



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
CAMPUS V**



Manejo en vivero de *Hemileia vastatrix* mediante extractos vegetales,
preparados minerales y abonos orgánicos

TESIS

Presentada para obtener el grado de
**MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL**

presenta

Ing. Adelina Lira Domínguez

Directora de tesis

Dra. Sandra Isabel Ramírez González

**Villaflores, Chiapas, México
Marzo, 2019**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CAMPUS V
DIRECCIÓN



VILLAFLORES, CHIAPAS
01 DE MARZO DE 2019
OFICIO N° D/097/19

ING. ADELINA LIRA DOMINGUEZ
PASANTE DE LA MCPAT
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
P R E S E N T E.

En atención a que usted ha presentado los votos aprobatorios del Honorable Jurado, designado para su evaluación de grado, de la tesis titulada: "**Manejo en vivero de *Hemileia vastatrix* mediante extractos vegetales, perparados minerales y abonos orgánicos**", por este conducto le comunico que se le autoriza la impresión del documento, de acuerdo a los lineamientos vigentes de la Universidad.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"
FACULTAD DE
CIENCIAS AGRONOMICAS

M. C. ROBERTO REIMUNDO COUTIÑO RUIZ
DIRECTOR



C. c. p. Archivo

DEDICATORIA

A mi creador

Porque me ha dado grandes oportunidades de superación

A mi familia

por su acompañamiento y afecto que me brindan.

A mis dos grandes motores Luis Ángel y Martha Lidia
Gracias por su comprensión en los momentos de ausencia y por inspirarme a buscar
mi superación.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT por el apoyo brindado en el programa de becas periodo 2016-2018.

Dra. Sandra I. Ramírez González, Dr. Orlando López Báez por su acompañamiento en el desarrollo de la investigación.

Grupo de productores de café de la localidad de Yashanal, municipio de Tenejapa, Chiapas por su aportación de semilla de la variedad Caturra Rojo, Caturra Amarillo y Bourbon, así como abono para el llenado de bolsa: Verónica Meza Méndez, Antonio Jiménez Girón, Antonio Girón Jiménez, Pedro Jiménez Santiz, Antonia Luna Méndez, Lucia Girón Pérez, Lucia Girón Luna, Sebastiana Gómez Guzmán, Nicolás Méndez Jiménez, Celina Santis Jiménez, María Jiménez Girón, Pedro Luna Girón, Bulmaro Aguilar Guiza, Serapio Hernández Zuñiga, Ángel Hernández López, Andrés Mauricio Aguilar Hernández, Julio Augusto Hernández Vázquez, Juan Santis Gómez, , Sebastián Méndez Santiz.

Lic. Alberto representante legal de Impulso por la Igualdad y Justicia para el Desarrollo Social (IMEDESO S.C), por su aportación de semilla de café de la variedad Costa Rica.

Ing. Alonso Rojas Coronel.

Ingeniero Raúl Cabrera Quiñones representante de Biosoluciones Orgánico-minerales SPR de RL por su aportación de Guanovit® y E.M®, así como su acompañamiento constante para la correcta aplicación de los insumos.

Dr. Diana Sanzón Gómez por las mejoras al proyecto de investigación

Ing. Heyne Espinosa Cancino por su aportación de humus liquido HIELD®.

Ing. Ramón Huerta Rivera e Ing. José Ramón Pinacho, M.C Sara Azucena Del Rosario Jiménez por su apoyo incondicional en el proyecto de investigación.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS CAMPUS V



Esta tesis titulada MANEJO EN VIVERO DE *Hemileia vastatrix* MEDIANTE EXTRACTOS VEGETALES, PREPARADOS MINERALES Y ABONOS ORGÁNICOS, forma parte del proyecto de investigación “Extractos de plantas tropicales en el control *in vitro* de enfermedades de cultivos de importancia económica para el estado de Chiapas”. Registrado en la Coordinación de Investigación y Posgrado de la UNACH, financiado por el fondo de Innovación Tecnológica del CONACYT (000000000193226) y Secretaría de Economía, bajo la dirección de la Dra. Sandra Isabel Ramírez González.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento:
DESARROLLO SUSTENTABLE, del GRUPO DE INVESTIGACION
SUSTENTABILIDAD, AGRICULTURA Y NEGOCIOS.

Se incluye en la línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Sistemas Agrícolas Tropicales, del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
CAMPUS V



Esta tesis titulada MANEJO EN VIVERO DE *Hemileia vastatrix* MEDIANTE EXTRACTOS VEGETALES, PREPARADOS MINERALES Y ABONOS ORGÁNICOS, fue realizada por la Ing. ADELINA LIRA DOMÍNGUEZ, bajo la dirección y asesoría del Comité Tutorial indicado, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMITÉ TUTORIAL

DIRECTORA

DRA. SANDRA ISABEL RAMÍREZ GONZALEZ

ASESORES

DR. ORLANDO LÓPEZ BAEZ

DR. FERNANDO ÁLVAREZ SIMAN

DR. ARNOLDO WONG VILLARREAL
(UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA SELVA)



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
CAMPUS V**



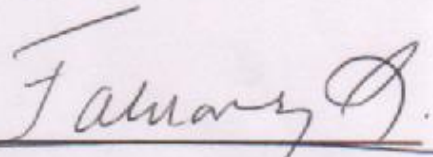
Esta tesis titulada MANEJO EN VIVERO DE *Hemileia vastatrix* MEDIANTE EXTRACTOS VEGETALES, PREPARADOS MINERALES Y ABONOS ORGÁNICOS, realizada por la Ing. ADELINA LIRA DOMÍNGUEZ, ha sido aprobada por la Comisión Revisora indicada, como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL.

COMISIÓN REVISORA

DR. ORLANDO LÓPEZ BAEZ



DR. FERNANDO ÁLVAREZ SIMAN



DR. ARNOLDO WONG VILLARREAL
(UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA SELVA)



Contenido

I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos e hipótesis	2
1.1.1 Objetivos	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Origen y distribución de la roya anaranjada en el mundo	3
2.2 Situación de la roya en México	4
2.3 Situación actual de la cafecultura en Chiapas	6
2.4 El agente responsable: taxonomía, descripción, hospederos y síntomas	7
2.5 Ciclo biológico de la enfermedad.....	9
2.5.2 La diseminación	9
2.5.2 La germinación:	9
2.5.3 Penetración:	9
2.6 Manejo de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) a nivel mundial	10
2.6.1 Control químico	10
2.6.2 Control biológico	11
2.6.3 Control genético.....	12
2.6.4 Alternativas de control para los sistemas de café orgánico.....	13
3.- MATERIALES Y METODOS	18
3.1 Diseño de la investigación	18
3.2. Localización geográfica	18
3.3 Evaluación de los métodos de inoculación	18
3.4. Establecimiento de Semillero.....	19
3.5. Establecimiento de Vivero	19
3.6 Inoculación.....	19
3.6.1 Colecta de las muestras de hojas infectadas con <i>Hemileia vastatrix</i>	20
3.6.2 Obtención de las uredosporas	20
3.6.3 Preparación de la muestra	20
3.6.4 Aplicación de la solución	20
3.7. Tratamientos.....	21
3.8. Diseño experimental.....	23
3.9. Análisis estadístico	23
3.10 Variables	23

3.10.1	Porcentaje de emergencia	23
3.10.2	Diámetro del tallo.....	23
3.10.3	Crecimiento de hoja	23
3.10.4	Altura de la planta.....	23
3.10.5	Incidencia y severidad de <i>Hemelia vastatrix</i>	23
3.11	Análisis de costo de los tratamientos.....	24
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1.	Periodo de incubación (PI)	25
4.2	Periodo de latencia (PL)	25
4.3	Cuantificación de uredosporas.....	26
4.4	Cuantificación de pústulas.....	26
4.4.1	Variedad Caturra rojo.....	26
4.4.2	Variedad Caturra amarillo.....	27
4.4.3	Variedad Bourbon.....	28
4.4.4	Variedad Costa Rica 95.....	30
4.5	Crecimiento de pústulas	31
4.5.1	Variedad Caturra Rojo	31
4.5.2	Variedad Caturra Amarillo	33
4.5.3	Variedad Bourbon.....	35
4.5.4	Variedad Costa Rica 95.....	36
4.6	Índice de daño <i>H. vastatrix</i>	38
4.6.1.	Variedad Caturra Rojo	38
4.6.2	Variedad Caturra Amarillo	39
4.6.3	Variedad Bourbon.....	41
4.6.4	Variedad Costa Rica 95.....	42
4.7	Número de hoja con incidencia de <i>H. vastatrix</i>	44
4.7.1.	Variedad Caturra Rojo	44
4.7.2	Variedad Caturra Amarillo	45
4.7.3	Variedad Bourbon.....	47
4.7.4	Variedad Costa Rica 95.....	48
4.8	Porcentaje de emergencia.....	50
4.9	Tasa de crecimiento en variedad Caturra Rojo	51
4.10	Tasa de crecimiento en variedad Caturra Amarillo	55

4.11 Tasa de crecimiento en variedad Bourbon	60
4.12 Tasa de crecimiento en variedad Costa Rica 95.....	64
4.13 Análisis económico.....	67
5. CONCLUSIONES	69
6. LITERATURA CITADA.....	70
ANEXOS.....	75

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Número de pústula de <i>H. vastatrix</i> en hoja variedad Caturra Rojo	26
Cuadro 2	Número de pústula de <i>H. vastatrix</i> en hoja variedad Caturra amarillo	28
Cuadro 3	Número de pústula de <i>H. vastatrix</i> en hoja en variedad Bourbon	29
Cuadro 4	Número de pústula de <i>H. vastatrix</i> en hoja variedad Costa Rica 95	31
Cuadro 5	Crecimiento (mm) de pústula de <i>H. vastatrix</i> en hoja variedad Caturra Rojo	32
Cuadro 6	Crecimiento (mm) de pústula de <i>H. vastatrix</i> en hoja variedad Caturra Amarillo	34
Cuadro 7	Crecimiento (mm) de pústula de <i>H. vastatrix</i> en hoja variedad Bourbon	36
Cuadro 8	Crecimiento (mm) de pústula de <i>H. vastatrix</i> en hoja variedad Costa Rica 95	37
Cuadro 9	Índice de daño de <i>H. vastatrix</i> , en variedad Caturra Rojo	39
Cuadro 10	Índice de daño de <i>H. vastatrix</i> en variedad Caturra Amarillo	40
Cuadro 11	Índice de daño <i>H. vastatrix</i> en variedad Bourbon	41
Cuadro 12	Índice de daño <i>H. vastatrix</i> en variedad Costa Rica 95	43
Cuadro 13	Número de hoja con incidencia de daño <i>H. vastatrix</i> en variedad Caturra Rojo	45
Cuadro 14	Número de hoja con incidencia de daño <i>H. vastatrix</i> en variedad Caturra Amarillo	46
Cuadro 15	Número de hoja con incidencia de daño <i>H. vastatrix</i> en variedad Bourbon	48
Cuadro 16	Número de hoja con incidencia de daño <i>H. vastatrix</i> en variedad Costa Rica 95	49
Cuadro 17	Análisis de costos de los tratamientos que inhibieron signos y síntomas de <i>H.</i> <i>vastatrix</i>	68

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del diseño de investigación.....	18
Figura 2 Efecto de M2 en el control de <i>H. vastatrix</i> , variedad Caturra Amarillo.....	34
Figura 3 M1 mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos en Caturra Rojo	34
Figura 4 Preparado visosa más Guanovit y microorganismos eficaces en variedad Bourbon	34
Figura 5 M1 mezcla de extractos vegetales más Guanovit y microorganismos eficaces Variedad Bourbon.....	35
Figura 6 M2 mezcla de minerales más ácidos húmicos y fúlvicos variedad Bourbon.....	35
Figura 7 Testigo inoculado sin tratamiento variedad Caturra Amarillo.....	35
Figura 8 Tasa de crecimiento de diámetro de tallo variedad Caturra Rojo.....	52
Figura 9 Tasa de crecimiento de altura (mm) variedad Caturra Rojo.....	53
Figura 10 Número de hoja por planta variedad Caturra Rojo.....	53
Figura 11 Tasa de crecimiento de ancho de hoja (mm) variedad Caturra Rojo.....	54
Figura 12 Tasa de crecimiento (mm) largo de hoja variedad Caturra Rojo.....	55
Figura 13 Tasa de crecimiento (mm) de diámetro tallo variedad Caturra Amarillo.....	56
Figura 14 Tasa de crecimiento (mm) de altura en variedad Caturra Amarillo.....	56
Figura 15 Número de hojas por planta variedad Caturra Amarillo.....	57
Figura 16 Tasa de crecimiento (mm) ancho de hoja variedad Caturra Amarillo.....	58
Figura 17 Tasa de crecimiento (mm) largo de hoja variedad Caturra Amarillo.....	59
Figura 18 Tasa de crecimiento de diámetro tallo variedad Bourbon.....	60
Figura 19 Tasa de crecimiento (mm) de altura en variedad Bourbon.....	61
Figura 20 Número de hojas por planta variedad Bourbon.....	62
Figura 21 Tasa de crecimiento (mm) ancho de hoja variedad Bourbon.....	62
Figura 22 Tasa de crecimiento (mm) largo de hoja variedad Bourbon.....	63
Figura 23 Tasa de crecimiento (mm) de diámetro en variedad Costa Rica 95.....	64
Figura 24 Tasa de crecimiento (mm) de altura en variedad Costa Rica 95.....	65
Figura 25 Número de hojas por planta variedad Costa Rica 95.....	66
Figura 26 Tasa de crecimiento (mm) ancho de hoja variedad Costa Rica 95.....	66
Figura 27 Tasa de crecimiento (mm) largo de hoja variedad Costa Rica 95.....	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tratamientos a evaluar en cuatro variedades de café en etapa de vivero para el control de roya (<i>Hemileia vastratix</i>)	22
Tabla 2 Escala de daño en hojas	24

Resumen

A nivel mundial, nacional y estatal el café reviste importancia económica, social, ambiental y cultural. Su cultivo es amenazado por la presencia de la roya *Hemileia vastatrix*; parásito obligado de las hojas de café, afectando severamente los sistemas de producción convencional y orgánico, siendo el estado de Chiapas, que sobresale en producción de éste último. El objetivo planteado en la investigación fue: determinar la efectividad en condiciones de vivero de extractos vegetales, preparados minerales y abonos orgánicos sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) en cuatro variedades de café en etapa de vivero. La investigación se realizó en el período de 2017- 2018, en el invernadero de la Agencia Universitaria para el Desarrollo (AUDES) del cacao-chocolate ubicado en Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Chiapas, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Se desarrolló en cinco etapas. Etapa 1. Se evaluaron los métodos de inoculación: método de pincel, goteo y atomización. Etapa 2. Establecimiento del vivero mediante la colecta de semilla Caturra Rojo, Caturra Amarillo, Bourbon y Costa Rica 95, preparación del semillero; se utilizó charolas de unisel y sustrato de arena de río previamente desinfectada con agua caliente, las semillas fueron tratadas por imbibición en agua de coco por 37 horas. Llenado de bolsa y trasplante de café en etapa de mariposa; se colectó abono de cafetal previamente cernido y tratado por solarización, la bolsa fue de 15 x 26 cm. Etapa 3. Aplicación de nutrientes a los 182 días de emergencia con frecuencia cada 20 días y los preparados minerales y extractos vegetales a los 262 días de emergencia 24 antes de la inoculación. Etapa 4. Inoculación: se colectaron hojas infectadas con roya procedentes de plantaciones ubicadas en la localidad de Yashanal, municipio de Tenejapa, Chiapas, de variedad Caturra Rojo, Caturra Amarillo y Bourbon, colocadas en bolsa de papel y una prensa. En el laboratorio de agrotecnologías de la AUDES cacao chocolate, con un bisturí se rasparon la uredosporas y colocadas en una caja petri, las uredosporas fueron llevadas a un matraz de un litro de capacidad agregando 500 mL agua esterilizada y 5 gotas de tween 80 agitando por siete horas, homogénea la muestra se realizó el conteo de uredosporas, teniendo una concentración 12.61×10^7 uredosporas mL^{-1} . Esta preparación se colocó en un atomizador para su correspondiente inoculación a los 263 días de emergencia del café. Etapa 5. Toma y análisis de datos respectivamente. El diseño experimental fue bloques al azar, con 16 tratamientos, incluido un testigo inoculado sin tratamiento y un testigo absoluto, con 10 unidades experimentales (UE) por tratamiento y la UE fue una planta, para un total de 640 plantas en el experimento. Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico con SPSS@ versión 17.0 para Windows, se realizó un análisis de varianza y en las variables que se obtuvieron diferencia se aplicó prueba de comparación de medias de Tukey 5%. Los resultados; el periodo de incubación se presentó a los 22 días posterior a la inoculación bajo condiciones específicas del micro túnel, periodo de latencia a los 105 días posterior a la inoculación en la variedad Caturra Amarillo. El conteo de uredosporas se realizó en el testigo inoculado sin tratamiento en la variedad

Caturra Amarillo encontrando una concentración de: 341.6×10^3 mL⁻¹ uredosporas totales de las cuales 7.91×10^3 mL⁻¹ estaban germinadas. En la cuantificación de pústulas para las cuatro variedades el extracto de clavo, extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos, mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos, fueron los tratamientos que inhibieron signos y síntomas del patógeno. El preparado visoso más guanovit y microorganismos eficaces mostró el mayor número de pústulas siendo en la variedad Caturra Rojo, seguido de Costa Rica 95, Caturra y Bourbon. El mayor crecimiento se presentó en la mezcla de preparados minerales variedad Caturra Amarillo. El índice de daño fue de 1 (1-5% área afectada) en las cuatro variedades. El número de hojas con incidencia fue mayor en la variedad Caturra Rojo y Caturra Amarillo seguido de Bourbon y Costa Rica 95. El porcentaje de emergencia fue menor en la variedad Costa Rica 95 con un 70% y la presencia de raíces bifurcadas fue mayor que en las otras variedades. Para la tasa de crecimiento de diámetro de tallo, altura, hoja total, largo y ancho de hoja se presentó el efecto positivo de los extractos vegetales, nutrientes y algunas combinaciones entre estos. Al realizar el análisis económico los tratamientos evaluados para el manejo de la roya (*H. vastatrix*) registraron valores de relación beneficio costo mayor a 1 y superiores a los testigos por lo que son viables económicamente para su aplicación en un programa preventivo en condiciones de vivero. De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye; que la aplicación de extracto de clavo, M1 mezcla de extractos vegetales más ácido húmicos y fúlvicos y el extracto de clavo más ácido húmicos y fúlvicos inhibieron los signos y síntomas de *Hemileia vastatrix*, en las variedades Caturra Rojo, Caturra Amarillo, Bourbon y Costa Rica 95 y resultan viables técnica y económicamente de utilizar en el manejo de la roya en condiciones de vivero.

Palabras clave: H. vastatrix, extractos vegetales, preparado minerales

ABSTRACT

At a global, national and state level, coffee has economic, social, environmental and cultural importance. Its cultivation is threatened by the presence of the rust *Hemileia vastatrix*; obligate parasite of coffee leaves, severely affecting conventional and organic production systems, being the state of Chiapas, which excels in production of the latter. The objective of the research was to determine the effectiveness in nursery conditions of plant extracts, mineral preparations and organic fertilizers on rust (*Hemileia vastatrix*) in four varieties of coffee in the nursery stage. The research was conducted in the period of 2017-2018, in the greenhouse of the University Agency for the Development (AUDES) of cocoa-chocolate located in University City of the Autonomous University of Chiapas, in the city of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. It was developed in five stages. Stage 1. Inoculation methods were evaluated: brush method, drip and atomization. Stage 2. Establishment of the nursery through the Caturra Rojo, Caturra Amarillo, Bourbon and Costa Rica 95 seed collection, seedbed preparation; We used unice trays and river sand substrate previously disinfected with hot water, the seeds were treated by imbibition in coconut water for 37 hours. Filling bag and coffee transplant in butterfly stage; coffee was collected previously sifted and treated by solarization, the bag was 15 x 26 cm. Stage 3. Application of nutrients at 182 days of emergency frequently every 20 days and mineral preparations and plant extracts at 262 days of emergence 24 before inoculation. Stage 4. Inoculation: leaves infected with rust were collected from plantations located in the town of Yashanal, municipality of Tenejapa, Chiapas, of the variety Caturra Rojo, Caturra Amarillo and Bourbon, placed in a paper bag and a press. In the laboratory of agrotechnologies of the chocolate cocoa AUDES, with a scalpel the uredospores were scraped and placed in a petri dish, the uredospores were taken to a one-liter capacity flask adding 500 mL sterilized water and 5 drops of tween 80 shaking seven hours, the sample was homogenous, the uredospore count was carried out, having a concentration of 12.61×10^7 uredospores mL⁻¹. This preparation was placed in an atomizer for its corresponding inoculation at 263 days of coffee emergency. Stage 5. Data collection and analysis respectively. The experimental design was random blocks, with 16 treatments, including an inoculated control without treatment and an absolute control, with 10 experimental units (EU) per treatment and the EU was one plant, for a total of 640 plants in the experiment. For the statistical analysis we used the statistical package with SPSS @ version 17.0 for Windows, an analysis of variance was performed and in the variables that were obtained difference was applied test of comparison of means of Tukey 5%. The results; the incubation period was presented 22 days after inoculation under specific conditions of the micro tunnel, latency period at 105 days after inoculation in the Caturra Amarillo variety. The uredospore count was performed on the control inoculated without treatment in the Caturra Amarillo variety, finding a concentration of: 341.6×10^3 mL⁻¹ total uredospores of which 7.91×10^3 mL⁻¹ were germinated. In the quantification of pustules for the four varieties, the extract of clove, clove extract plus humic and fulvic acids, mixture of vegetable extracts plus

humic and fulvic acids, were the treatments that inhibited signs and symptoms of the pathogen. The preparation visosa plus guanovit and effective microorganisms showed the highest number of pustules being in the Caturra Rojo variety, followed by Costa Rica 95, Caturra and Bourbon. The greatest growth was in the mixture of mineral preparations, Caturra Amarillo variety. The damage index was 1 (1-5% affected area) in the four varieties. The number of leaves with incidence was higher in the variety Caturra Rojo and Caturra Amarillo followed by Bourbon and Costa Rica 95. The percentage of emergence was lower in the variety Costa Rica 95 with 70% and the presence of bifurcated roots was greater than in the other varieties. For the growth rate of stem diameter, height, total leaf, length and width of the leaf, the positive effect of plant extracts, nutrients and some combinations between them was presented. When performing the economic analysis, the treatments evaluated for the management of rust (*H. vastatrix*) recorded values of benefit-cost ratio greater than 1 and higher than the controls, making them economically viable for application in a preventive program under nursery conditions. . According to the results obtained, it is concluded; that the application of clove extract, M1 mixture of vegetable extracts plus humic and fulvic acid and the extract of clove plus humic and fulvic acid inhibited the signs and symptoms of *Hemileia vastatrix*, in the varieties Caturra Rojo, Caturra Amarillo, Bourbon and Costa Rica 95 and are technically and economically feasible to use in the management of rust in nursery conditions.

I.- INTRODUCCIÓN

La roya *Hemileia vastatrix*, es un parásito obligado del café, disperso a nivel mundial en sitios donde se encuentra establecido el cultivo de café. El primer reporte en América fue en 1970 en Bahía Brasil y en México en 1981 en la región Soconusco, estado de Chiapas, sin causar daños severos; sin embargo en 2012 se presenta una nueva epifitía reduciendo severamente la producción hasta en un 50%. El SIAP¹(2017), menciona a 14 estados productores de café dentro de los cuales destaca Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Puebla con el 75% de la superficie y producción. Para Chiapas se reporta una superficie de 258,815 hectáreas sembradas que corresponde al 33.69% de la superficie nacional, una producción de 164,880 t., un rendimiento de 1.4 t/ha, un valor de la producción de 2,313,610.87 (miles de pesos). Con 174,826 productores de 4,640 núcleos poblacionales en 87 municipios. En su mayoría comprende a pequeños predios pertenecientes a familias cafetaleras minifundistas; que tienen que diversificar su ingreso para subsistir y seguir practicando esta actividad.

La dispersión de *H. vastatrix* en toda la República Mexicana, es un riesgo potencial para el cultivo de café orgánico principalmente para las variedades *Coffea arabica* que son susceptibles a esta enfermedad, por lo que es necesario que el productor cuente con alternativas agroecológicas de carácter preventivo que sean económicas, accesibles y de fácil adopción que contribuyan a reducir la contaminación ambiental y mantengan una cafecultura sustentable.

