%	17.6%	13.6%	17.4%	19.4%

Mazatenango, Suchitepéquez mayo de 2022.

Ing. Agr. Luis Alfredo Tobar Piril.
Coordinador Carrera de Agronomía Tropical
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respetable Ingeniero Tobar:

Por este medio me dirijo a usted, deseando que se encuentre gozando de buena salud.

El motivo de la presente es para informar que luego de haber asesorado y revisado la Investigación Inferencial titulada **“Evaluación de cuatro productos orgánicos para el control de roya del café *Hemileia vastatrix* Berk & Br. en finca Esperanza ubicada en Zunilito, Suchitepéquez.”** Presentado por el estudiante Pablo Daniel Durán Sandoval, quien se identifica con número de carné 201540911 de la carrera de Agronomía tropical, y de conformidad con lo establecido en el reglamento de Trabajo de Graduación, doy visto bueno y aprobación, para que el estudiante pueda continuar con el trámite correspondiente.

Agradeciendo de antemano la atención prestada a la presente y sin otro particular me suscribo.

Atentamente:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



F.

Dr. Mynor Raul Otzoy Rosales
Supervisor-asesor EPS.

Mazatenango, 16 de marzo del 2023.

Licenciado Luis Carlos Muñoz López.
Director en funciones.
Centro Universitario del Suroccidente.
Universidad San Carlos de Guatemala.
Su despacho.

Señor director en funciones.

Con fundamento en el normativo de Trabajos de Graduación de la carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que el estudiante: **Pablo Daniel Durán Sandoval**, quien se identifica con numero de Carné: **201540911**, a concluido su trabajo de graduación titulado: **Evaluación de cuatro productos orgánicos para el control de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Roya del café en finca Esperanza Zunilito, Suchitepéquez, Guatemala.** el cual fue asesorado por mi persona, Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales, lo que se evidencia con la nota adjunta, en donde consta que lo ha revisado previamente.

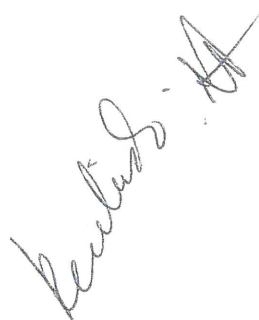
Como coordinador de la carrera de Agronomía Tropical, hago constar que el estudiante T.P.A. Pablo Durán, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su juicio el documento que se acompaña, para que continúe con el trámite correspondiente de graduación.

Sin otro particular, esperando haber cumplido satisfactoriamente con la responsabilidad inherente al caso, le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales.
Coordinador Carrera.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-31-2023

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, veintisiete de abril de dos mil veintitrés-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: “EVALUACIÓN DE CUATRO PRODUCTOS ORGÁNICOS PARA EL CONTROL DE *Hemileia vastatrix* Berk & Br. ROYA DEL CAFÉ EN FINCA ESPERANZA ZUNILITO, SUCHITEPÉQUEZ”, del estudiante: TPA. Pablo Daniel Durán Sandoval, carné 201540911. CUI: 2814 12197 0901 de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director

/gris