El primer control de roya fue utilizando caldo bordelés al conocer sus propiedades fungicidas desde 1885; el cual se aplicó 15 años después del primer reporte de la roya en Sry Lanka en 1869. También el caldo visosa fue propuesto a los cafecultores por su eficiencia en el control de roya y minador de hoja a la vez que supe de micronutrientes a la planta, con efectos positivos en la producción utilizado en Brasil en el año 1982.

Recientes investigaciones realizadas por Ramírez *et al.* (2016); Ochoa *et al.* (2015) y Jiménez *et al.* (2018), reportan la efectividad de hidrolatos y preparados minerales como alternativa de control de hongos patógenos *in vivo* como *in vitro* de frutas tropicales. Sin embargo, no se dispone de información sobre el efecto de los hidrolatos y preparados minerales en el control de hongos parásitos en plantas de café, por lo tanto se requiere fortalecer la investigación que permita conocer ¿Qué efectividad tienen los extractos vegetales, preparados minerales y los abonos orgánicos en el control de roya (*Hemileia vastratix*), en plantas de café en etapa de vivero?, y así obtener el mejor tratamiento en incidencia y severidad de roya.

¹ Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera

1.1 Objetivos e hipótesis

1.1.1 Objetivos

General:

Determinar la efectividad en condiciones de vivero de extractos vegetales, preparados minerales y abonos orgánicos sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) en cuatro variedades de café.

Específicos:

- a) Establecer el potencial de seis productos alternativos en la reducción de incidencia y severidad de *H. vastatrix*, en condiciones de vivero de cuatro variedades de café.
- b) Determinar el efecto de la nutrición sobre la incidencia y severidad de daño de roya, en condiciones de vivero de cuatro variedades de café.
- c) Establecer el grado de resistencia a *H. vastatrix* de cuatro variedades de café: caturra rojo, Caturra amarillo, Bourbon y Costa Rica 95.

1.2 Hipótesis

- a) Al menos uno de los seis productos aplicados en plantas de café en etapa de vivero, tiene control sobre *H. vastatrix*.
- b) La nutrición de las plantas de café influye en la incidencia y severidad de daño de la roya.
- c) Ninguna variedad presenta resistencia a la roya.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución de la roya anaranjada en el mundo

La roya del café es provocada por el patógeno *H. vastatrix*, siendo actualmente una problemática a nivel mundial. Vigilio y Astorga (2015), menciona que desde 1869 fue su primera aparición en el continente Asiático, específicamente en Sri Lanka (Ceilán), extendiéndose hacia África. Para América se reporta en 1970 en Bahía Brasil, dispersándose para Centroamérica. Desde entonces esta enfermedad se ha establecido y no ha sido posible erradicarla por lo que el productor ha aprendido a convivir con ella. Y ha diseñado métodos de control y manejo del cultivo de café que ha reducido su incidencia y daño. El centro de origen de la roya está en discusión se asume que debió de haber sido en el centro de origen del café y de ahí dispersarse a los demás sitios donde está establecido este cultivo.

Kushalappa y Eskes, (1989), citado por Vigilio y Astorga (2015) argumentan que la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk. Y Br.), es la enfermedad fúngica más importante de café (*Coffea arabica*) en Brasil, y dependiendo de la intensidad de la defoliación, la pérdida de rendimiento es del 30% en la producción de café. Sin embargo Bebber (2016) realizó un estudio del brote de roya en Colombia del período de 2008-2013 donde la incidencia redujo la producción en un 31% y reporta que el aumento de la precipitación anual, la reducción de la luz solar y la disminución del rango de temperatura diurna favorecían la infección y reducían el período de latencia de la infección. Aunado a la disminución del uso de fertilizantes debido a dramáticos aumento de precios durante el 2008 por crisis financiera global, que conduce a la disminución del vigor de las plantas de café. A su vez Avelino et al., (2015), argumentaron que la epidemia de la roya se debió a diferentes combinaciones de factores económicos, agronómicos, meteorológicos y factores de productividad.

Bebber et al. (2016) mencionaron que se han propuesto varias hipótesis para explicar el reciente brote de roya, incluida la evolución de una nueva raza virulenta del patógeno, los cambios en los regímenes de gestión de plantaciones que promueven el desarrollo de la enfermedad y las condiciones climáticas favorables debido al cambio climático.

A su vez Avelino y Rivas (2013), argumentaron que la roya cuando se ha establecido en un sitio es difícil erradicarla alcanza la infección máxima en función de varios factores: la altitud, la temperatura, los regímenes de lluvias, la carga productiva, el espaciamiento de plantas, la humedad de hoja, la humedad relativa y el estado nutricional de las plantas. Debido a estos factores, el pico de la enfermedad ha cambiado de acuerdo a las regiones donde se cultiva el café.

Ligabo *et al.* (2015) sostuvieron que la roya se encuentra dispersa por todos los países del mundo que producen café provocando pérdidas del 10 al 40%, siendo los cultivares *Coffea arabica* que se cultivan por tradición en un 66% en su mayoría susceptibles a roya y *Coffea robusta* en 34%,.

Bigirimana *et al.* (2012) realizaron un estudio sobre la incidencia y severidad de la roya anaranjada y otras enfermedades del café en Ruanda, aplicando una muestra aleatoria con recorridos de campo y entrevista a los productores. La incidencia de la roya del café, medida como el porcentaje de hojas enfermas por planta de café, varió de 0 a 100% en fincas encuestadas; la mayor altitud fue 2045 msnm mientras que el punto más bajo era 1211 msnm. Se encontró que la altitud tenía una implicación en la distribución y severidad de roya ya que la relación entre la gravedad de la enfermedad y la altitud fue bastante evidente durante el período de la encuesta.

Mora *et al.* (2017) mencionaron que para el café se reportan nueve plagas de importancia económica; dentro de las cuales el 40% del daño es provocado por hongos, insectos 20%, bacterias 7%, insectos y ácaro 20% y nematodos 13%, siendo la roya ocasionada por el hongo *Hemileia vastatrix* la de mayor importancia económica.

2.2 Situación de la roya en México

En México el cultivo de café representa una actividad de importancia económica, social, ambiental y cultural. Siendo el primer producto de exportación que genera divisas para el país, juega un papel fundamental en las economías locales en las regiones productoras.

Es producido principalmente por pequeños productores, muchos de ellos del sector indígena. Se estima que el 99% de las plantaciones del país, se cultivan bajo sombra existiendo una alta proporción de cafetales de montaña y sistema tradicional, el cultivo del café genera grandes beneficios al ambiente, debido a la captura de carbono y agua, así como a la conservación de suelos y resguardo de una gran biodiversidad (AMECAFE, 2011).

En la última década se han presentado variaciones climáticas que favorecen la multiplicación de fitopatógenos, como de la roya del cafeto en Chiapas (2012), Veracruz (2013) o Puebla (2013), a la cual se atribuyen pérdidas económicas (Acevedo *et al.*, 2015). El avance de la roya del café a través de Centroamérica, Honduras, Panamá y Guatemala comenzó alrededor de hace cinco años, llegó a la zona de Chiapas, en el sur de México, y se extendió hacia el norte del país. USDA (2016), actualmente la roya se encuentra presente en todos los estados productores de café, el 96% de las variedades de café son de la especie *Coffea arabica* susceptibles a la roya *Hemileia vastatrix* y del 3-4% variedad robusta. Aproximadamente, el 98% de las variedades de Arábica plantadas en México son Bourbon, Caturra, Catimor, Catuai, Maragogipe, Mundo Novo, Garnica y Typica.

En México la roya del café se ha reportado en los estados con cultivo de café como: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Hidalgo, Nayarit, San Luis Potosí, Jalisco, Colima, Tabasco, Estado de México, Querétaro, Morelos y Michoacán (SIAP, 2016).

Mora *et al.* (2017) mencionan ante la problemática de la roya, la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), con soporte científico interinstitucional y la experiencia operativa de Comités Estatales de Sanidad Vegetal (CESV) concibió, con base en la parametrización del sistema epidémico y productivo, un modelo de detección y gestión de riesgos fitosanitarios denominado Programa de Vigilancia Epidemiológica del Cafeto (PVEF-Cafeto), el cual opera desde 2013. Los objetivos del PVEF-Cafeto son:

- ✓ Desarrollar un Programa de vigilancia epidemiológico que permita conocer con precisión y en tiempo biológico-real (semanal) el estatus epidémico de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), la inductividad climática, fenología y el manejo productivo en las entidades cafetaleras de México.
- ✓ Generar modelos regionales de alertas de riesgo epidémico e indicadores epidemiológicos para su uso por tomadores de decisión a niveles federal, estatal y productivo para un control racional y efectivo, y con el menor impacto ambiental.

Actualmente, PVEF-Cafeto opera en campo con 54 técnicos adscritos al programa de vigilancia de 11 CESV, cuenta con la supervisión de la DGSV-CNRF y el soporte técnico-científica del COLPOS-LANREF. El PVEF-cafeto se ha constituido en un *big-data* fitosanitario estructurado con 3'322,155 registros provenientes de 99,585 evaluaciones semanales de variables de daño, fenológicas y agronómicas de 11 estados cafetaleros del país, y 54'813,500 registros climáticos a intervalos de 30 minutos. Este *big-data* se analiza histórica e integralmente para determinar el estatus epidémico y generación de alertas tempranas.

Como resultado de este programa de vigilancia el PVEF-Cafeto opera en Chiapas y Veracruz desde 2013 a raíz del brote epidémico en Soconusco Chiapas en 2012. Gradualmente se incorporaron otras entidades federativas en función de disponibilidad de recursos federales. En 2014 se incorpora Puebla, en 2015 Oaxaca, SLP y Guerrero. En 2016 se integraron los estados de México, Nayarit, Jalisco, Hidalgo y Querétaro, con lo cual la vigilancia se realiza en las 11 entidades productoras de café. Actualmente, se vigilan 240 municipios, los cuales fueron seleccionados con base a metodologías de riesgo epidemiológico. Estos representan más del 85% de la superficie cafetalera del país estimada en aproximadamente 639,000ha (SIAP, 2016). Los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2015), mencionó que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) tiene como meta la renovación de 250,000 hectáreas que fueron afectadas por la roya del café en trece entidades: Colima, Chiapas, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí,

Tabasco y Veracruz. Las acciones contemplan la renovación de las parcelas con problemas fuertes de la plaga, así como la repoblación de plantaciones viejas.

A su vez USDA (2016), indicó que los estados con mayor porcentaje de área afectada son Veracruz, con alrededor del 70% del área total sembrada, y Chiapas, con alrededor del 60% de área total sembrada. Para abordar la problemática de la roya del café el gobierno federal mediante Secretaría de Agricultura y Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en 2015 lanzó nuevos programas de apoyo centrados en el café, dentro de los cuales diseña e implementa el programa PIAC², donde el objetivo general es aumentar la producción y la competitividad para llegar a 4.5 millones de sacos de 60 kg para el ciclo 2018/19. Otros objetivos del PIAC es desarrollar viveros tecnificados certificados para abastecer a los productores con plantas de calidad resistentes a las enfermedades, renovar las plantaciones de café y proporcionar mantenimiento y rehabilitación a los que son viables. Además, el PIAC ayudará a los productores al proporcionar paquetes tecnológicos (proporcionará 3000 plantas por productor a un costo de \$ 6 pesos / planta y un paquete tecnológico de \$ 5,000 a \$ 15,000 pesos), esto con la finalidad que garanticen la sostenibilidad de los recursos naturales.

Así mismo (FIRA, 2015) señaló que México ocupa la segunda posición mundial en la producción de café orgánico, después de Perú. Se estima que alrededor del 10 % de la producción nacional de café se obtiene bajo ese sistema en Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Puebla. Sin embargo, los efectos negativos de la roya del cafeto han afectado también la rentabilidad de la producción orgánica, por lo que muchos productores están optando por otras certificaciones de producción sustentable con reconocimiento en el mercado mundial, como la Rainforest Alliance.³

USDA (2016) argumentó que México produce un excelente café orgánico, siendo una tendencia en aumento entre los productores. Sin embargo, la producción de café orgánico ha disminuido en una cantidad mayor que el café convencional en las áreas afectadas por la roya del café. Según SAGARPA, alrededor del 7 al 8% de los productores cultivaban café orgánico, principalmente con fines de exportación.

2.3 Situación actual de la cafecultura en Chiapas

Para el Estado de Chiapas el primer reporte fue en 1981, en la Región el Soconusco, argumentando que ingreso del país de Guatemala siendo los medios de contaminación los canastos, personal que viene en época de corte y las mismas condiciones ambientales. Sin embargo en 2012 hace una segunda aparición siendo más agresiva

² Programa Integral de Atención al Café

³ Rainforest Alliance es un programa de certificación basado en la Norma de Agricultura Sustentable, con énfasis en la conservación de la biodiversidad, desarrollo comunitario, derechos de los trabajadores y prácticas de producción agrícolas que aseguren un manejo sustentable.

reflejando severa defoliación reduciendo la producción en 50% en el ciclo 2012-2013. El estado de Chiapas se caracteriza por producir café orgánico y convencional, es así como destaca en ocupar el primer lugar a nivel nacional en la producción de café orgánico.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2013) definió que la agricultura orgánica es un sistema de producción con el objetivo promover y mejorar la salud de los ecosistemas, incluidos ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Está basado en minimizar el uso de entradas externas, y representa un intento deliberado de hacer el mejor uso de los recursos naturales locales. Los métodos que se utilizan para el control de plagas y enfermedades se seleccionan para minimizar la contaminación de aire, tierra y agua. Los estándares orgánicos prohíben los pesticidas sintéticos, fertilizantes minerales, conservadores sintéticos, productos farmacéuticos, organismos genéticamente modificados (OGM), aguas residuales los lodos y la irradiación. Los sistemas de producción orgánica de café se sujetan a normas de inspección y certificación.

2.4 El agente responsable: taxonomía, descripción, hospederos y síntomas

La roya anaranjada del cafeto es causada por un hongo, *H. vastratrix*. El género *Hemileia* tiene unas 50 especies, de las cuales sólo dos son capaces de afectar el café, *H. vastatrix* y *H. coffeicola*. Esta última es responsable de la enfermedad denominada la roya harinosa del café y está presente únicamente en África. La roya causada por *H. vastatrix* se denomina la roya anaranjada para diferenciarla de la roya harinosa. La principal forma de multiplicación de *H. vastatrix* es la uredospora. Esta es reniforme, equinulada sobre su mitad superior y lisa ventralmente, característica que le dio su nombre al género, el cual significa “mitad-liso”. *Hemileia vastatrix* también produce teliosporas y basidiosporas. Estas se producen frecuentemente juntas con las uredosporas (Avelino y Rivas, 2013).

Solano Vidal (2017), realizó un análisis del periodo de 1975 al año 2013, relativa a las razas de roya reportando que se tienen identificado 58 patotipos (raza fisiológica) dentro de los cuales se tiene un grupo conformado por las razas (IV**, VI**, XI**, XIII**, XVIII**, XX**, XXI**, XXXII**), que no existe información completa sobre los genes de virulencia de las razas fisiológicas de *H. vastatrix*, así también agrupa a la raza (XXXIII**, XXXIV**) que presentan dos series de genes de virulencia para una misma raza fisiológica. Avelino y Rivas, (2013) señalaron que *Hemileia vastratrix* pertenece a la familia de las Chaconiaceae. Esta clasificación basada en características morfológicas ha sido confirmada por estudios moleculares. El hongo se clasifica como sigue:

Phylum: Basidiomycota

Clase: Urediniomycetes

Orden: Uredinales

Familia: Chaconiaceae

Género: Hemileia

Especie: vastatrix

Agrio (2005) mencionó que los hongos que provocan la roya son parásitos obligados en la naturaleza, pero algunos de ellos se pueden cultivar en medios de cultivos especiales en el laboratorio. La mayoría de los hongos de la roya producen cinco formas de esporas diferentes que aparecen en una secuencia definida. Pero también hay microcíclicos o de ciclo corto que solo producen teliosporas y basidiosporas. Otros producen, además de teliosporas y basidiosporas, espermatia (anteriormente conocida como picniosporas), aeciosporas, y uredosporas (también conocidas como urediosporas o urediniosporas) en ese orden. Estos se llaman herraduras macrocíclicas o de ciclo largo. La roya del café (*Hemileia vastatrix*) se cataloga como una enfermedad policíclica.

El patógeno de la roya se caracteriza por ser parasito biotrófico obligado de las hojas de café que no ha sido posible cultivar *in vitro*, (Avelino y Rivas, 2013), mencionaron que la forma infecciosa de *H. vastatrix* es la uredospora y los primeros síntomas de la enfermedad es en la parte abaxial de las hojas iniciando con puntos cloróticos que a través del tiempo se vuelven coalescentes y producen las uredosporas con su color anaranjado característico, en la parte superior de la hoja se observan manchas cloróticas que luego se convierten en necróticas.

Así mismo Zambolim, (2015) argumentó que aún no se conoce hospedero alternante del hongo de la roya, por lo que se considera un patógeno autico que cumple su ciclo en un solo hospedero, y policíclica que repite varios ciclos en el periodo de producción del café, cuando las condiciones de temperatura, precipitación y humedad relativa son las ideales para su desarrollo.

Ligabo *et al.* (2015), mencionaron que los principales daños causados por la enfermedad son defoliación prematura, lo que resulta en un área de hoja reducida y ramas laterales marchitas, lo que lleva a un debilitamiento gradual de la planta infectada y rendimientos reducidos impidiendo que los granos alcancen su madurez fisiológica para ser cosechados en madurez óptima.

2.5 Ciclo biológico de la enfermedad

El ciclo de vida de la enfermedad se desarrolla en las siguientes etapas: diseminación, germinación, penetración, colonización y esporulación, en el orden respectivo. Villarreyna (2015), describió cada una de estas etapas:

2.5.2 La diseminación: Se realiza por medio de uredosporas de tamaño microscópico (30 micras de largo por 20 micras de ancho), las que producidas en cantidades, forman el polvillo amarillo que observamos en el envés de la hoja. Esta etapa se divide en una fase de liberación, en la cual la uredospora se despegas del esporóforo (abandona la lesión), una fase de dispersión y otra de depositación de la espora sobre la hoja nueva.

2.5.2 La germinación: Esta etapa inicia con la llegada de las uredosporas al hospedero. Estas uredosporas se depositan en la hoja en la cara inferior haciendo un reconocimiento de los estomas desarrollados como su superficie donde germinarán. Las condiciones óptimas para la misma comprenden: temperatura de 22°C, oscuridad y agua libre durante el proceso hasta la penetración. La germinación constituye el inicio del proceso infeccioso en sentido amplio; sin embargo, la infección en sí no está realmente establecida debido a que el hongo se desarrolla únicamente a partir de sus propias reservas. La espora una vez germinada emite de uno a cuatro tubos germinativos, en un período de 6-8 horas. En esta etapa, hay una formación de un apresorio sobre el estoma producido por los tubos germinales, el cual será necesario para la etapa siguiente de penetración. El apresorio es una estructura afilada que permite forzar la entrada por el estoma y su formación es favorecido por temperaturas entre 13°C y 16°C.

2.5.3 Penetración: Es la etapa en la cual la espora germinada, mediante una hifa, penetra a través de los estomas (bien formados) de la hoja, hasta la cámara subestomática. El hecho de que para la penetración se necesitan estomas bien formados, permite explicar las razones por las cuales las hojas jóvenes con maduración de estomas incompleta son menos receptivas que las hojas adultas. Es en esta etapa cuando se establece la relación patógeno-hospedero, y empieza la infección de manera más estricta.

2.5.4 Colonización: La colonización ocurre de manera intracelular. Luego de la penetración al interior de la hoja, el hongo desarrolla una estructura denominada haustorios, los que entran en contacto con las células de la planta y es a través de estas estructuras que extraen los nutrientes para su crecimiento. En esta etapa de colonización de la hoja por las hifas del hongo, se presenta la formación de los primeros síntomas visuales. Entre el inicio de la germinación y la aparición de los primeros síntomas (lesiones amarillentas), se encuentra el período de incubación, el cual tiene poca importancia desde el punto de vista epidemiológico, debido a que aún no se ha producido ninguna entidad infecciosa nueva.

2.5.5 Esporulaci3n: Esta etapa se produce luego de la colonizaci3n. Est3 constituida por la emergencia posterior del espor3foro y la producci3n de nuevas esporas infecciosas. Por la invasi3n de hifas a una c3mara subestom3tica, se produce un grupo de c3lulas espor3genas o protosoros. Algunas emergen por la apertura del estoma y producen un espor3foro. Cada grupo emergido de un estoma constituye un soro o p3stula que produce uredosporas. Una lesi3n produce m3s de 400.000 uredosporas en tres meses, las que ser3n dispersadas para iniciar el nuevo ciclo. El per3odo de latencia es el tiempo transcurrido entre el inicio de la germinaci3n y la esporulaci3n, este representa la variable de mayor importancia, cuanto m3s corto sea, m3s r3pido podr3 repetirse el ciclo y m3s grave ser3 la epidemia.

2.6 Manejo de la roya (*Hemileia vastatrix*) a nivel mundial

2.6.1 Control qu3mico

Avelino *et al.*, (2015), mencionaron que al probar la efectividad del control qu3mico y al limitado da1o que el pat3geno provoc3 espec3ficamente a gran altura, los productores del 3rea mesoamericana y autoridades t3cnicas consideraron que esta enfermedad era manejable, est3 visi3n prevaleci3 hasta que las epidemias del 2008-2013 golpearon severamente a la regi3n de Mesoam3rica, desde Colombia a M3xico, incluidos Per3, Ecuador y algunos pa3ses del Caribe.

Para el control de roya se dispone de fungicidas de contacto con ingrediente activo de 3xido de cobre, hidr3xido de cobre y oxiclورو de cobre. Otro grupo de fungicidas son los sist3micos; productos que tienen la capacidad de detener el avance de las infecciones de la roya, desde el interior de las hojas, principalmente en etapas tempranas de la infecci3n cuando se usa la cantidad o concentraci3n apropiada de fungicida. Estos productos se incluyen en un programa de control en la cafecultura convencional (Barquero, 2013).

Honoraro *et al.* (2015), utilizaron epoxiconazol y piraclostrobin para evaluar su efecto en el control de roya del caf3 y argumenta que estos fungicidas fueron eficiente, reduciendo el progreso de la enfermedad y la severidad de roya anaranjada no excediendo del 4 y 2% para epoxiconazol y piraclostrobin, respectivamente en comparaci3n con el testigo sin control que fue asperjado con agua destilada.

Mendoza *et al.* (2015) indicaron que el Ciproconazole, Pyraclostrobin, Pyraclostrobin+Epoxiconazole y Ciproconazole+Azoxystrobin fueron aplicados en parcelas de la variedad caturra y bourbon y mostraron un comportamiento estad3stico igual reduciendo el n3mero de lesiones esporulantes.

A su vez Barquero (2013) mencion3 que la eficacia de los fungicidas para el control de roya depende del ingrediente activo, dosis, residualidad, frecuencia, 3poca de aplicaci3n, distribuci3n en la planta (efecto de los equipos de aplicaci3n) y del tama1o de part3cula. Jim3nez *et al.* (2015) corrobora que la aspersi3n motorizada indujo al

menor número de lesiones esporulantes. Caso contrario de aplicación manual que mostró el mayor número de lesiones esporulantes.

2.6.2 Control biológico

Los agentes biológicos juegan un papel importante en el control de plagas y enfermedades del cultivo de café, y el estudio de micoparásitos específicos para el control de roya constituye una alternativa para los sistemas de producción orgánica. Diversos trabajos de investigación reflejan el efecto positivo de los hongos sobre *Hemileia vastatrix*, es así como en Colombia Vélez y Rosillo (1995), realizaron la evaluación del licuado de *Verticillium lecanii* Cen 004 y formulaciones comerciales sobre *Hemileia vastatrix*, en condiciones de invernadero presentándose el periodo de incubación a los 18 días en el testigo y a los 23 días en las plantas tratadas con el licuado de *V. lecanii*, actuando como protector, prolongando el periodo de incubación por cinco días y redujo el grado de infección por roya siendo menor que en las formulaciones comerciales. En campo aunque no mostro diferencia estadística significativa redujo el número de lesiones por hoja.

El hongo entomopatógeno, *Lecanicillium lecanii*, es un hiperparásito en *Hemileia vastatrix*, que tiene un control parcial sobre este hongo que parasita las hojas de café y que su acción se mejora con la existencia de asociación mutualista de la hormiga (*Azteca instabilis*) con un insecto escama (*Coccus viridis*) el insecto fue infectado por *L. lecanii*, (Vandermeer *et al.* 2009), estas relaciones ecológicas juegan un papel importante en los sistemas productivos de café orgánico.

En los municipios de Cacahuatán y Huehuetán Chiapas, Díaz *et al.* (2014) realizaron el aislamiento del hongo de color blanquecino asociado a las pústulas de la roya del café, este hongo corresponde a *Verticillium spp.* Siendo aplicado en plantas de vivero infectadas previamente con *H. vastatrix* el mayor nivel de infección y de pústulas de roya en las hojas y defoliación se observó en el testigo donde se aplicó *H. vastatrix* sin *V. hemileiae*. En laboratorio este hongo mostró mayor crecimiento en el medio de cultivo Sabouraud Dextrosa Agar más Extracto de Malta con un 90.0% de germinación y una concentración de $2.57 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$, siendo el pH de 5.5 donde se presentó una concentración de $2.56 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$, una germinación de 91.80% y patogenicidad de 92.2%. En la evaluación de sustratos (salvado de trigo, grano de trigo y arroz en grano) para la propagación masiva del micelio, el salvado de trigo tuvo una concentración de $2.31 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ con 90.96% de viabilidad, 66.20% de crecimiento y 91.10% de patogenicidad.

2.6.3 Control genético

Avelino *et al.* (2015), mencionan que en los países americanos la roya era temida porque las variedades de café cultivadas eran susceptibles a este patógeno, (Silva *et al.*,1997), menciona que Mayne fue el primer investigador que estudio la susceptibilidad de las variedades de *Coffea arabica* L., y que el patógeno presentaba cierto grado de especialización lo que les ayudo a identificar dos diferentes razas. Así mismo menciona que la presencia de las diferentes razas se debe a la variabilidad del patógeno.

Sudhakar *et al.* (2013), citado por Solano Vidal (2017) mencionaron que las razas fisiológicas pueden romper la resistencia genética de plantas derivadas del Híbrido de Timor como el Costa Rica 95, Oro Azteca. El uso de variedades resistentes es el método más económico y efectivo para el control de esta enfermedad

En México no existe ningún programa de mejoramiento de café que genere variedades resistentes a roya. Sin embargo, Colombia y Brasil sostienen un programa de mejoramiento de variedades de café para reducir el impacto de la roya anaranjada. A su vez USDA (2016) argumenta que SAGARPA, en coordinación con INIFAP (Instituto Nacional de Silvicultura e Investigación Agropecuaria), está trabajando para obtener semillas de café de diferentes variedades resistentes a la roya del café. Las semillas serán importadas de Costa Rica, Guatemala, Nicaragua y algunos de Brasil. Y serán cultivadas en viveros para ser distribuidas entre los productores para la renovación de sus cafetales. El plan es renovar cafetales a nivel nacional y poner particular énfasis en los estados de Veracruz, Puebla, Chiapas, Oaxaca y Guerrero, que representan más de 90% de la producción y han sido los más afectados por la roya del café.

El Programa Integral de Atención al Café (PIAC), trae el programa de apoyo de semillas de Costa Rica 95 y Sarchimor que son resistentes a roya. Sin embargo en recorridos de campo como extensionista en conjunto con los productores se ha observado que la resistencia genética se está perdiendo. Lo que pone en riesgo el trabajo que vienen realizando las instancias correspondientes y el esfuerzo de los mismos productores.

Además Escamilla *et al.* (2015) realizaron la evaluación de 17 variedades de café cultivadas en sistema orgánico en Oaxaca, Puebla y Veracruz, con características relevantes de calidad, productividad y resistencia a roya. Reporta diferencia en la calidad física y sensorial de las variedades evaluadas siendo el Blue Mountain, selección que deriva de Típica sobresale en rendimientos agroindustriales, la forma y el tamaño de los granos y la ausencia de defectos en las pruebas de taza. La variedad Costa Rica 95, recomendada por su resistencia a roya y por su alta productividad, presentó el mayor número de tazas con defectos, sobresaliendo la astringencia, además presentó menor eficiencia en rendimiento requiriendo 273 kg, para obtener

57.5 kg de café pergamino, encontrándose por arriba del estándar convencional (250 kg de café cereza para obtener 57.5 kg de café pergamino).

2.6.4 Alternativas de control para los sistemas de café orgánico

Barquero (2013) indica que se puede limitar el progreso de la roya en la plantación de café si se realizan algunas prácticas culturales como: uso de distancias de siembra apropiadas, poda de cafetos, selección de número de hijos por planta, manejo de la sombra, fertilización adecuada y control de malezas; estas prácticas agronómicas tienen un efecto directo sobre la capacidad productiva de la plantación.

Así también Bigirimana *et al.* (2012) en su recorrido en Ruanda en sus encuestas obtenidas mencionaron que 70% de las fincas encuestadas el suelo los cubrieron con mantillo y que el abono se componía principalmente de hojas de plátano, sorgo y paja de arroz. El efecto del mulch sobre la severidad de roya fue altamente significativo en las fincas encuestadas. También el 95% de las fincas sin cobertura fueron desyerbadas con azadón, y en la fincas con mantillo la limpia se realizó a mano. Las fincas con desyerbe presentaron una severidad de roya significativamente menor que las fincas sin desmalezar. El mismo autor asegura que tanto el deshierbe como la fertilización aumentaron el vigor de la planta y la hicieron tolerante al ataque de roya.

2.6.4.1 Preparados minerales en el control de roya

Los preparados minerales son utilizados ampliamente en los sistemas de producción orgánica y representan una alternativa para el manejo de plagas y enfermedades. Echeverri (2012), relató que el caldo visoso fue ensayado en campo por el profesor Joao Da Cruz Filho, titular del departamento de Fitopatología de la Universidad Federal de Viçosa en el Brasil, en 1982. Mostrando efectos benéficos en el control de roya del café (*Hemileia vastatrix*), además proporciona micronutrientes, mejora la producción, controla cercospora del café y redujo significativamente la ocurrencia del minador de la hoja. Actualmente es utilizado por productores en diferentes partes del mundo no solo en café sino en hortalizas y frutales. Siendo un producto barato en las manos de los productores.

Ochoa *et al.* (2015) mencionaron que el caldo bordelés, se ha empleado con éxito para controlar *Phytophthora palmivora* en el cacao. Echeverri (2012) señaló que el Caldo Bordelés, fue utilizado desde tiempos antiguos por los campesinos para proteger sus cultivos de numerosas enfermedades. Su primera utilización en 1882 en Francia y en 1885, el fitopatólogo francés Alexis Millardet, anuncio, el éxito obtenido mediante el uso de la mezcla de sulfato de cobre y cal, como “fungicida”.

Actualmente los preparados minerales están siendo estudiados a nivel *in vitro* como *in vivo* en búsqueda de alternativas de control para diferentes patógenos que reducen la producción. Ramírez *et al.* (2011) indicaron que el preparado mineral polisulfuro de calcio al 10% aplicado directamente a frutos de cacao antes y después de la inoculación con *Moniliophthora roreri* presentó diferencia significativa en producción teniendo un resultado de 1485.36 g/planta de grano seco en comparación con el testigo.

Ochoa *et al.* (2015) mostraron la efectividad de los fungicidas minerales silicosulfocálcico y polisulfuro de calcio para el control de la moniliasis (*M. roreri*) del cacao. Realizando aplicaciones antes y después de la inoculación en frutos de cacao, encontrando que frutos de 150 días de edad no presentaron signos de la enfermedad, el índice de severidad interna y externa igual a cero. Ambos preparados mostraron acción preventiva y curativa pudiendo ser considerados en el manejo de sistemas de producción orgánicos y convencionales incorporados a los programas de manejo integrado de la moniliasis.

2.6.4.2 Nutrición de las plantas de café

Al respecto (de Melo y Filho, 2015) mencionaron que los macronutrientes y micronutrientes constituyen elementos nutritivos e indispensables en la vida de la planta siendo requeridos para su función vital en mayor proporción de macronutrientes y una menor cantidad de micronutrientes. Entre los primeros están el hidrógeno (H), carbono (C), oxígeno (O₂), nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y azufre (S). Los segundos, también conocidos como oligoelementos, son el cloro (Cl), hierro (Fe), boro (B), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni) y molibdeno (Mo). Las plantas de café requieren la disponibilidad apropiada de estos macro y micronutrientes para que realice sus funciones vitales. (Koseoglu y Tokmak 1996), citado por este mismo autor menciona el resultado de un estudio donde se aplicó N,P,K, con efecto positivo con el porcentaje de hojas atacadas por la roya. A mayor dosis de K menor infestación en comparación con aquellos que no recibieron nutriente y donde se aplicó N y P no se evidenció un aumento en el ataque de la enfermedad.

Así mismo (Figueiredo *et al.* 1974, 1976) citado por de Melo y Filho (2015) constataron que el exceso de N, P y K, así como la no aplicación de N y P, favorecen la incidencia de la roya del café; la deficiencia de N y el exceso de K mostraron la mayor incidencia de la enfermedad: mayor proporción de hojas infectadas y mayor número de pústulas por hoja.

Así también Silva *et al.* (2000) citado por (de Melo y Filho, 2015) determinaron una correlación negativa entre los contenidos de N en las hojas y los índices de roya del café. De forma similar, se presentó una relación inversa entre los contenidos de K en

las hojas y los índices de roya, lo que indica que bajos niveles de K favorecen la enfermedad. Otros investigadores obtuvieron resultados similares con el boro: altos niveles del micronutriente en los períodos de mayor desarrollo de la roya.

Barquero (2013), argumentó que una buena condición nutricional permite a la planta defenderse mucho mejor de los ataques de los microorganismos dañinos. Además la demanda nutrimental aumenta en el llenado de fruta, la condición nutricional de las plantaciones de café, está muy relacionada con el desarrollo de la roya del cafeto. Diversos estudios demuestran una mayor presencia de roya en años de mayor producción, explicado este fenómeno por la demanda y estrés nutricional que sufren las plantas.

En Colombia, Cisneros *et al.* (2017), investigó el efecto que tienen los microorganismos solubilizadores de fósforo sobre la disponibilidad de fósforo, en el desarrollo de plántulas de café, bajo condiciones de invernadero. *Kocuria sp.*, *Bacillus subtilis*, *Sagenomella diversispora* y *Penicillium ochrochloron* fueron aislados de la rizósfera de plantas de café, variedad Caturra, para el llenado de bolsa utilizó sustrato de suelo de los microorganismos adicionado con pulpa de café descompuesta. Los beneficios de estos microorganismos fue aumentar la concentración y disponibilidad de fósforo en el suelo, mayor cantidad de fósforo foliar, la cantidad de polifenoles en tejido vegetal disminuyó y aumentó el área foliar en comparación con el testigo absoluto. Sostiene que este resultado, posiblemente se deba a un efecto sinérgico entre los microorganismos inoculados y los nativos presentes en la mezcla suelo-pulpa de café, los cuales se encargaron de incrementar la disponibilidad del P procedente de la mineralización de la pulpa de café como materia orgánica y solubilidad de fosfatos insolubles.

En el cultivo de acelga se evaluó el efecto de los microorganismos en Popayán Colombia (Campo *et al.*, 2014), estos favorecieron el desarrollo vegetativo de la acelga logrando mayor altura, diámetro, menor incidencia de plagas y enfermedades, influyendo también en el peso de las hojas de acelga. Aunque no tienen efecto directo en las plagas a largo plazo desarrollan en la planta una resistencia sistémica gracias a las bacterias ácido lácticas y levaduras que facilitan la fragmentación de la materia orgánica como la lignina y la celulosa, haciendo disponible diferentes nutrientes que son asimilables por las raíces de las plantas. El suelo duplicó su contenido de materia orgánica pasando de 6,3% al 13,2% influyendo directamente en la estructura, disponibilidad de carbono y nitrógeno considerando que este último influyó directamente en la altura y diámetro.

Rivera (2009), propuso alternativas de control para el cultivo de chile en la región de San Martín Texmelucan, Puebla, y reportó que el producto cuyo componente deriva del guano de murciélago mostró menor incidencia y severidad a *Phytophthora capsici*, así como las plantas con mayor altura y peso seco.

2.6.4.3 Extractos vegetales

López *et al.* (2009) señalaron que los extractos vegetales representa una alternativa potencial para el manejo de enfermedades en sistemas enfocados a la producción orgánica. Diversas investigaciones revelan un efecto positivo sobre el control de hongos fitopatógenos. Las plantas poseen principios activos que le confieren propiedades fungicidas e insecticidas contenidos en sus hojas, frutos, semilla, tallo, raíz y que extraídos con el método correcto y aplicados en dosis y tiempos indicados muestran efectos curativos que permiten incluirlo en un programa de manejo de fitopatógenos e insectos.

El clavo de olor, *Zyzygium aromaticum*, también conocido como *Eugenia caryophyllata*, es una especie ampliamente usada y conocida. Garza *et al.* (1998) citado por (González, 2002) mencionaron que el Eugenol es conocido como esencia de clavo y es un derivado fenólico y también puede extraerse de pimienta, hojas de laurel, canela, alcanfor y otros aceites. Aguilar y López (2013) argumentan que su aceite esencial y extractos han sido analizados y caracterizados debido a que han demostrado tener amplio espectro de acción contra una gran variedad de microorganismos causantes de distintos padecimientos que afectan a humanos, animales y plantas.

El efecto de los extractos vegetales ha sido investigado en células animales y vegetales, es así como; Baldovino (1994), mencionó que la concentración utilizada del eugenol en bulbos de cebolla (*Allium cepa*), inhibió el crecimiento de raíz macroscópicamente, el efecto del eugenol altera la proliferación celular, pudiendo ser ocasionado por el desacoplamiento del transporte de electrones y la fosforilación oxidativa, afirmando que las células vegetales son más sensibles que las células animales. Ya que fueron tratadas a una menor concentración en comparación a las dosis empleadas en fibroblastos de ratón y células de pulpa humana.

Escobedo *et al.* (2016) sostuvieron que las especies aromáticas que forman parte de la cocina mexicana como el clavo (*Syzygium aromaticum*) y la pimienta (*Piper nigrum*), han mostrado propiedades en el manejo de insectos plaga, ambas especies conservan mayor efectividad en el fruto, donde se concentra sus propiedades repelentes.

Ramírez *et al.* (2016) mencionaron que los hidrolatos de canela, clavo y pimienta con diferentes métodos de extracción han demostrado efectividad para el control de hongos, específicamente en *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporium* y *C. gloeosporioides*, enfocados a los cultivos de zonas tropicales.

Reporte recientes por Jiménez *et al.* (2018), reportaron la efectividad de extractos vegetales y preparados minerales para el control de *C. gloeosporioides in vivo*, siendo el extracto de pimienta hoja 40% y polisulfuro de calcio (10%) asperjados 24 horas

antes de la inoculación con (*C. gloeosporioides*) eficaces, al presentar el grado de severidad más bajo por antracnosis en papaya (*Carica papaya*), así como el daño interno, en relación al tratamiento químico, también el tratamiento del extracto de hoja de pimienta asperjado 24 horas después de la inoculación registró el menor valor de crecimiento del patógeno, seguido por el Caldo Bordelés asperjado 24 horas después de la inoculación en la antracnosis de mango (*Manigera indica* L).

En años recientes los extractos vegetales y preparados minerales están cobrando importancia por sus diversas propiedades como inhibidores fúngicos para fortalecer los sistemas de producción orgánica y promover que sean más autosuficientes.

3.- MATERIALES Y METODOS

3.1 Diseño de la investigación

En la figura 1 se muestra el esquema del proceso del proyecto, iniciando en febrero del 2017 y terminando en julio del 2018.

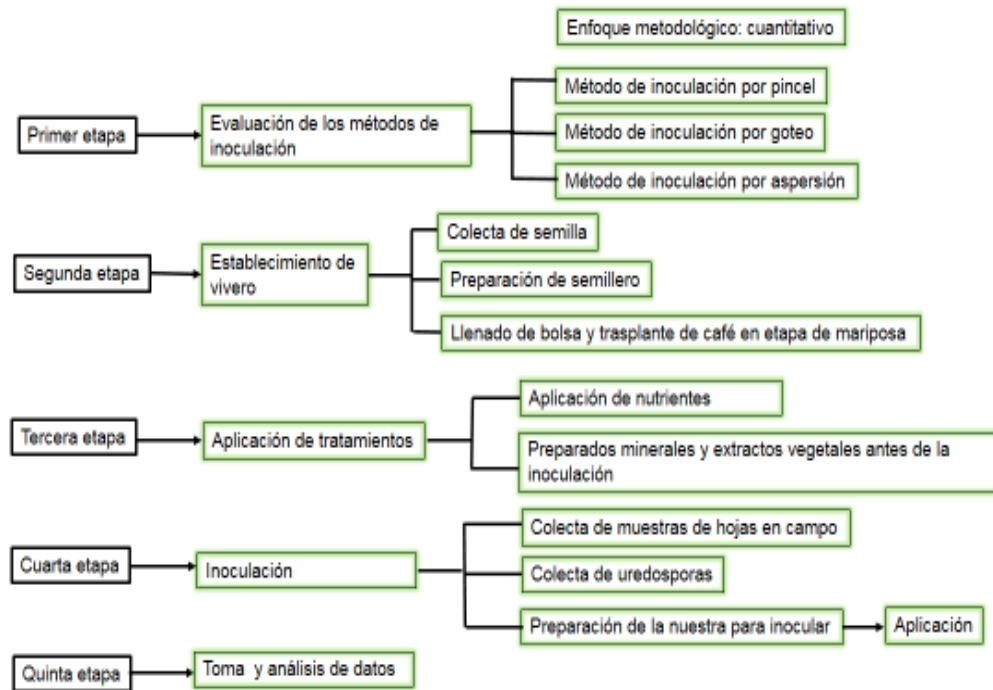


Figura 1 Esquema del diseño de investigación

3.2. Localización geográfica

La investigación se realizó en el Invernadero de la Agencia Universitaria para el Desarrollo (AUDES) del cacao-chocolate ubicado en Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Chiapas, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

3.3 Evaluación de los métodos de inoculación

Se construyeron 3 jaulas utilizando rejas de madera forrando la madera con papel aluminio y se cubrió toda la reja con plástico transparente. Dentro de cada una de estas, se colocó un total de 10 plantas de las variedades Caturra Rojo, Caturra amarillo, Bourbon y Costa rica 95, a las cuales se les aplicó uredosporas. En jaula uno se aplicó uredosporas en el envés de las hojas con un pincel; método de inoculación con pincel utilizado por (D´Oliveira, 1958), mencionado por Silva et al. (1997) en reja

dos se colocó las uredosporas en el envés de las hojas con gotero previo a la preparación de una solución de concentración conocida; método de inoculación por goteo utilizado por Álvarez et al. (2001), jaula tres parte de la solución preparada de concentración conocida se colocó en un atomizador y se aplicó en el envés de las hojas; método de inoculación por atomización utilizado por Bustamante *et al.* (2001).

3.4. Establecimiento de Semillero

La semilla utilizada corresponde a la especie *Coffea arabica*, de las variedades (Bourbon, Caturra Rojo y Caturra Amarillo), colectada en el mes de febrero 2017, correspondiente del ciclo 2016-2017, procedente de la localidad de Yashanal, municipio de Tenejapa, Chiapas. La cuarta variedad es Costa Rica 95, reportada como resistente a roya la cual fue proporcionada por Impulso por la Igualdad y Justicia para el Desarrollo Social (IMEDESO S.C), que recibió apoyo del Programa Integral de Atención al Café 2017.

Para el semillero se utilizó charolas de unicel de 58 cm. de largo, 37 cm. de ancho y 9 cm. de profundidad. El sustrato utilizado, fue arena de río procedente de la localidad Yashanal, Tenejapa, Chiapas, se tamizo, para eliminar piedras que no afecten la raíz de las plantas y el proceso de desinfección se realizó con agua caliente. La semilla se dispuso en forma lineal, siendo la parte plana colocada en contacto con la arena. El semillero se estableció en el mes de abril del 2017. Las semillas se imbibieron en agua de coco por 37 horas logrando el inicio de emergencia a los 29 días.

3.5. Establecimiento de Vivero

El sustrato para llenado de la bolsa fue abono de cafetal, colectado en cafetales de la localidad Yashanal municipio de Tenejapa, Chiapas, fue tamizado y tratado por solarización, el tamaño de bolsa utilizada fue de 15 x 26 cm. El trasplante a la bolsa se realizó en la etapa de mariposa, con previa selección de raíz, aplicando poda a las raíces pivotantes, eliminando las raíces bifurcadas y con problemas de hongo. El trasplante se realizó en el mes de junio del 2017. Las plantas se colocaron en un microtúnel de 1.30 m. de ancho por 6.30 m. de largo, quedando en el primer túnel los tratamientos del uno al ocho. Y en el segundo túnel del tratamiento nueve al dieciséis, siendo este último aislado completamente que corresponde al tratamiento absoluto.

3.6 Inoculación

De acuerdo a la primer etapa de evaluación de métodos de aspersión, el método de inoculación por pincel presentó un 12% de infección correspondió a 140 hojas y su avance de infección llegó hasta los 41 días y no presentó la formación de uredosporas, el método de atomización alcanzó un total del 9% de hojas infectadas siendo un total de 147 hojas su periodo de infección se prolongó a los 41 días y presentó uredosporas maduras a los 31 días, el método por goteo alcanzó un 7% de infección

correspondiendo a 100 hojas, su periodo de infección fue 31 días y no presentó uredosporas. Por consiguiente el método inoculación utilizado en el experimento fue el de atomización.

Para cubrir la etapa de inoculación se realizaron actividades básicas como: colecta de las muestras de hojas infestadas con *H. vastatrix*, obtención de las uredosporas, preparación de la muestra y aplicación de la solución, las cuales se describen enseguida:

3.6.1 Colecta de las muestras de hojas infectadas con *Hemileia vastatrix*

La colecta de hojas se realizó en el mes de febrero del 2018, en la localidad de Ocuilapa, municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, en plantas de café variedad Caturra Rojo y Árabe. Las hojas con pústulas y polvillo naranja fueron colocadas de par en par poniendo en contacto el envés, en bolsas de papel color blanco para el mejor aprovechamiento de la uredosporas. Estas bolsas se colocaron en una prensa de madera de hojas de triplay de 25cm x 35 cm y con tornillos de mariposa en cada esquina para hacer presión.

3.6.2 Obtención de las uredosporas

Para obtener las uredosporas de las hojas se utilizó un bisturí para hacer un ligero raspado y colectarlo en una caja Petri. Después de varias raspadas en las hojas se les aplicó un ligero lavado utilizando una probeta con agua esterilizada.

3.6.3 Preparación de la muestra

El polvillo obtenido del raspado y el agua del lavado de las hojas se colocó en dos matraz de capacidad de un litro para preparar dos litros de solución en total, a los cuales se les agregó 500 ml agua esterilizada a cada matraz y se agitó en un agitador magnético y una capsula magnética, se le adicionaron 5 gotas de tween 80 a cada matraz. Una vez homogenizada la mezcla se aforo cada matraz a un litro. El tiempo total de agitación fue de 7 horas. Utilizando la cámara de Neubauer se cuantificaron 12.61×10^7 uredosporas mL^{-1} de uredosporas de *H. vastatrix*,

3.6.4 Aplicación de la solución

La solución obtenida se colocó en un atomizador de plástico de capacidad de un litro, y se asperjó en el envés de las hojas de todas las plantas de café aplicando tres

disparos en cada planta considerando cubrir toda la planta. La inoculación fue realizada a los 236 días de emergencia de la planta de café.

3.7. Tratamientos

Los tratamientos aplicados en el experimento se pueden apreciar en la tabla 1. Es importante destacar que los tratamientos del uno al seis son individuales y se hicieron combinaciones de los preparados minerales, extractos vegetales con los nutrientes (ácidos húmicos y fúlvicos, guanovit y microorganismos eficaces), con la finalidad de determinar el efecto de la nutrición en la incidencia y severidad de la roya. Además se consideró dos tratamientos testigos, uno inoculado con *H. vastratix* sin tratamiento y un testigo absoluto.

A los 182 días de emergencia de la planta de café se inició aplicación de los tratamientos de nutrientes, con frecuencia de cada 20 días y un total de 13 aplicaciones.

La fuente de los abonos orgánicos fueron; el ácido húmico y fúlvicos HIELD® de aplicación foliar utilizando 1 L en 19 L de agua; con sus componentes y sus cantidades disponibles suministradas por el fabricante son: nitrógeno 363.15 mg/L, fósforo 24.04 mg/L, potasio 39.08 mg/L, calcio 219.9 mg/L, magnesio 193.8 mg/L, hierro 14.15 mg/L, cobre 2.10 mg/L, zinc 3.88 mg/L, manganeso 9.35 mg/L, boro 14.22 mg/L.

Otra fuente de abono orgánico es el Guanovit® cuyos contenidos nutrimentales suministradas por el fabricante son: potasio K₂O 3.12%, potasio orgánico 0.83%, fósforo P₂O₅ 4.52%, nitrógeno nítrico 4.65%, nitrógeno amoniacal 1.0%, nitrógeno orgánico 0.75%, calcio 1.7%, magnesio 1.1%, azufre 1.2%, fierro 510.4mg/L, cobre 10.1 mg/L, boro 4.0 mg/L, manganeso 310.0 mg/L, zinc 120 mg/L, molibdeno 1.60 mg/L, este en conjunto con los microorganismos eficaces E.M.1® bacterias fotosintéticas *Rhodopseudomonas papalustris*, bacterias ácido lácticas *Lactobacillus caseín*; *L. plantarum* y levaduras *Saccharomyces cerevisae*. Se utilizaron 500 mL de ambos en 19 L de agua, aplicando un 80% en suelo y un 20% en área foliar. Estos productos son de marca registrada y fueron proporcionados por los fabricantes directos.

Los extractos vegetales y preparados minerales se obtuvieron de acuerdo a lo descrito por (Ramírez *et al.*, 2016) producto proporcionado en el laboratorio de Agrotecnologías de la Universidad Autónoma de Chiapas. Y se aplicaron 24 horas antes de la inoculación a los 263 días de emergencia de la semilla de café.

Tabla 1 Tratamientos aplicados en cuatro variedades de café en etapa de vivero para el control de roya (*Hemileia vastratix*)

Tratamiento	Descripción	Concentración	Frecuencia de aplicación
Preparado Mineral caldo visosa *	PV	500 ml agua de garrafón, 2.5 g (SC), 3 g (SZ), 2 g (SM), 2 g (AB), 2.5 g	
Extracto de clavo*	EC	10% (V/V)	
M1 mezcla de extractos vegetales (producto de patente en registro)*	M1	10% (V/V)	24 Antes de inoculación
M2 mezcla de minerales y extractos vegetales (producto de patente en registro)*	M2	3% (V/V)	
Ácidos húmicos y fúlvicos	AH	1 L/19 L de agua	Cada 20 días
Guanovit y microorganismos eficaces	FME	500mL+500mL/19 L	Cada 20 días
Preparado mineral caldo visosa + ácidos húmicos y fúlvicos	PV+AH	500 ml agua de garrafón, 2.5 g (SC), 3 g (SZ), 2 g (SM), 2 g (AB), 2.5 g., 1 L/19 L	
Extracto de clavo + ácidos húmicos y fúlvicos	EC+AH	10% (V/V)+ 1 L/20 L	
M1 producto de patente en registro + ácidos húmicos y fúlvicos	M1+AH	10% (V/V)+ 1 L/20 L	
M2 producto de patente en registro + ácidos húmicos y fúlvicos	M2+AH	3% (V/V)+ 1 L/20 L	
Preparado mineral caldo visosa + guanovit y microorganismos eficaces	PV+FME	500 mL, agua de garrafón 2.5 g (SC), 3 g (SZ), 2 g (SM), 2 g (AB), 2.5 g, 500mL+500mL/19 L	
Extracto de clavo + guanovit y microorganismos eficaces	EC+FME	10% (V/V)+ 500mL+500mL/20L	
M1 producto de patente en registro + guanovit y microorganismos eficaces	M1+FME	10% (V/V)+ 500mL+500ml/20L	
M2 producto de patente en registro + fertiguano y microorganismos eficaces	M2+FME	3% (V/V)+ 500mL+500mL/20L	
Testigo inoculado sin tratamiento	TI/ST		
Testigo absoluto	TA		

*Productos obtenidos por la AUDES Cacao-chocolate de la UNACH SC=sulfato de cobre; SZ=Sulfato de zinc; SM= sulfato de magnesio; HC=Cal hidratada

3.8. Diseño experimental

Se utilizó el diseño es en bloques completos al azar, donde cada bloque es una variedad (4 variedades de café: Bourbon, Caturra Rojo, Caturra Amarillo y Costa Rica 95), cada bloque con 16 tratamientos, cada tratamiento con diez unidades experimentales (UE) siendo la UE una planta, para un total de 640 plantas.

3.9. Análisis estadístico

La base de datos se generó en una hoja electrónica (Excel) y para determinar los efectos de los tratamientos estudiados, a los datos obtenidos se les practicó la prueba de normalidad. Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico con SPSS@ versión 17.0 para Windows, se practicó análisis de varianza y para las variables que registraron diferencia se aplicó prueba de comparación de medias de Tukey 5%.

3.10 Variables

3.10.1 Porcentaje de emergencia

Se consideró la fecha de siembra y la fecha cuando emergió el 50% de las semillas, depositadas en el semillero.

3.10.2 Diámetro del tallo

Del total de plantas de cada tratamiento se tomó datos cada 30 días del diámetro de tallo a un centrimetro del sustrato utilizando un vernier,.

3.10.3 Crecimiento de hoja

Se midió brote de las hojas nuevas de todas las plantas y su evolución en su crecimiento de largo midiendo con una regla de la base de la yema hasta el ápice de la misma, así también se midió el ancho de hoja de la parte central de la misma, los datos se tomaron cada 30 días. Las hojas del café son paripinadas y solo se considero el dato de una hoja, la cual se marcó para llevar las mediciones.

3.10.4 Altura de la planta

Esta variable se tomó cada 30 días, utilizando una regla de 30 centímetros, desde la base del tallo hasta el eje de la ultima hoja o yema.

3.10.5 Incidencia y severidad de *Hemelia vastatrix*

3.10.5.1 Período de incubación (IP): tiempo (días) desde la inoculación y la aparición de síntomas en al menos el 50% de las hojas, este dato se tomó a los 22 días después de la inoculación, con la aparición de los primeros puntos cloróticos visto a la luz.

3.10.5.2 Periodo de latencia (LP): tiempo (días) desde la inoculación y esporulación del patógeno de al menos el 50% en las hojas, los datos se tomaron cada 10 días hasta que el primer punto traslucido presentó uredosporas de color naranja.

3.10.5.3 Cuantificación de uredosporas: se realizó el lavado de las hojas que fueron marcadas para la toma de datos de cada tratamiento, conformada la solución se procedió al conteo de uredosporas, con una cámara de newbauer. Esto se realizó cuando se observaron soros maduros. Se sacrificaron las hojas para realizar obtención de esporas con lavado de hoja con agua destilada estéril con medición previa del volumen de agua.

3.10.5.4 Cuantificación de pústulas: se cuantificaron el número de colonias que se establecieron en las hojas que forman parte de la muestra para determinar el grado infección en cada una de las variedades evaluadas.

3.10.5.5 Índice de daño en hojas (ID-Hojas): este dato se registró al final de la toma de datos para poder disponer de la hoja y comparar la escala de daño que proporciona por la instancia de Servicio de Sanidad, Inocuidad Agroalimentaria (SENASICA, 2016):

Tabla 2 Escala de daño en hojas

CLASES HOJA (% DAÑO)	
0	Sano sin síntomas visibles
1	1-5 % de área afectada
2	6-20 % de área afectada
3	21-50 % de área afectada
4	> 50% de área afectada

3.10.5.6 Incidencia de H. vastatrix en hoja: Se cuantificó el número total de hojas por la unidad experimental y se contabilización las hojas sanas y con incidencia del patógeno.

3.11 Análisis de costo de los tratamientos

Se realizó un análisis de costo económico de los tratamientos que mostraron acción positiva en inhibir el crecimiento de las uredosporas en condiciones de vivero, con un modelo implementado con productores de café de la Región Altos, de Chiapas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Periodo de incubación (PI)

El periodo de inoculación o incubación presento una duración de 22 días; las condiciones ambientales registradas fueron una temperatura máxima de 27.98 °C y una temperatura mínima de 21.41°C, una humedad relativa máxima de 85.58 % y una humedad relativa mínima 53.29 %. Bustamante *et al.* (2001), realizo un estudio sobre caracterización de resistencia incompleta a *H. vastratix* en genotipos de café (*Coffea arabica* L) variedad Bramón I y reporto el Periodo de Incubación se presentó a los 24 días.

Datos similares reportaron Leguizamón *et al.* (1998) con períodos de incubación (PI) de la roya del cafeto en la zona cafetera central de Colombia y el PI varió entre 18-22 a la sombra temperaturas máximas y mínimas del aire estuvieron entre 16 y 28°C. Sin embargo bajo condiciones de invernadero las temperaturas estuvieron entre 21.4°C la mínima y 27.9°C la máxima y el periodo fue de 22 días, lo que indica que el patógeno no fue afectado por la temperatura que prevaleció en el microtunel, siendo los días similares en que aparecen los síntomas de *H. vastatrix* en condiciones naturales.

Para la roya *H. vastatrix* han reportado n diversos métodos de inoculación, en este trabajo se aplicaron de forma directa directamente las uredosporas en las hojas de café por medio de atomización, sin embargo esto no garantiza que el proceso de infección sea efectivo debido diversos factores pudiendo existir fallas durante la etapa de germinación y crecimiento del patógeno, así como la estructura física del tejido en el momento de la inoculación.

4.2 Periodo de latencia (PL)

La maduración de los cuerpos fructíferos se presentó a los 105 días en el testigo inoculado sin tratamiento en la variedad Caturra Amarillo. La temperatura promedio mínima fue de 22.35 °C y la temperatura promedio máxima de 27.39 °C, así también la humedad relativa promedio mínima fue de 62.67% y la humedad relativa máxima fue de 85.29%. Leguizamón *et al.* (1998), encontraron que el Periodo de latencia fue 32-35 a la sombra, las temperaturas máximas y mínimas del aire estuvieron entre 16 y 28°C. En este experimento el periodo de latencia bajo condiciones de invernadero prolongo la maduración de los cuerpos fructíferos entre 71 y 79 días. Esto indica que las temperaturas registradas en el microtunel fueron más altas que las reportadas en condiciones de campo lo que sin duda alguna influyó en alargar el periodo de latencia. Sin embargo vincular estos resultados a parcelas demostrativas de café a diferentes rangos edafoclimáticas, proporcionará información confiable y real del comportamiento del patógeno con los preparados minerales y extractos vegetales.

4.3 Cuantificación de uredosporas

El testigo inoculado sin tratamiento en la variedad caturra amarillo fue el que presentó crecimiento y maduración de uredosporas, por consiguiente se realizó un conteo de cuerpos fructíferos encontrando una concentración de: $341.6 \times 10^3 \text{ mL}^{-1}$ uredosporas totales de las cuales $7.91 \times 10^3 \text{ mL}^{-1}$ uredosporas germinadas. Villarreyna, (2015), describió que el proceso de infección de la roya pasa por cinco etapas las cuales son: diseminación, germinación, penetración, colonización y esporulación y las cinco en secuencia permiten que se presenten los signos y síntomas de la enfermedad.

4.4 Cuantificación de pústulas

4.4.1 Variedad Caturra rojo

En el cuadro 1 se muestra la cuantificación de pústulas en cada uno de los tratamientos en la variedad caturra rojo en el transcurso de los cinco muestreos. El preparado visosa, extracto de clavo y M1 (mezcla de extractos vegetales), y las combinaciones de EC+AHF, M1+AHF, M2+AHF no presentaron presencia de pústulas al igual que en testigo absoluto sin inoculación ni tratamiento.

Cuadro 1 Número de pústula de *H. vastatrix* en hoja variedad Caturra Rojo

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Preparado Visosa (PV)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de preparado (M2) minerales)	0.30 ^a	0.40 ^a	0.40 ^a	0.40 ^a	0.50 ^a
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.20 ^a	0.20 ^a	0.30 ^a	0.30 ^a	0.30 ^a
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+AHF	0.40 ^a	0.70 ^a	0.70 ^a	0.80 ^a	0.80 ^a
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a
PV+GME	1.60 ^b	2.00 ^b	2.40 ^b	2.40 ^b	2.40 ^b
EC+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.60 ^a	0.60 ^a	0.60 ^a
M1+GME	0.30 ^a	0.30 ^a	0.30 ^a	0.40 ^a	0.40 ^a
M2+GME	0.10 ^a	0.10 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a
Testigo inoculado sin tratamiento	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presentan diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

El análisis de varianza indica (Cuadro A1) que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos. La prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) muestra que el preparado visosa combinado con guanovit y microorganismos eficaces tuvo el mayor número de pústula con un comportamiento diferente a los demás tratamientos y superando al

testigo inoculado sin tratamiento. Observando el punto clorótico que indica la presencia del patógeno y halo amarillo, sin embargo no se presentó cuerpos fructíferos.

Diversas investigaciones indican que los extractos vegetales contienen moléculas grandes y complejas conocidas como metabolitos secundarios que actúan en conjunto para inhibir el crecimiento de patógenos. Aguilar y López (2013) mencionan que el aceite esencial de clavo y sus extractos han demostrado un amplio espectro actuando en una gran variedad de microorganismos causantes de distintos padecimientos que afectan a humanos, animales y plantas. Tamayo *et al.* (2016) encontraron en evaluaciones *in vitro* que el extracto de orégano mostró efecto inhibitorio en el crecimiento micelial y formación de conidias en *M. royeri* en una concentración de 40 y 50%. Así también las combinaciones de extractos vegetales y los ácidos húmicos y fúlvicos son una alternativa para el manejo de roya en condiciones de invernadero.

4.4.2 Variedad Caturra amarillo

El análisis de varianza (Cuadro A2) indica diferencia estadística entre los tratamientos para los dos últimos muestreos y la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) realizada (Cuadro 2), muestra que el preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces (PV+GME) tuvo el mayor número de pústulas. Al igual que en la variedad caturra rojo no se presentó cuerpos fructíferos del patógeno solamente las manchas cloróticas. Virreyna, (2015) mencionó que en la etapa de colonización el hongo penetra sus hifas en las hojas y se presenta la formación de las lesiones amarillentas que dan inicio al periodo de incubación, sin importancia epidemiológica ya que aún no se produce entidad infecciosa.

También se puede observar que el Preparado Visosa, Extracto de clavo, guanovit y microorganismos eficaces, y las combinaciones de EC+AHF, M1+AHF, M2+AHF, EC+GME, M1+GME, M2+GME no hubo presencia de pústulas mostrando un comportamiento similar al testigo absoluto.

El polvillo color naranja característico de la maduración de las uredosporas de *H. vastatrix* se apreció en el testigo inoculado sin tratamiento. Esto indica que la variedad Caturra Amarillo es la menos tolerante en comparación con Caturra Rojo, Bourbon y Costa Rica 95. Claro que el crecimiento del patógeno se da por la interacción de factor variedad, temperatura, humedad relativa y las condiciones de invernadero que prevalecieron en el experimento.

Cuadro 2 Número de pústula de *H. vastatrix* en hoja variedad Caturra amarillo

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Preparado Visosa (PV)	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
Extracto de Clavo (EC)	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.00	0.30	0.30	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}
Mezcla de preparado minerales (M2)	0.80	0.90	0.90	0.90 ^{ab}	1.00 ^{ab}
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00	0.10	0.20	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+AHF	0.40	0.50	0.60	0.70 ^{ab}	0.70 ^{ab}
EC+AHF	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+GME	0.60	0.80	1.20	1.40 ^b	1.40 ^b
EC+GME	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+GME	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+GME	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a
Testigo inoculado sin tratamiento	0.50	0.60	0.60	0.60 ^{ab}	0.60 ^{ab}
Testigo absoluto	0.00	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Respecto a los extractos vegetales López *et al.* (2009) encontraron alternativas de control con efectos antifúngico sobre *Phytophthora* siendo la concentración mínima de *Heliotropium indicum* en hidrolato del 40%, mientras que para el fermentado anaeróbico fue del 10%; y para *Thymus vulgaris* en hidrolato fue del 30% (V/V) y en el fermentado aeróbico fue del 50% (V/V).

4.4.3 Variedad Bourbon

Para esta variedad el extracto de clavo, ácidos húmicos y fúlvicos, guanovit y microorganismos eficaces, extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos, mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos tuvieron un comportamiento similar al testigo absoluto sin tratamiento inhibiendo la presencia del patógeno (cuadro 3). El análisis de varianza presenta diferencia estadística entre los tratamientos y la prueba Tukey ($P \leq 0.05$) indica que el preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces al presentar el mayor número de pústulas por hoja registrando diferencias estadísticas con el testigo inoculado sin tratamiento y con los demás tratamientos. Este tratamiento permitió la colonización del patógeno pero inhibió la formación de cuerpos fructíferos que son el medio de propagación de la enfermedad de la roya.

Está combinación del preparado mineral y los nutrientes parece ser que predispusieron a la colonización del patógeno.

Cuadro 3 Número de pústula de *H. vastatrix* en hoja en variedad Bourbon

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Preparado Visosa (PV)	0.00	0.30	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}
Extracto de Clavo (EC)	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.01	0.20	0.40 ^{ab}	0.60 ^{ab}	0.60 ^{ab}
Mezcla de preparado minerales (M2)	0.20	0.20	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Guanovit y Microorganismos Eficaces (GME)	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+AHF	0.30	0.20	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}
EC+AHF	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	0.10	0.00	0.01 ^{ab}	0.01 ^{ab}	0.01 ^{ab}
PV+GME	0.20	0.40	0.60 ^b	0.70 ^b	0.70 ^b
EC+GME	0.00	0.20	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}
M1+GME	0.10	0.10	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}
M2+GME	0.10	0.10	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}
Testigo inoculado sin tratamiento	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Testigo absoluto	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presentan diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Echeverri (2012) relataron que el caldo visosa mostró efecto positivo en el año de 1982 en control roya del café (*Hemileia vastatrix*), aportando micronutrientes, controlando minador de hoja y cercospora del café.

Reportes recientes por Ochoa *et al.* (2015) mostraron en evaluación *in vitro* el efecto fungicida sobre *Moniliophthora roreri* de los preparados minerales: caldo visosa (CV), caldo bordelés más permanganato de potasio (CBP), caldo bordelés más sulfato de zinc y sulfato de magnesio (CBS), caldo de bicarbonato de sodio (BiS), caldo silicosulfocálcico (SSC) y polisulfuro de calcio (PC). Excluyendo el BiS al 10%, los demás tratamientos inhibieron total o parcialmente el crecimiento micelial, presentando diferencias estadísticas significativas con el testigo. Los preparados SSC y PC mostraron más eficiencia inhibiendo 100% de crecimiento micelial aún en la concentración de 10%.

La fuente de nutrientes guanovit y microorganismos eficaces bajo condiciones de campo ha proporcionado vigor a la planta de café y lo hace tolerante al número de

pústulas que se presentan en la hoja con presencia de cuerpos fructíferos. (Huerta, 2016)⁴

4.4.4 Variedad Costa Rica 95

En el cuadro 4, se observa el comportamiento de los tratamientos en la variedad Costa Rica 95. En el ANOVA existe diferencia estadística entre los tratamientos (Cuadro A4) y la prueba Tukey ($P \leq 0.05$) muestra que preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces registró diferencias con los demás tratamientos superando en el número de pústulas inclusive con el testigo inoculado. Aquí también las pústulas no presentaron cuerpos fructíferos.

El preparado visosa, extracto de clavo, extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos, mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos, mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces, no presentaron crecimiento de pústula similar en su comportamiento al testigo absoluto.

En las cuatro variedades el tratamiento de preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces registró los mayores valores en el número de pústula y se encontró diferencia estadística con los demás tratamiento inclusive con el testigo inoculado, mostrando un mayor número de pústula por hoja en la variedad Caturra Rojo, seguida de Costa Rica 95, Caturra Amarillo y Bourbon. Bajo condiciones de invernadero este tratamiento ejerce cierto control del patógeno ya que no alcanza su etapa de esporulación y disseminación. Por lo consiguiente muestra acción antiesporulante.

Sin embargo los tratamientos Extracto de clavo, Extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos y el M1 mas ácidos húmicos y fúlvicos no permitieron en las cuatro variedades el desarrollo de pústulas de roya.

⁴ Ing. Ramón Huerta Rivera, 2016, comunicación personal. Extensionista en el sector cafetalero

Cuadro 4 Número de pústula de *H. vastatrix* en hoja variedad Costa Rica 95

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Preparado Visosa (PV)	0.00 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.10 ^{ab}	0.10	0.20 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a
Mezcla de preparados minerales (M2)	0.50 ^b	0.60	0.80 ^{ab}	0.90 ^{ab}	0.90 ^{ab}
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.20 ^a
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.20 ^{ab}	0.20	0.20 ^{ab}	0.20 ^a	0.20 ^a
PV+AHF	0.50 ^b	0.50	0.60 ^{ab}	0.60 ^a	0.60 ^a
EC+AHF	0.00 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	0.00 ^a	0.30	0.30 ^{ab}	0.20 ^a	0.20 ^a
PV+GME	0.00 ^a	0.40	1.00 ^b	1.70 ^b	1.70 ^b
EC+GME	0.00 ^a	0.30	0.30 ^{ab}	0.30 ^a	0.30 ^a
M1+GME	0.00 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+GME	0.20 ^a	0.20	0.40 ^{ab}	0.40 ^a	0.40 ^a
Testigo inoculado sin tratamiento	0.00 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

4.5 Crecimiento de pústulas

4.5.1 Variedad Caturra Rojo

Los síntomas de la roya anaranjada aparecen como manchas cloróticas que luego se tornan de color naranja por la presencia de uredosporas maduras inferior de las hojas. Su tamaño va los 5 milímetros de diámetro, al principio, pero a menudo se unen y forman grandes parches que pueden ser 10 veces más grande. Los centros de las manchas se seca y se vuelve color marrón y las hojas se caen prematuramente. Los árboles infectados producen bajos rendimientos, baja calidad y el resultado de repetidas infecciones y defoliación provoca en la muerte de los árboles (Agrios, 2005).

En el cuadro 5 se observa el crecimiento promedio de la pústula en cada tratamiento el análisis de varianza y la prueba Tukey ($P \leq 0.05$) (Cuadro A5) indica que en el muestreo tres existe diferencia significativa siendo preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces estadísticamente diferente a los demás tratamientos con el mayor crecimiento de pústulas sin producción de cuerpos fructíferos y supera al testigo inoculado sin tratamiento.

Cuadro 5 Crecimiento (mm) de pústula de *H. vastatrix* en hoja variedad Caturra Rojo

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Preparado Visosa (PV)	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00
Extracto de Clavo (EC)	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00
Mezcla de preparado minerales (M2)	0.05	0.05	0.06 ^{ab}	0.06	0.06
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.02	0.03	0.03 ^{ab}	0.03	0.03
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00
PV+AHF	0.03	0.06	0.06 ^{ab}	0.07	0.07
EC+AHF	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00
M1+AHF	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00
M2+AHF	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00
PV+GME	0.04	0.06	0.08 ^b	0.08	0.08
EC+GME	0.00	0.00	0.04 ^{ab}	0.04	0.04
M1+GME	0.02	0.02	0.03 ^{ab}	0.03	0.03
M2+GME	0.00	0.00	0.01 ^{ab}	0.02	0.02
Testigo inoculado sin tratamiento	0.01	0.01	0.01 ^{ab}	0.02	0.02
Testigo absoluto	0.00	0.00	0.00 ^a	0.00	0.00

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

También se puede observar que la mezcla de preparado minerales, ácidos húmicos y fúlvicos, preparado visosa más ácidos húmicos y fúlvicos, extractos de clavo más guanovit y microorganismos eficaces, mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces, mezcla de preparados minerales más guanovit y microorganismos eficaces tuvieron el mismo comportamiento estadístico con el testigo inoculado sin tratamiento. Así mismo el preparado visosa, extracto de clavo, mezcla de extractos vegetales, guanovit y microorganismos eficaces, extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos (Figura 3), mezcla de preparados minerales y ácidos húmicos y fúlvicos inhibieron el crecimiento del patógenos mostrando un comportamiento similar al testigo absoluto sin tratamiento.

Ochoa *et al.* (2015), reportaron caldo visosa (CV); caldo bordelés más permanganato de potasio (CBP); caldo bordelés más sulfato de zinc y sulfato de magnesio (CBS);

caldo de bicarbonato de sodio (BiS) a nivel *in vitro* con efecto inhibitorio en el crecimiento micelial de *Moniliophthora roreri* en concentraciones de 30 a 50%, así también a concentraciones del 20 y 10% permitieron la formación de micelio pero no se presentó la formación de esporas, sostiene que este efecto antiesporulante es muy importante ya que las esporas son las únicas estructuras del patógeno que pueden causar infección de los frutos.

4.5.2 Variedad Caturra Amarillo

Esta variedad de café mostró mayor susceptibilidad al crecimiento de la pústula del patógeno de *H. vastatrix*, esto se puede apreciar en el cuadro 6. Los resultados del análisis de varianza indica diferencia estadística entre los tratamientos en todos los muestreos (Cuadro A6) y la prueba Tukey ($P \leq 0.05$) muestra que M2 (mezcla de preparados minerales) se comportó estadísticamente diferente a los demás tratamientos superando al testigo inoculado sin tratamiento, presentando mayor crecimiento de la pústula.

En el tratamiento M2 a los 30 días de la inoculación se observó crecimiento de la mancha clorótica y uredosporas color blancas, sin embargo a los 48 días las uredosporas desaparecieron y la clorosis disminuyó (Figura 2). La temperatura máxima promedio fue de 28.3°C y 21.25°C la mínima promedio, la humedad relativa máxima promedio de 84.7% y la humedad mínima promedio de 49.5%. Los requerimientos para el desarrollo favorable de la roya en condiciones normales es de 18°C temperatura mínima, temperatura máxima de 22°C y humedad relativa mayor a 80%, cafetales viejos, carga fructífera, nutrición deficiente.

Jiménez *et al.* (2018) reportaron que el Polisulfuro de calcio al 40% inhibió completamente a *Alternaria alternata* aislado de tomate, en comparación al testigo absoluto y químico, que permitieron el crecimiento de micelio, formación y germinación de conidios. También el Caldo viscosa presentó inhibición del 76% del crecimiento del micelio e inhibió la formación de conidias totales y germinadas entre el 98.68 al 98.84%.

Para esta investigación la mezcla de preparados minerales representan una alternativa de control mostrando la inhibición de formación y maduración de uredosporas.

Cuadro 6. Crecimiento (mm) de pústula de *H. vastatrix* en hoja variedad Caturra Amarillo

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Preparado Visosa (PV)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.00 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a
Mezcla de preparado minerales (M2)	0.09 ^b	0.10 ^a	0.10 ^b	0.13 ^b	0.14 ^b
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.01 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+AHF	0.01 ^a	0.02 ^a	0.04 ^{ab}	0.04 ^{ab}	0.04 ^{ab}
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+GME	0.00 ^a	0.03 ^{ab}	0.04 ^{ab}	0.06 ^{ab}	0.06 ^{ab}
EC+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Testigo inoculado sin tratamiento	0.02 ^a	0.04 ^{ab}	0.04 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.06 ^{ab}
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).



Figura 2 Efecto de M2 en el control de *H. vastatrix*, variedad Caturra Amarillo



Figura 3 M1 mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos en Caturra Rojo



Figura 4 Preparado visosa más Guanovit y microorganismos eficaces en variedad Bourbon



Figura 5 M1 mezcla de extractos vegetales más Guanovit y microorganismos eficaces Variedad Bourbon



Figura 6 M2 mezcla de minerales más ácidos húmicos y fúlvicos variedad Bourbon



Figura 7 Testigo inoculado sin tratamiento variedad Caturra Amarillo

4.5.3 Variedad Bourbon

Para esta variedad el análisis de varianza (cuadro A7) muestra que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos para las cinco evaluaciones realizadas, sin embargo en el cuadro 7 se observa que preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces (Figura 4) mostró crecimiento de la pústula sin producir uredosporas. Por lo tanto se puede asumir que existe control con el uso de estos productos y que de acuerdo a su comportamiento bajo condiciones de campo deben ser considerados en un programa de aplicación de manejo preventivo para reducir la incidencia y severidad de roya en los sistemas de producción orgánica.

En la figura 5 se observa el efecto de inhibición de formación de uredosporas del M1+GME, con presencia de la mancha clorótica pero no se presentó uredosporas que es el medio de propagación de la roya. Así también en la figura 6 se muestra el efecto del M2+AHF que inhibió la formación de cuerpos fructíferos. Se presenta la etapa de colonización pero no se completa su ciclo reproductivo de la roya.

El conjunto de metabolitos que contiene la mezcla de extractos vegetales hace sinergia con los nutrientes disponibles de los ácidos húmicos y fúlvicos, así también los minerales disponibles de la mezcla de preparados minerales se completan con los nutrientes del guanovit y microorganismos eficaces. Este aspecto de nutrición concuerda con lo mencionado por (de Melo y Filho, 2015; Barquero, 2013; Cisneros *et al.*, 2017), la disposición de los macro y micronutrientes disponibles para la planta en cantidades adecuadas, permite una nutrición correcta y le confiere resistencia al ataque de diversos patógenos.

Agrios, (2005) menciona que para que se establezca un patógeno en un cultivo se debe de cumplir relación favorable entre ambiente, patógeno y hospedante. Se tuvieron efectos externos en el invernadero; la proyección de sombra a cierta hora el día variando la temperatura de 1 a 2 °C entre microtunel. Al respecto (Granados *et al.*, 2014), menciona que el aumento en temperatura de 1 °C puede considerarse reducido, sin embargo, en términos de procesos biológicos da lugar a cambios en los ciclos estacionales (duración e inicio de periodo de crecimiento).

Cuadro 7 Crecimiento (mm) de pústula de *H. vastatrix* en hoja variedad Bourbon

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Preparado Visosa (PV)	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03
Extracto de Clavo (EC)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.00	0.02	0.03	0.05	0.05
Mezcla de preparado minerales (M2)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Guanovit y Microorganismos Eficaces (GME)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PV+AHF	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
EC+AHF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1+AHF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2+AHF	0.01	0.01	0.00	0.02	0.02
PV+GME	0.03	0.05	0.07	0.08	0.08
EC+GME	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02
M1+GME	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
M2+GME	0.00	0.01	0.02	0.02	0.02
Testigo inoculado sin tratamiento	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Testigo absoluto	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

4.5.4 Variedad Costa Rica 95

Para esta variedad el ANOVA (cuadro A8) muestra diferencia entre los tratamientos y la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) indica que M2 (mezcla de preparados minerales) (cuadro 8) se comporta estadísticamente diferente a los demás tratamientos, incluso supero en crecimiento de pústulas sin producción de cuerpos fructíferos al testigo inoculado sin tratamiento.

Cuadro 8 Crecimiento (mm) de pústula de *H. vastatrix* en hoja variedad Costa Rica 95

Tratamiento	Muestreo				
	1	2	3	4	5
Preparado Visosa (PV)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.01 ^{ab}	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a
Mezcla de preparados minerales (M2)	0.05 ^b	0.08 ^b	0.09 ^b	0.10 ^b	0.10 ^b
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.01 ^{ab}	0.01 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a	0.01 ^a
PV+AHF	0.02 ^{ab}	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	0.00 ^a	0.03 ^{ab}	0.03 ^{ab}	0.02 ^a	0.02 ^a
PV+GME	0.02 ^{ab}	0.02 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.07 ^{ab}	0.07 ^{ab}
EC+GME	0.00 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a	0.02 ^a
M1+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+GME	0.03 ^{ab}	0.03 ^{ab}	0.04 ^{ab}	0.04 ^{ab}	0.04 ^{ab}
Testigo inoculado sin tratamiento	0.01 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

USDA (2016), señaló que para enfrentar la problemática de la roya del café y aumentar la producción y competitividad, los programas de la SAGARPA plantean producir plantas resistentes a la roya en viveros tecnificados. Esta variedad resistentes hace referencia a la variedad Costa Rica 95 que en este trabajo de investigación muestra que con variantes de temperatura se presentan signos de la enfermedad provocada por *H. vastatrix*. Este es un indicador de la ruptura genética que actualmente está presentando esta variedad.

La variedad Caturra Rojo, Bourbon y Costa Rica 95 coincidieron en el tratamiento con mayor crecimiento de pústula siendo preparado visosa más guanovit con microorganismos eficaces. La M2 (mezcla de preparados minerales), mostró mayor crecimiento de pústula en el Caturra Amarillo con formación de cuerpos fructíferos que no llegaron a su madurez. Por lo tanto estos tratamientos muestran un efecto antiesporulante porque inhibieron la formación de cuerpos fructíferos. Pueden ser considerados en un programa de manejo preventivo de la roya en condiciones de vivero.

4.6 Índice de daño *H. vastatrix*

4.6.1. Variedad Caturra Rojo

La variedad caturra rojo, corresponde a la especie *Coffea arabica*; de porte bajo, alta producción, pero altamente susceptible a la enfermedad de la roya. En el cuadro 9 se aprecia el comportamiento de los tratamientos con índice de daño de roya. El análisis de varianza realizado (cuadro A9) muestra diferencia entre los tratamientos y la prueba de medias de Tukey, ($P \leq 0.05$) indica que el M2 (mezcla de preparados minerales) se comportó estadísticamente diferente a los demás tratamiento superando en índice de daño al testigo inoculado sin tratamiento.

También se observa que el EC (extracto de clavo), M1 (mezcla de extractos vegetales), GME (guanovit y microorganismos eficaces) y las combinaciones EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+ AHF (mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos) y EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces) mostraron un comportamiento similar con el testigo absoluto donde no se presentó presencia del patógeno.

El índice de daño se determinó utilizando la escala de SENASICA (2016). La severidad se expresa en términos de defoliación en base a una escala visual con cinco categorías (valor escalar 1; valor 0 %; cafeto normal sin defoliación – valor escalar 5: valor > 75%; cafeto con defoliación severa a total), aquí no se utilizó esta escala por que no se presentó defoliación.

De acuerdo a la escala de daño esta variedad alcanza la escala de 1 donde el área dañada fue de (1-5%), no provoco defoliación. También se observa que los AHF (ácidos húmicos y fúlvicos) y la combinación de los M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces) en los primeros 30 días, posterior a la inoculación no mostraron incidencia del patógeno, sin embargo de los 62 días se observa puntos cloróticos. Reportes recientes por Ramírez *et al.* (2016) en evaluación *in vitro* reportaron los hidrolatos de clavo, canela y pimienta controlando hongos patógenos como *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporium* *Colletotrichum gloeosporioides*. Sin embargo para café este es la primera aportación enfocada al manejo de roya (*Hemileia vastatrix*), con productos amigables al medio ambiente, económicos y cuidan la salud del conjunto de personas que se involucran en cada una de las actividades en el manejo del sistema productivo café; que en su mayoría es diversificado bajo sombra. La aplicación de estas alternativas de control favorecerá la conservación de la biodiversidad en el sistema café. Sin embargo se requiere desarrollar una estrategia de investigación aplicada que permita tener conocimiento del efecto de estos extractos en el entorno café.

Cuadro 9 Índice de daño de *H. vastatrix*, en variedad Caturra Rojo

Tratamiento	Muestreo						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparado Visosa (PV)	0.40 ^{ab}	0.50 ^a	0.50 ^{bc}	0.50 ^{bc}	0.50 ^{bc}	0.50 ^{bc}	0.50 ^{bc}
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de preparado minerales(M2)	0.40 ^{ab}	1.00 ^{ab}	1.00 ^d	1.00 ^d	1.00 ^d	1.00 ^d	1.00 ^d
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}
Guanovit							
Microorganismos Eficaces (GME)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+AHF	0.70 ^b	0.10 ^a	0.20 ^{ab}	0.60 ^{cd}	0.60 ^{cd}	0.60 ^{cd}	0.60 ^{cd}
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	0.70 ^b	0.50 ^a	0.50 ^{bc}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}
PV+GME	0.60 ^b	0.60 ^b	0.60 ^{cd}	0.60 ^{cd}	0.60 ^{cd}	0.60 ^{cd}	0.60 ^{cd}
EC+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.20 ^{abc}	0.30 ^{abc}	0.30 ^{abc}	0.30 ^{abc}
M2+GME	0.30 ^{ab}	0.30 ^a	0.30 ^{abc}	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}
Testigo inoculado sin tratamiento	0.20 ^{ab}	0.20 ^a	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Álvarez y Alvarado (2001), utilizaron variedad caturra como testigo susceptible reportando que fue el que presentó los períodos de incubación más corto y permitió el 97.67% los síntomas de la enfermedad.

4.6.2 Variedad Caturra Amarillo

La variedad caturra amarillo es altamente susceptible a la roya. El análisis de varianza resulta con diferencia estadística (cuadro A10) entre los tratamientos y la prueba de Tukey, ($P \leq 0.05$) indica que el M2 (mezcla de preparados minerales) se comportó estadísticamente diferente a los demás tratamientos (Cuadro 10) con el mayor índice de daño superando al testigo inoculado sin tratamiento. Así también el EC (extracto de

clavo), GME (guanovit y microorganismos eficaces), EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+AHF (mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos), EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces), M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces) se comportan igual que el testigo absoluto. Los extractos vegetales hacen sinergia con los AHF (ácidos húmicos y fúlvicos) y GME (guanovit y microorganismos eficaces) que fueron fuentes de nutrientes y que solos permitieron la colonización del patógeno a los 42 días de la inoculación.

Cabe resaltar que los ácidos húmicos y fúlvicos así como guanovit y los microorganismos eficaces contienen macro y microelementos que resultan asimilables a la planta de café. Reconociendo que los microorganismos eficaces jugaron un papel importante en metabolizar las moléculas del sustrato que fue abono de cafetal.

Cuadro 10 índice de daño de *H. vastatrix* en variedad Caturra Amarillo

Tratamiento	Muestreo						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparado Visosa (PV)	0.4 ^{ab}	0.4 ^{abc}	0.4 ^{abc}	0.4 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.4 ^{ab}
Extracto de Clavo (EC)	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.0 ^a	0.1 ^a	0.0 ^a	0.2 ^{ab}	0.2 ^{ab}	0.2 ^{ab}	0.2 ^{ab}
Mezcla de preparado minerales(M2)	0.4 ^{ab}	0.8 ^c	0.8 ^c	0.6 ^b	0.6 ^b	0.6 ^b	0.6 ^b
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
PV+AHF	0.7 ^b	0.2 ^{bc}	0.3 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.5 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.4 ^{ab}
EC+AHF	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
M1+AHF	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
M2+AHF	0.7 ^b	0.5 ^{abc}	0.5 ^{bc}	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}
PV+GME	0.7 ^b	0.7 ^{bc}	0.2 ^{ab}	0.3 ^{ab}	0.3 ^{ab}	0.3 ^{ab}	0.3 ^{ab}
EC+GME	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
M1+GME	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a	0.0 ^a
M2+GME	0.3 ^{ab}	0.3 ^{abc}	0.3 ^{ab}	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}	0.1 ^{ab}
Testigo inoculado sin tratamiento	0.2 ^{ab}	0.2 ^{ab}	0.2 ^{ab}	0.3 ^{ab}	0.3 ^{ab}	0.4 ^{ab}	0.4 ^{ab}
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

También se aprecia que en el tratamiento M2 y M2+AHF hubo una variación en el índice de daño a partir del cuarto al séptimo muestreo, esto se atribuye a la concentración utilizada de la mezcla de preparados minerales que provocó una defoliación de las hojas maduras, sin embargo después de 180 días de aplicación específicamente del M2, la planta mostró vigor, un color verde intenso con hojas más

largas y anchas. La mezcla de preparados minerales dentro de sus componentes destaca el contenido de silicio, calcio, azufre que están considerados como microelementos que contribuyen al estado nutricional de planta de café.

De acuerdo a la escala de índice de daño es del valor de 1, donde el área afectada fue del 1 al 5%, no presentó defoliación.

Brand (2010) mencionó que desde el punto de vista fitosanitario, los productos vegetales pueden presentar tres actividades principales: antimicrobiana directa, inducción de resistencia y el estímulo del crecimiento de plantas.

4.6.3 Variedad Bourbon

En el cuadro 11 se muestra el índice de daño de *H. vastatrix* en variedad bourbon que también corresponde a *Coffea arabica* susceptible a este patógeno. De acuerdo al análisis de varianza realizado (cuadro A11) no existen diferencia estadística en los primeros dos muestreos, siendo el PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces) que muestra un comportamiento estadístico diferente a los demás tratamientos superando al testigo inoculado sin tratamiento.

Cuadro 11 índice de daño *H. vastatrix* en variedad Bourbon

Tratamiento	Muestreo						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparado Visosa (PV)	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.10 ^a	0.00 ^a	0.00	0.40	0.40	0.40	0.40
Mezcla de preparados minerales (M2)	0.60 ^b	0.60 ^{bc}	0.60	0.20	0.20	0.20	0.20
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
PV+AHF	0.40 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M2+AHF	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
PV+GME	0.60 ^b	0.90 ^c	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
EC+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
M1+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10
M2+GME	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.30	0.10	0.10	0.10	0.10
Testigo inoculado sin tratamiento	0.00 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

En este mismo tratamiento se presentó una variación del índice de daño a partir del tercer muestreo, diferencia que se atribuye a la defoliación por la concentración de PV, siendo este elaborado con procedimiento descrito por Restrepo (1998). También se puede observar que el EC (extracto de clavo), AHF (ácidos húmicos y fúlvicos), EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+AHF (mezcla de extracto vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos), EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces) no mostraron incidencia del patógeno teniendo un comportamiento igual al testigo absolutos sin tratamiento.

Ramírez (2013) encontró que la enfermedad provocada por *M. royeri* en árboles de cacao se vio seriamente reducida en el porcentaje de incidencia en chilillos y mazorcas con la aplicación de hidrolatos y preparados minerales. Mostrando al hidrolato de canela un 0% de incidencia en chilillo y un 1.08 % en mazorcas, así también el polisulfuro de calcio con un 0.07% en chilillos y 0.46% en mazorca, hidrolato de pimienta con un 0.26% y 0.89%, hidrolato de clavo en 0.08% y 1.104%, estos tratamiento mostraron un mejor control de la enfermedad superando al testigo cultural y testigo absoluto.

4.6.4 Variedad Costa Rica 95

La variedad Costa Rica 95, está reportada como resistente a la roya, siendo impulsada por los programas de apoyo en la cafecultura nacional aquí en México. Cenicafe (2012), mencionó que la variedad Costa rica 95 es el resultado de la combinación de (Caturra x Híbrido de Timor), no posee variabilidad genética debido a que deriva de una sola línea (mono-línea), lo que no permite la combinación de genes resistentes a la roya y es lo que está provocando que en algunos lugares este perdiendo su resistencia genética.

En el cuadro 12 se muestra el comportamiento de cada uno de los tratamientos. El ANOVA indica que existe diferencia estadística (Cuadro A12) y la prueba de medias de Tukey, ($P \leq 0.05$) muestra que el PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces) su comportamiento estadístico fue diferente a los demás tratamientos superando en índice de daño al testigo inoculado sin tratamiento.

Sin embargo se observa que el EC (extracto de clavo), EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+AHF (mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos), EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces), M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovitt y microorganismos eficaces) no mostraron incidencia de daño de *H. vastatrix* similar en su comportamiento al TA/ST testigo absoluto sin tratamiento.

Cuadro 12 índice de daño *H. vastatrix* en variedad Costa Rica 95

Tratamiento	Muestreo						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparado Visosa (PV)	0.00 ^a	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^a	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}
Mezcla de preparados minerales (M2)	0.50 ^{bcd}	0.60 ^{cde}	0.60 ^{cd}	0.40 ^{ab}	0.60 ^{bc}	0.60 ^{bc}	0.60 ^{bc}
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF) Guanovit	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.10 ^a	0.00 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a
Microorganismos Eficaces (GME)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.20 ^a	0.00 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a
PV+AHF	0.20 ^{abc}	0.40 ^{abcd}	0.40 ^a	0.40 ^{ab}	0.40 ^{abc}	0.40 ^{abc}	0.40 ^{abc}
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	0.80 ^d	0.80 ^{de}	0.80 ^d	0.20 ^{ab}	0.60 ^{bc}	0.60 ^{bc}	0.60 ^{bc}
PV+GME	0.60 ^{cd}	0.90 ^e	0.40 ^{abcd}	0.70 ^{ab}	0.90 ^c	0.90 ^c	0.90 ^c
EC+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+GME	0.50 ^{bcd}	0.50 ^{bcde}	0.50 ^{bcd}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}
Testigo inoculado sin tratamiento	0.10 ^{ab}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.10 ^a	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}
Testigo absoluto	0.00 ^a	00.00 ^a	00.00 ^a	00.0 ^a	00.00 ^a	00.00 ^a	00.0 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Es posible observar variación en el índice de daño en los tratamientos M2 y M2+AHF, fenómeno que fue provocado por la defoliación posterior a la aplicación del preparado mineral.

De acuerdo a la escala de daño utilizada en esta variedad alcanza el valor de 1 (1-5% de área afectada).

Acevedo *et al.* (2015) mencionaron que en la última década se han presentado variaciones climáticas que favorecen la multiplicación de fitopatógenos, como el de la roya del cafeto en Chiapas (2012), Veracruz (2013) o Puebla (2013), a la cual se atribuyen pérdidas económicas. Sin embargo en México la problemática de la roya se le atribuye a diversos factores destacando; las plantaciones viejas y más del 90% son variedades susceptibles a este patógeno.

Granados *et al.* (2014), analizaron mediante climogramas de Thornthwaite el efecto del cambio climático en la vertiente del Golfo de México y su impacto en la cafecultura con variantes climáticas de temperatura y precipitación y refleja el ascenso de la temperatura del aire de 4.6 °C y alteración de la precipitación pluvial, en algunos casos se escenifica una disminución del -5.5%; estos cambios afectarán ciertos períodos de vida de las plantas cultivadas y aparición de plagas, situación que repercutirá en la productividad de la región cafetalera de la Vertiente del Golfo. Por lo consiguiente su ruptura de la resistencia genética que muestra la variedad Costa Rica 95, se suma al efecto de las variaciones climáticas de temperatura y precipitación que se están presentando en las regiones cafetaleras de México.

En recorrido en campo con productores de la localidad de Chana, municipio de Tenejapa, de las región altos de Chiapas, las plantas de esta variedad muestran el crecimiento de las manchas cloróticas, como indicador de la ruptura de su resistencia genética que se ve potencializada por las variantes ambientales que está provocando el cambio climático.

El índice de daño fue mayor en la variedad Caturra Rojo seguido de Costa Rica 95, Bourbon y por último la variedad Caturra Amarillo. Los tratamientos que presentaron mayor índice de daño fue el M2 (mezcla de preparados minerales) para la variedad Caturra Rojo y Caturra Amarillo y el tratamiento de PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces) para variedad Bourbon y Costa Rica 95. La escala de daño fue con valor 1 (1-5% área afectada) en las cuatro variedades.

4.7 Número de hoja con incidencia de *H. vastatrix*

4.7.1. Variedad Caturra Rojo

La cuantificación de hojas que presentaron incidencia de daño en las plantas de café, se muestran en el cuadro 13, donde el EC (extracto de clavo), M1 (mezcla de extractos vegetales), EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+AHF (mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos), EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces) no presentaron ninguna hoja con incidencia de roya similar en su comportamiento con el testigo absoluto sin inoculación y sin tratamiento. El análisis de varianza muestra diferencia estadística entre los tratamientos (cuadro A13) y la prueba de medias de Tukey, $P \leq 0.05$) indica que el M2 (mezcla de preparados minerales) tuvo un comportamiento estadístico diferente a los demás tratamientos con el mayor número de hojas con incidencia de daño superando al testigo inoculado sin tratamiento.

Los beneficios de los extractos vegetales son diversos y se han estudiado en diferentes evaluaciones a nivel *in vitro* y con diferentes métodos de extracción Brand *et al.* (2010), reportó el extracto de ajo (*Allium sativum* L.) preparado con autoclave; este método

potencializa las propiedades de los extractos liberando algún metabolito tóxico para el hongo, este extracto vegetal inhibió el crecimiento micelial de *Colletotrichum lindemuthianum* a una concentración de 3.0% en un 12.25 % después de 18 días de incubación. Así también mencionó el extracto de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) que fue utilizado en una dosis del 2,5% propició mayor reducción en el crecimiento del hongo, con inhibición de 18,6% en relación al testigo.

Cuadro 13 Número de hoja con incidencia de daño *H. vastatrix* en variedad Caturra Rojo

Tratamiento	Muestreo						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparado Visosa (PV)	0.50 ^{abc}	0.60 ^a	0.60 ^{ab}	0.60 ^{ab}	0.60 ^{abc}	0.60 ^{abc}	0.60 ^{abc}
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de preparados minerales (M2)	0.80 ^{abc}	1.70 ^b	1.70 ^c	1.00 ^b	1.00 ^c	1.00 ^c	1.00 ^c
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+AHF	0.90 ^{bc}	0.10 ^a	0.20 ^a	0.60 ^{ab}	0.60 ^{abc}	0.60 ^{abc}	0.60 ^{abc}
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	1.20 ^c	0.60 ^a	0.60 ^{ab}	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a
PV+GME	1.20 ^c	1.60 ^b	1.00 ^b	0.90 ^b	0.90 ^{bc}	0.90 ^{bc}	0.90 ^{bc}
EC+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.20 ^a	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.30 ^{ab}
M2+GME	0.50 ^{abc}	0.50 ^a	0.50 ^{ab}	0.20 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a
Testigo inoculado sin tratamiento	0.20 ^{ab}	0.20 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

4.7.2 Variedad Caturra Amarillo

En el cuadro 14 se presentan los tratamientos con hojas totales e incidencia de roya, de acuerdo al análisis de varianza (cuadro A13) existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos y la prueba de medias de Tukey, ($P \leq 0.05$) muestra al M2 (mezcla de preparado minerales) con un comportamiento estadístico diferente a

los demás tratamientos siendo el que mostró mayor número de hojas totales con incidencia de roya (*H. vastatrix*) superando al testigo inoculado sin tratamiento.

Cuadro 14 Número de hoja con incidencia de daño *H. vastatrix* en variedad Caturra Amarillo

Tratamiento	Muestreo						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparado Visosa (PV)	0.90 ^{ab}	0.90 ^{abc}	0.80 ^{ab}	0.80 ^{ab}	0.80 ^{bc}	0.80 ^{ab}	0.80 ^{ab}
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.10 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}
Mezcla de preparados minerales (M2)	1.40 ^b	1.70 ^c	1.70 ^b	0.90 ^b	0.90 ^c	0.90 ^c	0.90 ^c
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
PV+AHF	0.50 ^{ab}	0.20 ^a	0.40 ^a	0.40 ^{abc}	0.40 ^{abc}	0.40 ^{abc}	0.40 ^{abc}
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	1.10 ^b	0.60 ^{ab}	0.60 ^a	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^{ab}
PV+GME	0.50 ^{ab}	1.40 ^{bc}	0.20 ^a	0.40 ^{abc}	0.40 ^{abc}	0.40 ^{abc}	0.40 ^{abc}
EC+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+GME	0.50 ^{ab}	0.50 ^{ab}	0.50 ^a	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}	0.20 ^{abc}
Testigo inoculado sin tratamiento	0.00 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a	0.30 ^{abc}	0.30 ^{abc}	0.30 ^{abc}	0.30 ^{abc}
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Para esta variedad el EC (extracto de clavo), GME (guanovit y microorganismos eficaces), EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+AHF (mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos), EC+GME (extracto de clavo más guanovit microorganismos eficaces) y M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovit microorganismos eficaces), no muestran hojas con incidencia de roya y sus comportamiento es similar al testigo absoluto.

Diversos trabajos mencionan los microorganismos eficaces y el guano de murciélago, con acción nutrimental que le confiere resistencia a las plantas reduciendo el ataque de patógenos. Sin embargo no se encuentra reporte de su acción nutricional en plantas de café, por lo que este sería un primer trabajo a nivel nacional que ponga en evidencia

las bondades de estos productos como fuente de nutrientes para el café en etapa de vivero.

Aunque esta variedad está reportada como susceptible a roya, bajo estas condiciones experimentales se identifican como alternativas de control de la enfermedad estos productos, sin embargo podrían reflejar otros resultados bajo condiciones de campo.

Para la variedad Caturra Amarillo los tratamientos de PV, M1, M2, AHF, PV+AHF, M2+AHF, PV+GME, M2+GME presentan incidencia de daño en las hojas observando las manchas cloróticas, sin la presencia de uredosporas.

4.7.3 Variedad Bourbon

El análisis de varianza (cuadro A15) indica diferencia estadística entre los tratamientos para el primer y segundo muestreo y la prueba de media de Tukey $P \leq 0.05$) muestra que el tratamiento PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces) presentó un comportamiento estadístico diferente a los demás tratamientos superando al testigo inoculado sin tratamiento como se aprecia en el cuadro 15.

Se observa que EC (extracto de clavo), M1 (mezcla de extractos vegetales), AHF (ácidos húmicos y fúlvicos), GME (guanovit y microorganismos eficaces), EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+AHF (mezcla de extractos preparados más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces), EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces) se comportaron de forma similar al testigo absoluto.

Así mismo el PV (preparado visosa), M2 (mezcla de preparados minerales), PV+AHF (preparado visosa más ácidos húmicos y fúlvicos), PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces), M2+AHF (mezcla de preparados minerales más ácidos húmicos y fúlvicos), M2+GME (mezcla de preparados minerales más guanovit y microorganismos eficaces), conforman un grupo con un comportamiento estadístico similar al testigo inoculado sin tratamiento.

Cuadro 15 Número de hoja con incidencia de daño *H. vastatrix* en variedad Bourbon

Tratamiento	Muestreo						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparado Visosa (PV)	0.40	0.40 ^a	0.40 ^{ab}	0.40	0.40	0.40	0.40
Extracto de Clavo (EC)	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.10	0.10 ^a	0.10 ^a	0.40	0.40	0.40	0.40
Mezcla de preparados minerales (M2)	0.70	0.60 ^a	0.60 ^{ab}	0.20	0.20	0.20	0.20
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.10	0.10	0.10	0.10
PV+AHF	0.50	0.20 ^a	0.40 ^{ab}	0.30	0.30	0.30	0.30
EC+AHF	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00
M1+AHF	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00
M2+AHF	0.50	0.50 ^a	0.50 ^{ab}	0.30	0.30	0.30	0.30
PV+GME	0.80	1.50 ^b	1.50 ^b	0.40	0.40	0.40	0.40
EC+GME	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00
M1+GME	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.10	0.10	0.10	0.10
M2+GME	0.60	0.60 ^a	0.60 ^{ab}	0.10	0.10	0.10	0.10
Testigo inoculado sin tratamiento	0.00	0.20 ^a	0.20 ^{ab}	0.20	0.20	0.20	0.20
Testigo absoluto	0.00	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00	0.00	0.00	0.00

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

La efectividad de un extracto vegetal depende de la especie de planta utilizada y del método de extracción utilizada. Lam *et al.* (2017) evaluaron el extracto *Piper auritum* Kunth, sobre el control de roya (*Hemileia vastatrix*), en el extracto de aceite esencial en su componente se encuentra el safrol. En la actividad antifúngica tanto el disolvente de los aceites (DMSO) como el aceite/sin dilución causaron efecto oxidativo sobre hojas. La aplicación de los tratamientos de aceite esencial de *P. auritum* dañaron las hojas, evitando analizar el proceso infectivo del hongo.

4.7.4 Variedad Costa Rica 95

La variedad Costa Rica 95, es una variedad con expectativas de resistencia a roya, altos rendimiento y buena calidad en tasa, recomendada para alturas que van en un rango de 800-1000 y de 1000 a 1200 m. Sin embargo Escamilla *et al.* (2015) evaluaron 17 variedades de café cultivadas en sistema orgánico en Oaxaca, Puebla y Veracruz, con características relevantes de calidad, productividad y resistencia a roya. Y reporta la variedad Costa Rica 95, recomendada por su resistencia a roya y por su alta productividad, presentó el mayor número de tazas con defectos, sobresaliendo la

astringencia, así como menor eficiencia en rendimiento requiriendo 273 kg, café cereza para obtener 57.5 kg de café pergamino que es mayor comparado con el rendimiento estándar convencional (250 kg de café cereza para obtener 57.5 kg de café pergamino).

La resistencia genética de esta variedad se está perdiendo por su procedencia mono-lineal adicional a las variantes climáticas que prevalecen actualmente en regiones cafetales donde se considera esta variedad una alternativa para controlar la roya *H. vastatrix*. En el cuadro 16 se presenta el comportamiento de cada tratamiento y de acuerdo al análisis de varianza realizado (cuadro A16) indica diferencias estadísticas entre los tratamientos e indica que M2 (Mezcla de preparados minerales) y PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces), tuvieron un comportamiento estadístico diferente a los demás tratamientos superando al mismo testigo inoculado sin tratamiento.

Cuadro 16 Número de hoja con incidencia de daño *H. vastatrix* en variedad Costa Rica 95

Tratamiento	Muestreo						
	1	2	3	4	5	6	7
Preparado Visosa (PV)	0.00 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^{ab}	0.40 ^a	0.40 ^a	0.40 ^a
Extracto de Clavo (EC)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Mezcla de extractos vegetales (M1)	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.10 ^a	0.20 ^{ab}	0.10 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a
Mezcla de preparados minerales (M2)	0.90 ^{bc}	1.40 ^c	1.40 ^c	0.80 ^{bc}	1.40 ^b	1.40 ^b	1.40 ^b
Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.10 ^{ab}	0.00 ^a	0.10 ^a	0.10 ^a
Guanovit Microorganismos Eficaces (GME)	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.20 ^{ab}	0.00 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a
PV+AHF	0.20 ^{ab}	0.50 ^{ab}	0.00 ^a	0.50 ^{abc}	0.50 ^a	0.50 ^a	0.50 ^a
EC+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+AHF	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+AHF	1.00 ^c	1.00 ^{bc}	1.00 ^{bc}	0.20 ^{ab}	0.70 ^{ab}	0.70 ^{ab}	0.70 ^{ab}
PV+GME	0.90 ^{bc}	1.50 ^c	0.60 ^{abc}	1.10 ^c	1.50 ^b	1.50 ^b	1.50 ^b
EC+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M1+GME	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
M2+GME	1.00 ^c	1.00 ^{bc}	1.00 ^{bc}	0.20 ^{ab}	0.20 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a
Testigo inoculado sin tratamiento	0.10 ^a	0.20 ^{ab}	0.20 ^{ab}	0.10 ^{ab}	0.10 ^a	0.20 ^a	0.20 ^a
Testigo absoluto	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a

*Letra diferente en la misma columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Se aprecia en esta variedad el EC, EC+AHF, M1+AHF, se comportaron de forma similar al testigo absoluto y las alternativas de control son menores en comparación con caturra rojo, amarillo y bourbon. Estos resultados son el primer reporte con respecto a la variedad Costa Rica 95, que ya no es una alternativa para la renovación de la cafecultura regional, además de que en condiciones de campo con alturas de 1500-1700 msnm produce más del 30% de frutos vanos, específicamente localidad de Yashanal, municipio de Tenejapa, Chiapas.

También se puede apreciar que en los AHF y GME en los primeros tres muestreos mostraron inhibición del patógeno, pero en los demás mostraron signo de la enfermedad, esto indica que la fuente de nutrientes de forma individual no son una alternativa para el control de la *H. vastatrix* en condiciones de vivero.

Se encontró que el número de hojas con incidencia de roya fue influenciado por la caída de las mismas que se presentó en el M2 (mezcla de preparados minerales) y PV+MGE (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces), lo cual se le atribuye a la concentración utilizada y el tiempo de exposición al tratamiento. La variedad Bourbon y Costa Rica 95 mostraron el menor número de hojas con incidencia de roya siendo el PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces) para ambas variedades con 1.5 hojas. El M2 (mezcla de preparados minerales) mostró los valores de 1.7 hojas para las variedades Caturra Rojo y Caturra amarillo.

4.8 Porcentaje de emergencia

La emergencia se vio favorecida en la variedad bourbon con un 88.75%, seguido por el caturra amarillo y rojo con un 87.5 y 8.91% (figura 2). Siendo Costa Rica 95 la variedad de menor germinación y raíces bifurcadas, al respecto (Cenicafe, 2012) menciona que la preparación de semilla de café con máquinas ahorradoras de agua provoca un golpe en el embrión estimulando la formación de raíces bifurcadas y reduciendo la germinación. También es importante considerar el período de cosecha del cual procede la semilla ya que la viabilidad de la semilla de café se va perdiendo a través del tiempo.

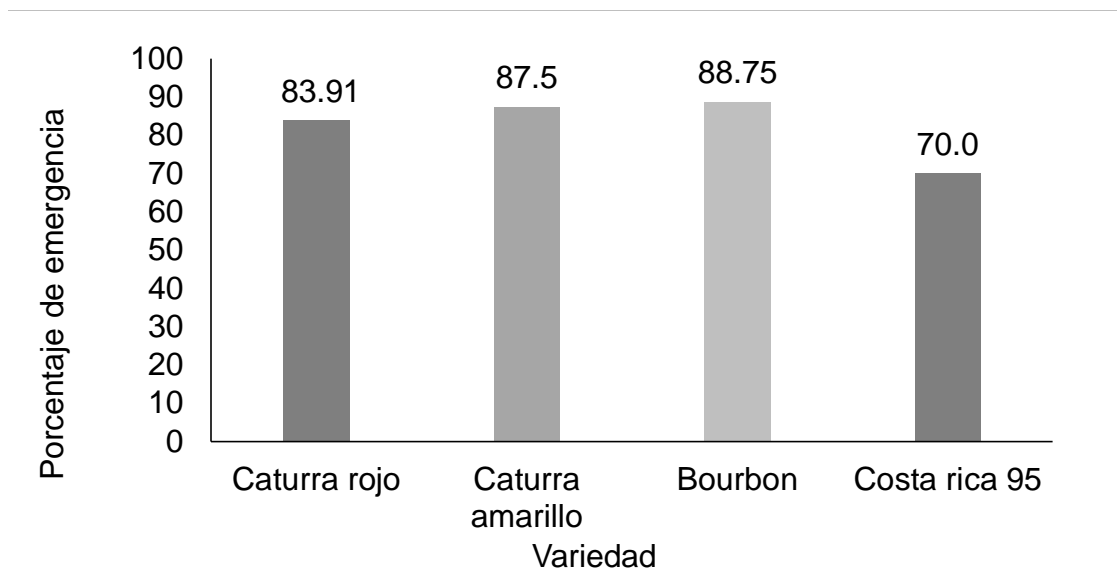


Figura 2. Porcentaje de emergencia de cuatro variedades de café (*Coffe arabica*)

4.9 Tasa de crecimiento en variedad Caturra Rojo

Se determinó la *tasa de crecimiento de diámetro del tallo*, en la variedad caturra rojo. El análisis de varianza (cuadro A 17) indica que no existe diferencia estadística entre los tratamientos para diámetro de tallo, sin embargo se observa que hubo un efecto positivo del tratamiento EC+ AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos) en el diámetro de tallo superando a todos los demás tratamientos como se aprecia en la figura 8. También se puede apreciar que el tratamiento de M1 +AHF (mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos) tubo el menor crecimiento diario de diámetro siendo superado por el testigo inoculado sin tratamiento y el testigo absoluto.

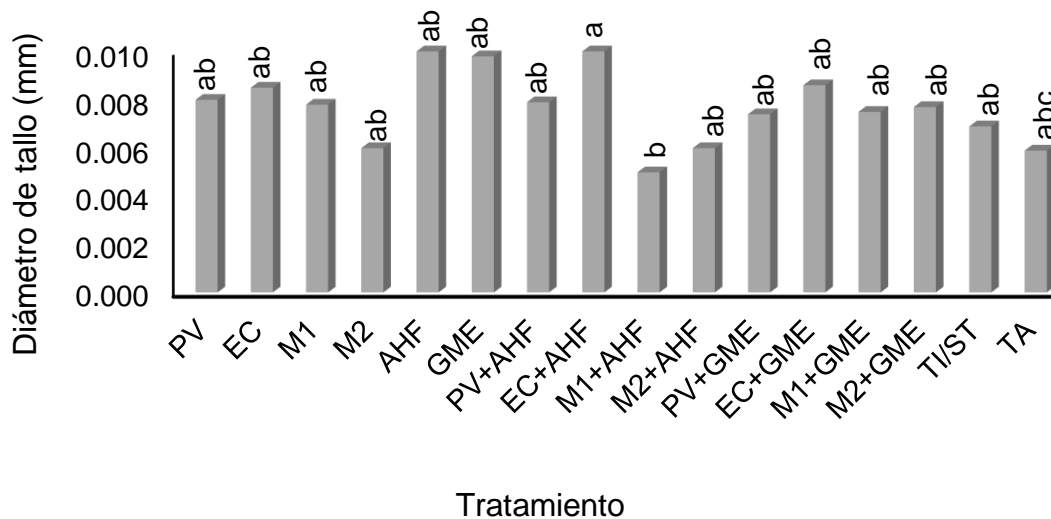


Figura 8 Tasa de crecimiento de diámetro de tallo variedad Caturra Rojo

Para la *tasa de crecimiento de altura* se realizó el análisis de varianza e indicó diferencia estadística entre los tratamientos y la prueba Tukey al 5% muestra el efecto positivo del EC (extracto de clavo), en crecimiento diario de la planta (figura 9) siendo diferente estadísticamente a los demás tratamientos y superando al testigo inoculado sin tratamiento y al testigo absoluto. El M1+AHF (mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos) es el tratamiento con menor tasa de crecimiento de diámetro diario siendo superado por el testigo inoculado sin tratamiento.

Para el número de hojas total por planta y por tratamiento se realizó el análisis de varianza mostrando diferencia estadística significativa (cuadro A17) y la prueba de Tukey al 5%, indica con efecto positivo en el número de hojas por planta al tratamiento EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), su comportamiento estadístico fue superior a los demás tratamientos (figura 10) superando al testigo inoculado sin tratamiento y testigo absoluto.

El menor número de hojas por planta fue en el tratamiento PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces) superado por el testigo absoluto.

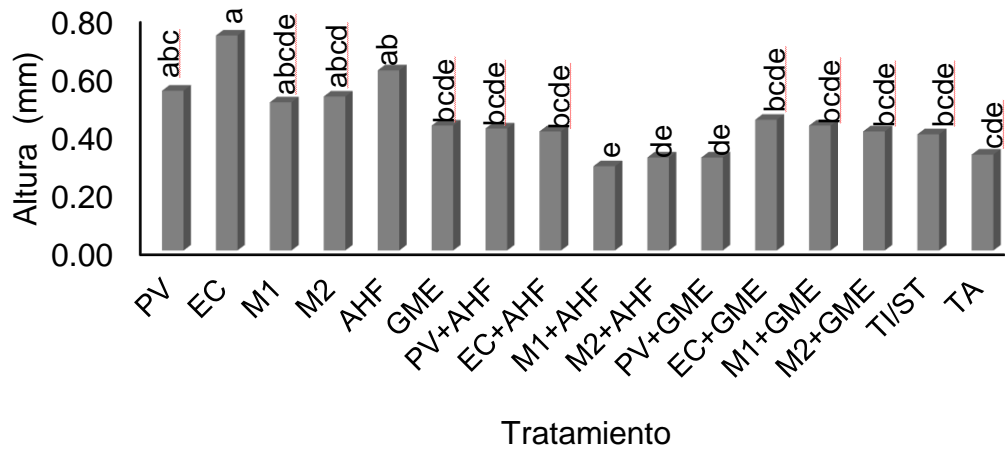


Figura 9 Tasa de crecimiento de altura (mm) variedad Caturra Rojo

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

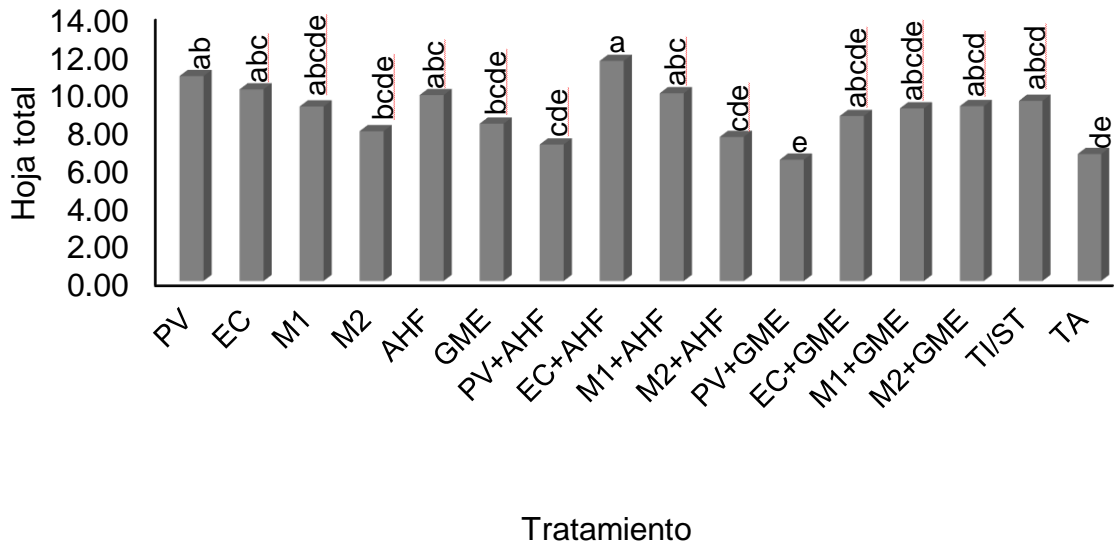


Figura 10 Número de hoja por planta variedad Caturra Rojo

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Para la *variable tasa de crecimiento de ancho de hoja*, el análisis de varianza practicado indicó diferencias estadísticas y la prueba de medias de Tukey al 5%

muestra que el tratamiento AHF (ácidos húmicos y fúlvicos) tuvo un efecto positivo en el ancho de hoja (figura 11) teniendo un comportamiento estadístico diferente a los demás tratamientos y superando al testigo inoculado sin tratamiento y testigo absoluto. En el tratamiento EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos) presentó la menor tasa crecimiento en ancho de hoja siendo su comportamiento estadístico similar al testigo absoluto.

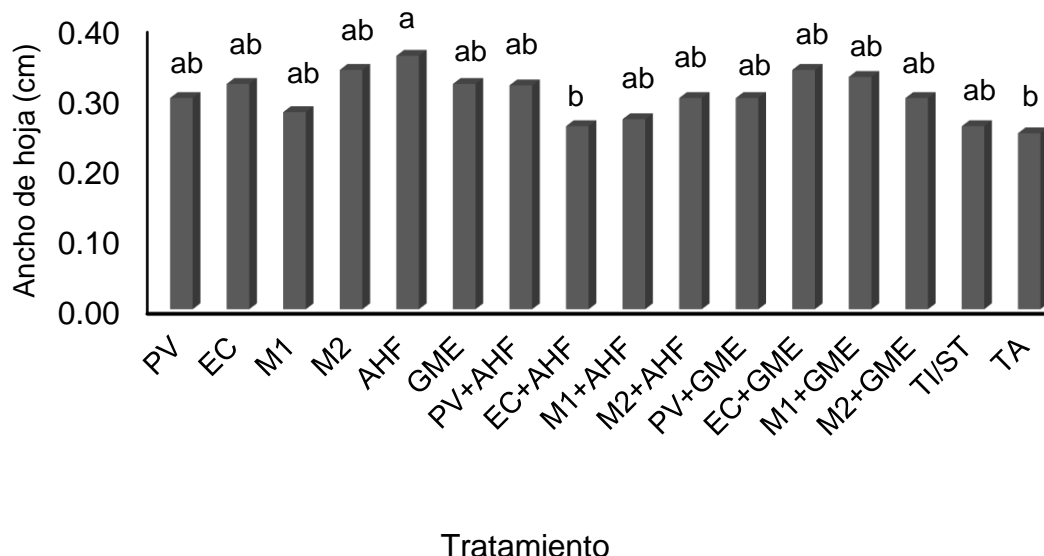


Figura 11 Tasa de crecimiento de ancho de hoja (mm) variedad Caturra Rojo

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Para la *tasa de crecimiento de largo de hoja* los tratamientos de AHF (ácidos húmicos y fúlvicos) y EC+GME (extractos de clavo más guanovit y microorganismos eficaces), favorecieron el largo de hoja (figura 12), mostrando un comportamiento estadístico diferente a los demás tratamientos.

En términos generales para las variables de crecimiento el EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos) favoreció el diámetro de tallo, hoja por planta, sin embargo en largo y ancho de hoja mostró la menor tasa de crecimiento.

Por su parte Kitila *et al.* (2011) encontraron una asociación positiva y significativa entre el área foliar y el diámetro del tallo, aunque de carácter bajo. Desde el punto de vista fenológico ambas variables definen la estructura arbórea de la planta de café en etapa de producción.

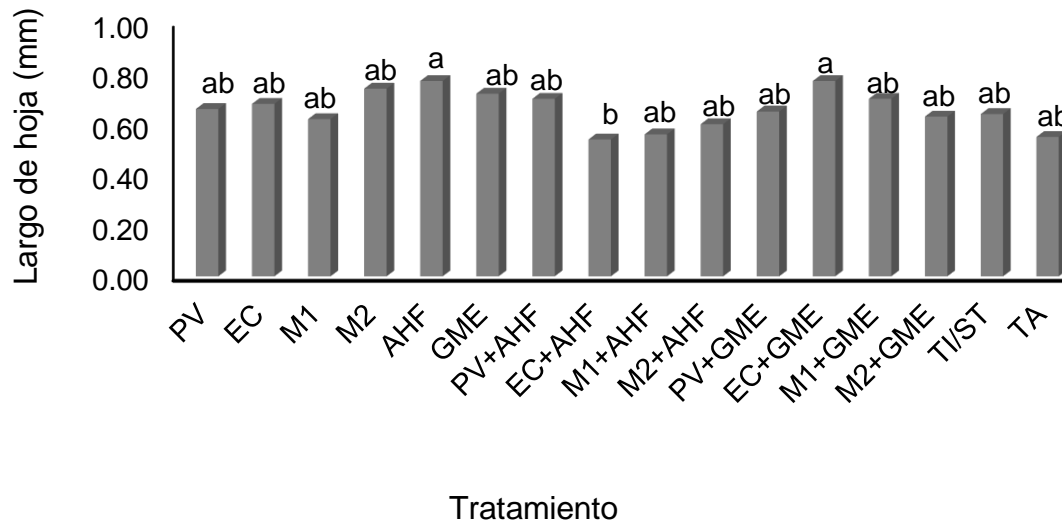


Figura 12 Tasa de crecimiento (mm) largo de hoja variedad Caturra Rojo

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

4.10 Tasa de crecimiento en variedad Caturra Amarillo

A la variable de *tasa de crecimiento de diámetro de tallo* para la variedad Caturra Amarillo se les aplicó el análisis de varianza (cuadro A18), el cual registró diferencia estadística entre los tratamientos y en el figura 13 se muestra el crecimiento diario de diámetro de tallo y la prueba de Tukey, ($P \leq 0.05$), en la cual los tratamientos M2 (mezcla de preparados minerales), y EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces), registraron el mayor valor con 0.01 mm de crecimiento por día, seguido por los tratamientos PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces), preparado visosa (PV), M1 (mezcla de extractos vegetales), guanovit microorganismos eficaces (GME), PV+AHF (preparado visosa más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces), M2+GME (mezcla de preparados minerales más guanovit y microorganismos eficaces), los cuales entre si no registraron diferencias estadísticas pero si con los demás tratamientos y superando al testigo absoluto que mostro la menor tasa de crecimiento de diámetro de tallo.

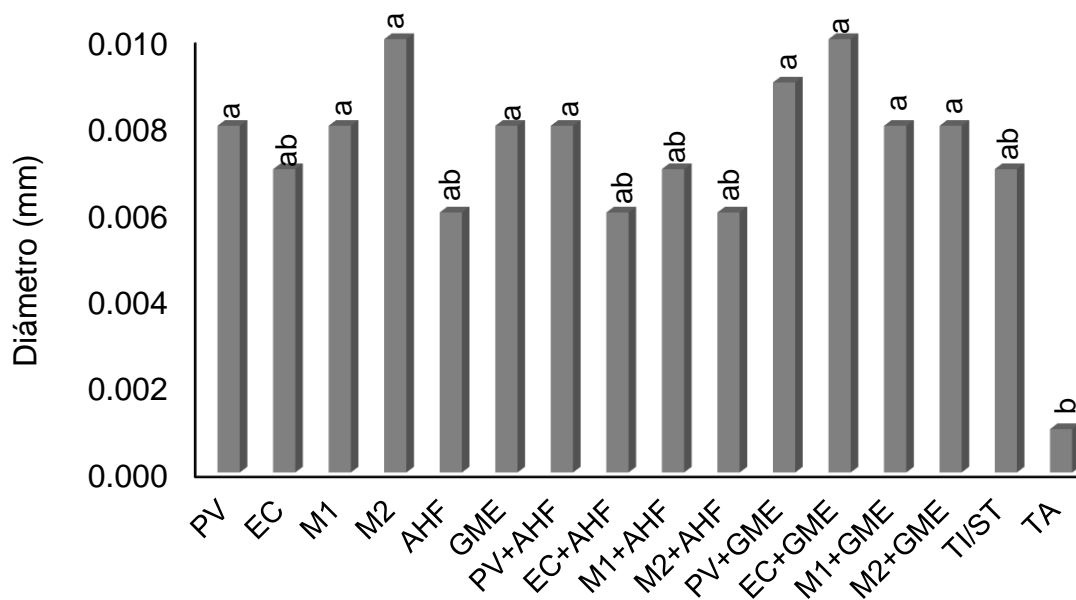


Figura 13 Tasa de crecimiento (mm) de diámetro tallo variedad Caturra Amarillo

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

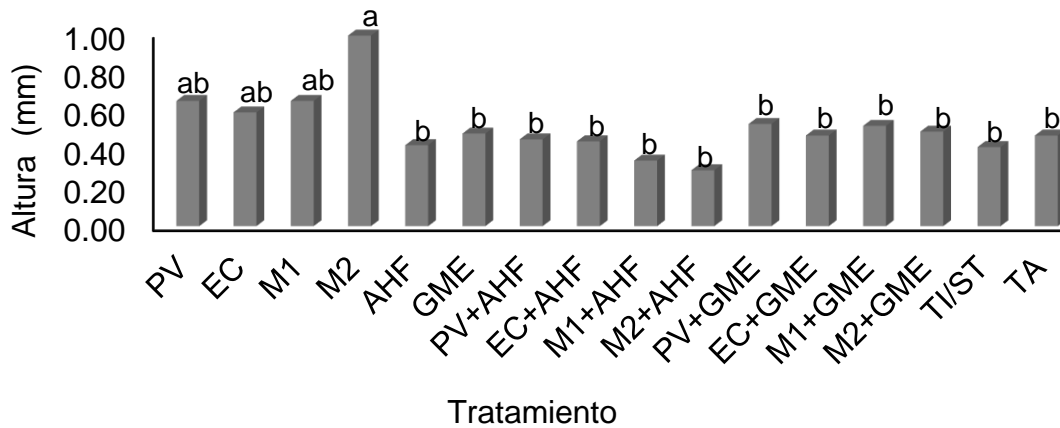


Figura 14 Tasa de crecimiento (mm) de altura en variedad Caturra Amarillo

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

En la figura 14 se aprecia la *tasa de crecimiento en altura*. El análisis de varianza (cuadro A18) indicó diferencia estadística entre los tratamientos, el tratamiento M2 favoreció la tasa de crecimiento en altura diaria en esta variedad y registró según la prueba de Tukey al 5% diferencias estadísticas con los demás tratamientos.

Los tratamientos que mostraron menor altura fueron: Ácidos Húmicos Fúlvicos (AHF), guanovit microorganismos eficaces (GME), PV+AHF (preparado visosa más ácidos húmicos y fúlvicos), EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+AHF (mezcla de extractos vegetales y ácidos húmicos y fúlvicos), M2+AHF (mezcla de preparados minerales y ácidos húmicos y fúlvicos), PV+GME (preparado visosa más guanovit microorganismos eficaces), EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces), M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces), M2+GME (mezcla de preparados minerales más guanovit y microorganismos eficaces), con un comportamiento estadístico igual al testigo inoculado sin tratamiento y al testigo absoluto.

La menor tasa de crecimiento en altura se presentó en M2+AHF (mezcla de preparados minerales más ácidos húmico y fúlvicos) siendo superados por los testigos, pero sin que registrar diferencia estadística entre ellos.

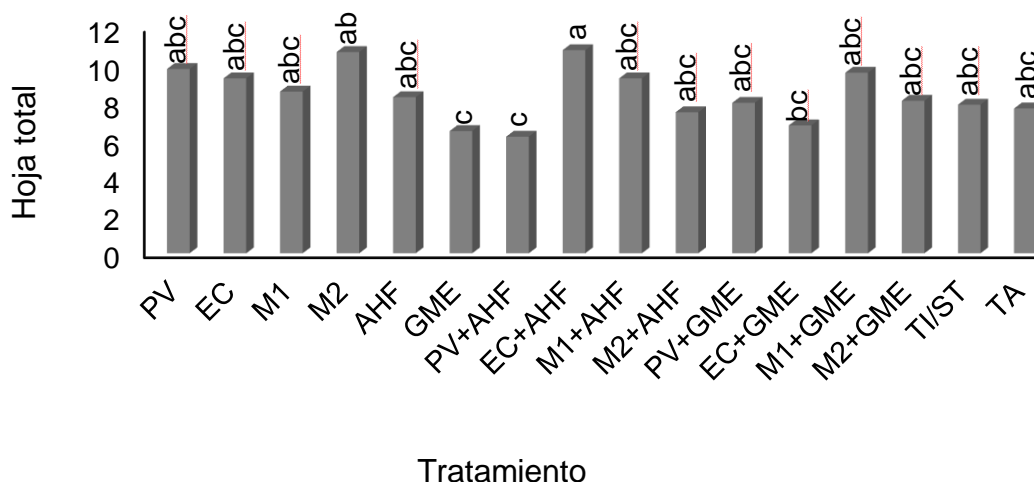


Figura 15 Número de hojas por planta variedad Caturra Amarillo

*Letra diferente en columna presentan diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Con respecto al *número de hojas* el mayor valor se presentó el EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), (figura 15) comportándose estadísticamente diferente a los demás tratamientos superando al testigo inoculado sin tratamiento y testigo absoluto. Cabe mencionar que en el tratamiento EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces) se presentaron los primeros cruces a los 98 días posterior a la inoculación, este es un indicador para llevar las plantas de vivero a campo.

A su vez el número de hojas determina el área foliar de las ramas presentes en una planta de café, (Montoya *et al.*, 2017), mencionaron que por cada 100 cm² de área foliar incrementa 2.36 gramos de café cereza verde. Para esta variedad y bajo estas condiciones el EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos) constituye una alternativa para la mejora en esta variable.

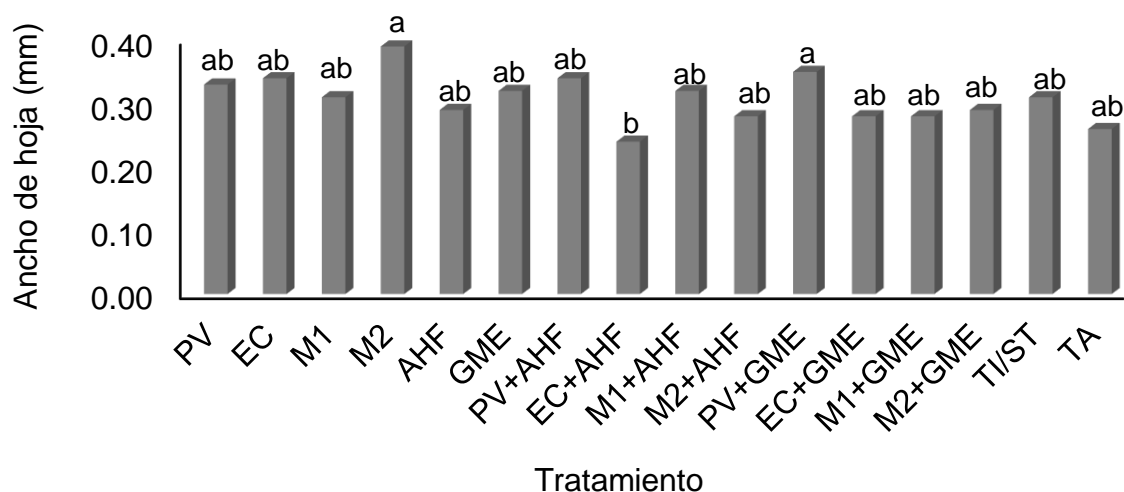


Figura 16 Tasa de crecimiento (mm) ancho de hoja variedad Caturra Amarillo

*Letra diferente en columna presentan diferencia significativa (Tukey, P≤ 0.05).

En la figura 16 se aprecia el comportamiento para la variable *Tasa de crecimiento de ancho de hoja* donde el M2 (mezcla de preparados minerales) y PV+GME (preparado mineral más guanovit y microorganismos eficaces) tienen los mayores valores. El ANOVA registró diferencia estadística entre los tratamientos y de acuerdo a la prueba de Tukey (5%) estos dos tratamientos registraron diferencias estadísticas con los

demás incluyendo los testigos. También se puede observar que EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), mostró la menor tasa de crecimiento en ancho de hoja siendo superado por el testigo absoluto.

Baldovino (1994), argumentó que la concentración utilizada del eugenol en bulbos de cebolla (*Allium cepa*), inhibió el crecimiento de raíz macroscópicamente el efecto del eugenol altera la proliferación celular. Aquí se observa que el extracto de clavo en conjunto con los nutrientes que contienen los ácidos húmicos y fúlvicos provocó un efecto negativo en el ancho de hoja.

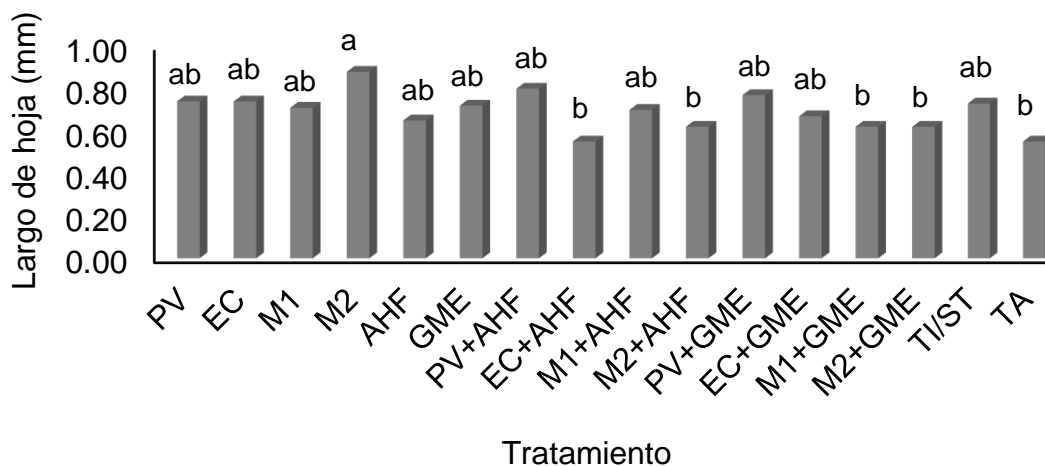


Figura 17 Tasa de crecimiento (mm) largo de hoja variedad Caturra Amarillo

*Letra diferente en columna presentan diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Para la *tasa de crecimiento diario de largo de hoja* el análisis de varianza registró diferencia estadística (cuadro A18) y la prueba Tukey al 5% indica para tasa de crecimiento diario de largo de hoja (figura 17) que el M2 (mezcla de preparados minerales) tiene el mayor valor y diferencias estadísticas con los demás tratamientos superando al EC+AHF (extracto de clavo más ácidos húmicos y fúlvicos), M2+AHF (preparados minerales más ácidos húmicos y fúlvicos), M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces), M2+GME (mezcla de preparados minerales más guanovit y microorganismos eficaces) y testigo absoluto.

Al respecto Campo *et al.* (2014) mencionaron que los microorganismos eficaces conformados de bacterias ácido lácticas y levaduras fragmentan las moléculas de lignina y celulosa haciendo disponible, diferentes nutrientes principalmente carbono y nitrógeno que resultan asimilables por las raíces de las plantas, el efecto se observó

en acelga logrando mayor altura, diámetro, menor incidencia de plagas y enfermedades, influyendo también en el peso de las hojas de acelga. De forma indirecta y a largo plazo la planta desarrollo una resistencia sistémica a plagas y enfermedades. El efecto de los tratamientos de guanovit y microorganismos eficaces individuales o combinados no mostró su potencial, bajo estas condiciones ambientales.

4.11 Tasa de crecimiento en variedad Bourbon

Para la *tasa de crecimiento de diámetro de tallo* el extracto de clavo (EC) y preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces (PV+GME), tuvieron más crecimiento de diámetro de tallo superando a los testigos como se observa en la figura 18, sin embargo el análisis de varianza no registró diferencias estadísticas entre los tratamientos.

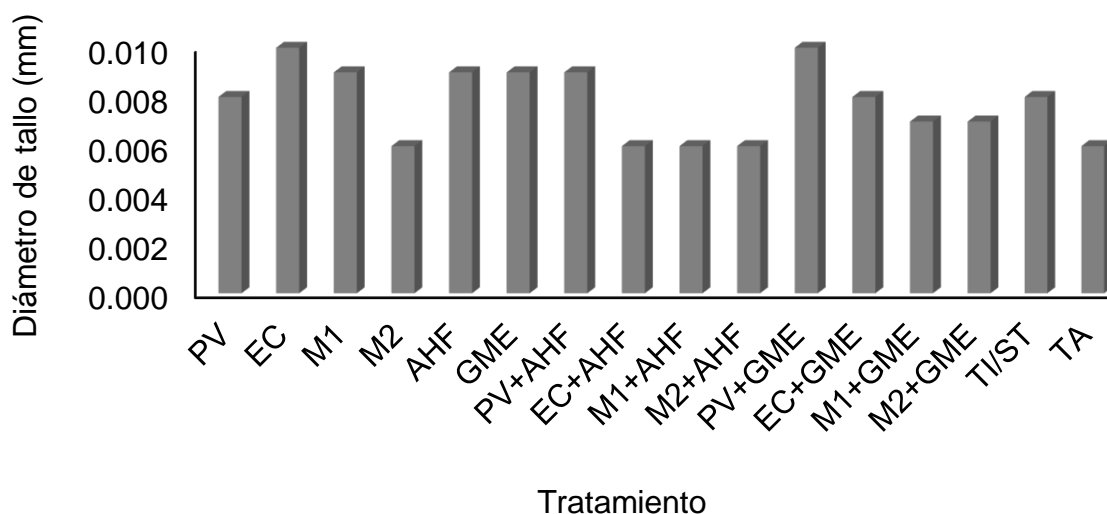


Figura 18 Tasa de crecimiento de diámetro tallo variedad Bourbon

En la figura 19 se muestra el comportamiento de los tratamientos para la variable *tasa de crecimiento en altura*, donde se aprecia que el EC (extracto de clavo) y el M1 (mezcla de extractos vegetales) tuvieron los mayores valores con 1.16 y 1 mm de crecimiento diario. El ANOVA indicó diferencias estadísticas entre los tratamientos y la prueba de Tukey, $P \leq 0.05$, registro diferencias de estos tratamientos con los demás y el tratamiento M2+AHF (mezcla de preparados minerales más ácidos húmicos y fúlvicos) presentó el menor valor, el cual registró diferencias con los testigos.

Unigarro *et al.* (2017) realizaron un estudio referente a la producción y las características fenotípicas de *Coffea arabica* L. y la altura presentó una relación inversa y con efecto directo en la baja producción.

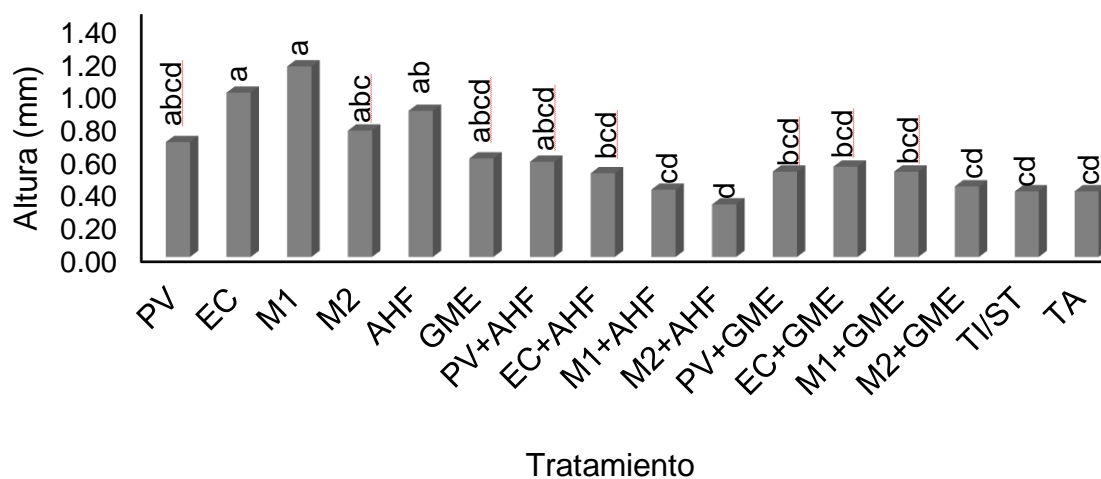


Figura 19 Tasa de crecimiento (mm) de altura en variedad Bourbon

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

El *número de hoja* determina directamente el área foliar de la planta de café, como se aprecia en la figura 20 sobresalió estadísticamente el preparado visosa (PV) el tratamiento de guanovit y microorganismos eficaces (GME) y M2+GME (mezcla de preparados minerales más guanovit y microorganismos eficaces) mostraron un comportamiento estadístico inferior a lo demás tratamientos siendo superados por los testigos.

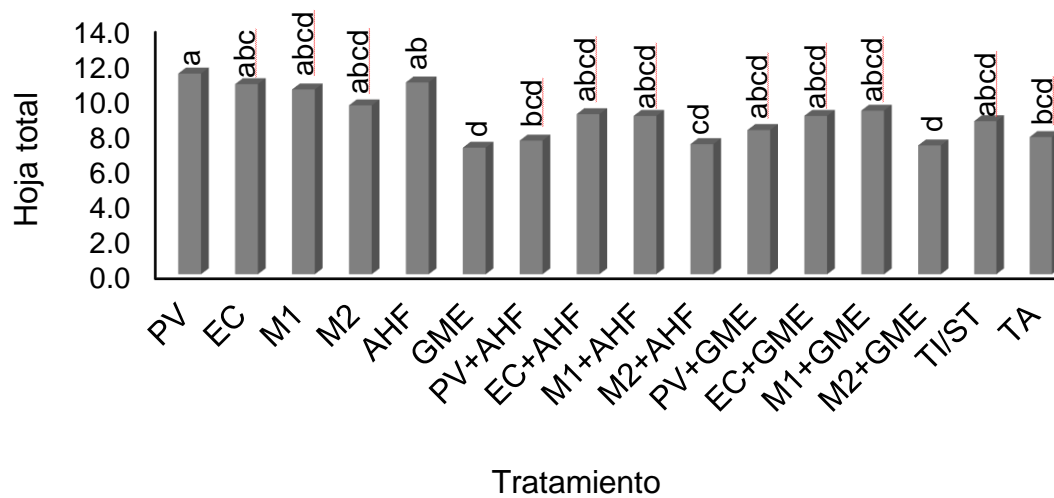


Figura 20 Número de hojas por planta variedad Bourbon

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

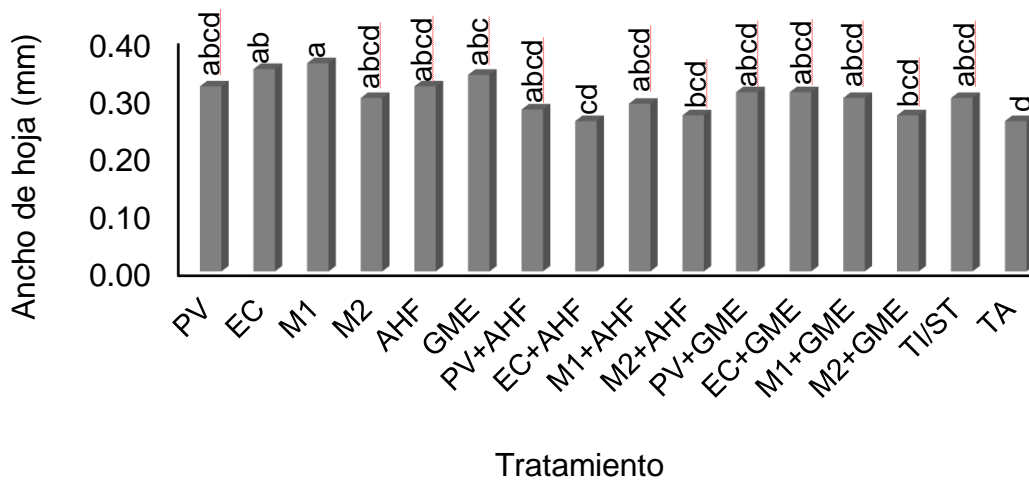


Figura 21 Tasa de crecimiento (mm) ancho de hoja variedad Bourbon

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

El *ancho de hoja* en la variedad Bourbon se vio favorecido en la tasa de crecimiento diario en el tratamiento M1 (mezcla de extractos vegetales), el análisis de varianza

indica diferencia estadística (cuadroA19) y la prueba Tukey, ($P \leq 0.05$) marca un comportamiento estadístico (figura 21) diferente a los demás tratamientos superando al testigo inoculado sin tratamiento y siendo el testigo absoluto que presentó menor crecimiento en ancho de hoja.

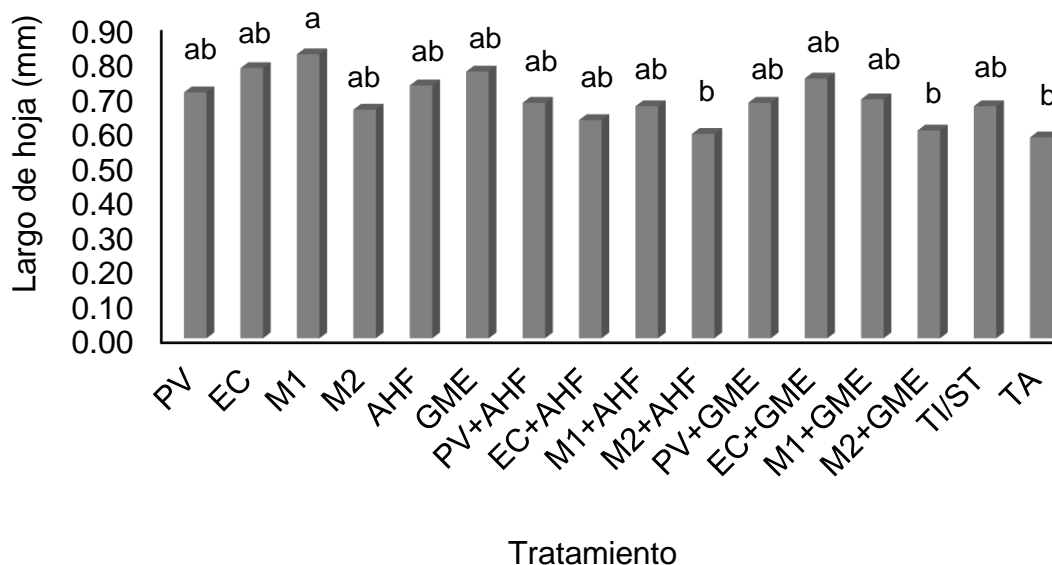


Figura 22 Tasa de crecimiento (mm) largo de hoja variedad Bourbon

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Para la variable *largo de hoja* el tratamiento M1 (mezcla de extractos vegetales) sobresale con un valor de 0.8 mm por día tal como se aprecia en la Figura 22, el ANOVA registro diferencias estadística entre los tratamientos y la prueba de Tukey indica diferencias del M1 con los demás tratamientos superando al M2+AHF (mezcla de preparados minerales más ácidos húmicos y fúlvicos), M2+GME (mezcla de preparados minerales más guanovit y microorganismos eficaces) y testigo absoluto.

Específicamente para la variedad bourbon el tratamiento conformado por el EC sólo y combinado en las hojas maduras provocó una clorosis y su efecto fue la caída de las hojas. Gonzales (2002), mencionó que el eugenol puede llegar a mostrar tanto *in*

vivo como *in vitro* diferentes tipos de toxicidad y la severidad del daño es proporcional al tiempo de exposición, a la dosis y a la concentración.

4.12 Tasa de crecimiento en variedad Costa Rica 95

De acuerdo al análisis de varianza (cuadro A20) para la variable de *tasa de crecimiento diario en diámetro* de tallo no hubo diferencia estadística. Sin embargo en la figura 23 se puede observar que el extracto de clavo presentó mayor crecimiento diario pero a la vez se comportó similar al testigo inoculado sin tratamiento. La tasa de crecimiento de diámetro no mostró diferencia estadística siendo similar en la variedad bourbon.

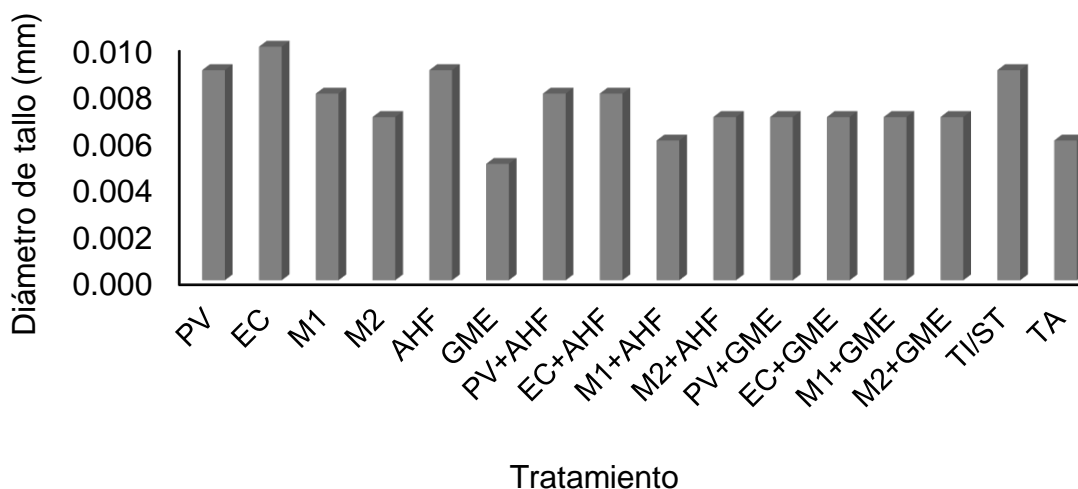


Figura 23 Tasa de crecimiento (mm) de diámetro en variedad Costa Rica 95

En análisis estadístico para la *tasa de crecimiento en altura* presentó diferencia estadística según el ANOVA practicado, por lo tanto, el extracto de clavo (EC) y M2 (mezcla de preparados minerales), presenta comportamiento estadístico diferente superando a los demás tratamientos siendo los que tuvieron mayor tasa de crecimiento diario de altura (figura 24).

Los tratamientos de M1+AHF (mezcla de extractos vegetales más ácido húmicos y fúlvicos), M2+AHF (mezcla de preparados minerales más ácidos húmicos y fúlvicos), PV+GME (preparado visosa más guanovit y microorganismos eficaces), EC+GME (extracto de clavo más guanovit y microorganismos eficaces) y M1+GME (mezcla de

extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces) mostraron un comportamiento estadístico similar al testigo absoluto con la menor tasa de crecimiento diario en altura según la prueba de Tukey, $P \leq 0.05$).

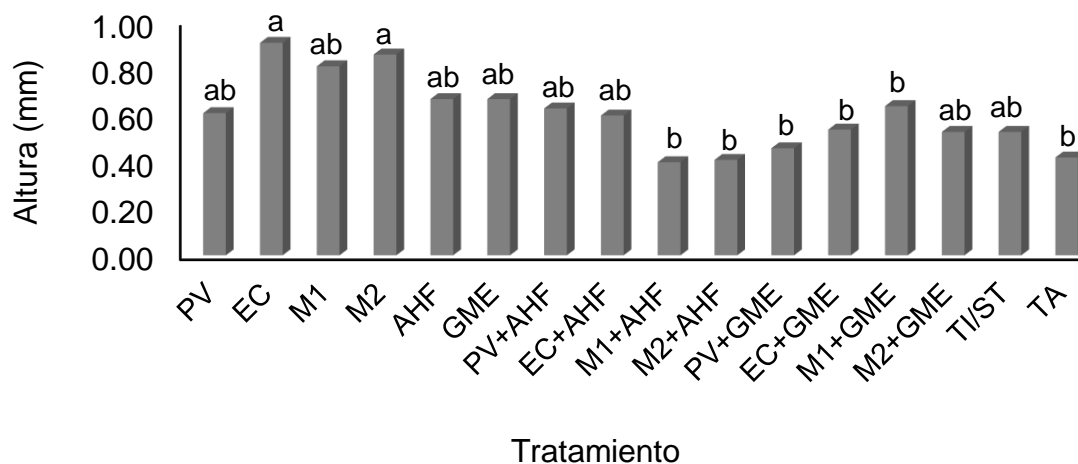


Figura 24 Tasa de crecimiento (mm) de altura en variedad Costa Rica 95

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Para el *número de hojas* por planta los resultados se presentan en la figura 25, el ANOVA registro diferencias entre los tratamientos y según la prueba de Tukey, ($P \leq 0.05$) indica que el extracto de clavo (EC) y M1 (mezcla de extractos vegetales) y la combinación de M1+GME (mezcla de extractos vegetales más guanovit y microorganismos eficaces) registraron un comportamiento estadístico diferente superando a los demás tratamientos, con valores de 10.5, 10.10 y 9.7 hojas por planta. Así también se puede observar que el tratamiento preparado visosa (PV), presentó el menor número de hojas con 6.6 respectivamente.

Aquí se observa que el extracto de clavo favoreció el número de hojas totales y la altura, aunque no tiene reporte de influir en la nutrición de las plantas.

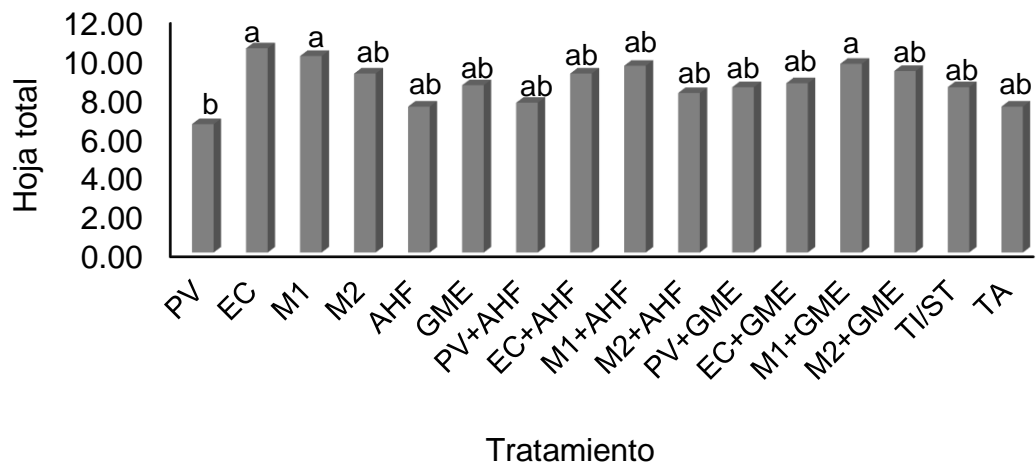


Figura 25 Número de hojas por planta variedad Costa Rica 95

*Letra diferente en columna presentan diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

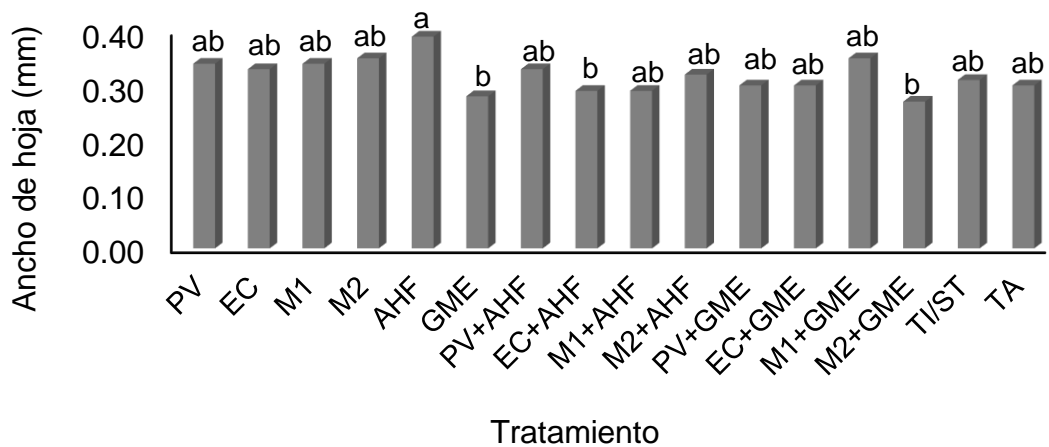


Figura 26 Tasa de crecimiento (mm) ancho de hoja variedad Costa Rica 95

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

En la figura 26 se presentan los resultados para la variable *tasa de crecimiento de ancho* de hoja, el ANOVA registro diferencias entre los tratamientos y se aprecia que los ácidos húmicos fúlvicos (AHF) registra el mayor valor con 0.39 mm por día y mostró diferencia estadística con los demás tratamientos según la prueba de Tukey, ($P \leq 0.05$). Los tratamientos de guanovit y microorganismos eficaces (GME), (extracto de clavo más ácidos húmicos fúlvicos) EC+AHF, mezcla de preparados minerales más guanovit y microorganismos eficaces (M2+GME) presentaron los valores más bajos de ancho de hoja siendo superados por los testigos.

En la figura 27 se presentan los resultados para la variable *tasa de crecimiento de largo de hoja*. El análisis de varianza realizado resulto con diferencia estadística y la prueba Tukey al 5%, indica que los AHF (ácidos húmicos y fúlvicos) tuvieron diferencias estadísticas con los demás tratamientos.

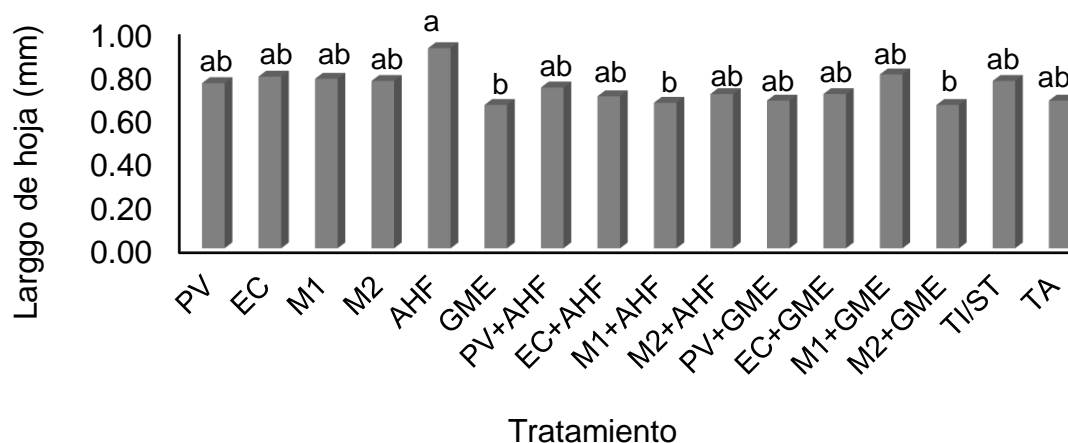


Figura 27 Tasa de crecimiento (mm) largo de hoja variedad Costa Rica 95

*Letra diferente en columna presenta diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Los tratamientos de guanovit y microorganismos eficaces (GME), mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos fúlvicos (M1+AHF), mezcla de preparado minerales más guanovit y microorganismos eficaces (M2+GME) presentaron los valores más bajos largo de hoja siendo superado por los testigos.

4.13 Análisis económico

Para el análisis económico se consideró un modelo de vivero implementado en la región Altos de Chiapas con productores de café con una dimensión de 8x8, con capacidad de 5000 plantas que trabaja de forma individual el productor. Los conceptos

de inversión se puede observar en el (cuadro A21). En el cuadro 17 se muestra que los tratamientos EC, M1+AHF, EC+AHF además de inhibir el signo y síntoma de la roya en la variedad Caturra Rojo, Caturra Amarillo, Bourbon y Costa Rica 95, resultan rentable en su relación beneficio costo y son alternativas viables de control económicas y amigables al medio ambiente. La menor rentabilidad es con el tratamiento químico, seguido de la producción de plantan sin ningún control de *H. vastatrix* con 1.627 y 1.564 de R/BC respectivamente.

Cuadro 17 Análisis de costos de los tratamientos que inhibieron signos y síntomas de *H. vastatrix*

Tratamientos	Valor Actual Neto (VAN)	Relación Beneficio Costo (B/C)	Tasa Interna de Retorno (TIR) %
Preparado Visosa (PV)	243,427	1.680	87.71
Extracto de Clavo (EC)	240,856	<u>1.667</u>	86.53
Mezcla de extractos	247,816	1.701	89.76
Mezcla de preparados	248,158	1.703	89.92
Ácidos Húmicos Fúlvicos	245,354	1.689	88.61
Guanovit Microorganismos	238,076	1.654	85.27
PV+AHF	238,614	1.656	85.51
EC+ GME	217,816	1.619	79.34
M1+ AHF	244,377	1.684	88.15
M2 + AHF	244,377	1.684	88.15
PV + GME	233,219	1.631	83.09
EC+ AHF	244,377	<u>1.684</u>	88.15
M1 + GME	237,607	1.651	85.06
M2 + GME	237,949	1.653	85.21
TI/ST	169,236	1.564	66.49
Tratamiento químico Altos	232,410	1.627	82.73

5. CONCLUSIONES

La aplicación de extracto de clavo, M1 mezcla de extractos vegetales más ácido húmicos y fúlvicos y el extracto de clavo más ácido húmicos y fúlvicos inhibieron los signos y síntomas de *Hemileia vastatrix*, en las variedades caturra roja, caturra amarillo, Bourbón y Costa Rica 95 y resultan viables técnica y económicamente de utilizar en el manejo de la roya en condiciones de vivero.

Las cuatro variedades evaluadas presentaron signos y síntomas de *H. vastatrix*, sin embargo la variedad caturra amarillo es menos tolerante, al presentar crecimiento de las pústulas.

Las fuentes de nutrientes guanovit con microorganismos eficaces y los ácidos húmicos aplicados solo permitieron la manifestación de signos de *H. vastatrix* sin embargo combinados con el extracto de clavo y el M1 mezcla de extractos vegetales inhibieron el crecimiento y su desarrollo en las cuatro variedades evaluadas.

El extracto de clavo, M1 mezcla de extractos vegetales, M1 Mezcla de extractos vegetales más ácidos húmicos y fúlvicos, extracto de clavo y ácidos húmicos y fúlvicos, resultaron con las mejores relaciones beneficio costo, por lo que resultan económicamente viables para su aplicación.

6. LITERATURA CITADA

- Agrios, G. (2005). *Plant pathology*. United States of America: Elsevier.
- Aguilar González, A., & López Malo, A. (2013). Extractos y aceite esencial de clavo de olor (*Zyzigium aromaticum*) y su potencial aplicación como agentes antimicrobianos en alimentos. *Temas selectos de ingeniería en alimentos*, 13(2), 35-41.
- Alvarez Lemus, D. F., & Alvarado Alvarado, G. (2001). Evaluación de la resistencia incompleta de café a *Hemileia vastatrix* razas II y XXII en progenies de caturra X híbrido de timor del grupo fisiológico E, en condiciones de almácigo. *Cenicafé*, 52(2), 270-288.
- Arcila Pulgarín, J. (2007). Capítulo 2. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. In F. Fanfán V., A. Moreno B., L. F. Salazar G., & E. Hincapié G., *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 21-60).
- Asociación Mexicana del Café. (2011). *Plan de Renovación del Café en Chiapas*. Ciudad de México.
- Baldovino, M. (1994). El Eugenol y sus efectos biológicos. *DUGANDIA*, 5(1), 16.
- Barquero Miranda, M. (2013). *Recomendaciones para la roya del cafeto*. San José Costa Rica: Barva, Heredia.
- Bigirimana, J., Njoroge, K., Gahakwa, D., & Phiri, N. A. (2012). Incidence and severity of coffee leaf rust and other coffee pests and diseases in Rwanda. *African Journal of Agricultural Research*, 7(26), 3847-3852.
- Brand, S. C., Blume, E., Brião Muniz, M. F., Mendes Milanese, P., Bergoli Scheren, M., & Magalhães Antonello, L. (2010). Extratos de alho e alecrim na indução de faseolina em feijoeiro e fungitoxicidade sobre *Colletotrichum lindemuthianum*. *Ciência Rural*, 40(9), 1881-1887.
- Bustamante, J., Sarmienti, A., Casanova, A., Contreras, E., Yáñez, C., Romero, C., . . . Colmenarez, N. (2001). Caracterización de resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix* en genotipos de café (*Coffea arabica* L.) variedad Bramón I. *Bioagro*, 13(2), 65-79.
- Campo Martínez, A. D., Acosta Sanchez, R. L., Morales Velasco, S., & Alonso Prado, F. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la meseta de Popoyán. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79-87.

- Cisneros R., C. A., Martín Franco, J., Reaípe Fernández, M., & Fuente Mayor, J. C. (2017). Influencia de microorganismos en la disponibilidad de fósforo en plántulas de café (*Coffea arabica*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 19-26.
- Díaz Vicente, V. M., Pinzón Rincón, E. P., Pérez Quintanilla, J. N., Cabrera Alvarado, M. E., Magallenes Cedeño, R., & De Coss Flores, M. E. (2014). El hongo *Verticillium hemileiae* Bouriquet, alternativa para el control de roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.). *Agroproductividad*, 7(3), 58-62.
- Echeverri Echeverri, C. (2012). CALDOS MINERALES Una alternativa para el manejo de problemas fitosanitarios en la producción agrícola. 16 Pp.
- Escamilla Femat, N., Castro Guadarrama, R., Luz Velázquez, M. d., & Navarrete Maya, R. (2017). Incidencia y severidad de roya (*Hemileia vastatrix*) en 14 variedades de cafeto en Chocaman, Veracruz. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35, S88.
- Escamilla Prado, E., Ruiz Rosado, O., Zamarripa Colmenero, A., & González Hernández, V. A. (2016). Calidad en variedades de café orgánico en tres regiones de México. *Revista de Geografía Agrícola Estudios Regionales de la Agricultura Mexicana*, 55(45), 45-55.
- Escobedo Cruz, H., Bahena Juárez, F., Alvarado Alonso, C., De la Torre Martínez, C., Martínez Martínez, A. S., & Castolo, E. (2016). Extractos vegetales como alternativas para el manejo fitosanitario. *Enlace*(31), 58-61.
- González Escobar, R. (2002). Eugenol: propiedades farmacológicas y toxicológicas. Ventajas y desventajas de su uso. *Revista Cubana Estomatologica*, 139-156.
- Granados Ramírez, R., Medina Barrios, M. d., & Peña Manjarez, V. (2014). Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México. Impactos en la cafecultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 473-485.
- Honorato Junior, Zambolim, L., Silva Silveira Duarte, H., Aucique Perez, C. E., & Avila Rodrigues, F. (2015). Effects of Epoxiconazole and Pyraclostrobin Fungicides in the Infection Process of *Hemileia vastatrix* on Coffee Leaves as Determined by Chlorophyll a Fluorescence Imaging. *Journal Phytopathology*, 163, 968–977.
- Investigaciones, C. N. (2012). *VARIEDAD CASTILLO® Preguntas frecuentes*. Técnico, Manizales, Caldas, Colombia.
- Jiménez González, L. R., Mendoza Ramos, C., Coria Contreras, J. J., & Mora Aguilera, G. (2015). Análisis de dos métodos de aspersión química para control de roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). *Fitopatología* 33 (Suplemento), 135 p.

- Jimenez Nuñez, S. (2018). *Extractos de plantas y preparados minerales sobre Colletotrichum gloeosporioides, Phytophthora spp. y Alternaria alternata*. Tesis de Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria Tropical, Villaflores, Chiapas. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1bubFS6d5R3OB85ZRjtBXzluTEOOMheG7/view>
- Kitila, O., Alamerew, S., Kufa, T., & Garedew, W. (2011). Variability of quantitative traits in limmu coffee. *International journal of agricultural research*, 6(6), 482-493.
- Lam Gutiérrez, A., Gutiérrez Miceli, F., Garrido Ramírez, E., & Ruíz Valdiviezo, V. M. (2017). Actividad Antifúngica de Piper auritum Kunth Sobre la Roya del Café (Hemileia vastatrix Berkeley&Broome). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 35(suplemento), s43.
- Leguizamón Caycedo, J., Orozco Gallego, L., & Gómez Gómez, L. (1998). Período de incubación (PI) y de latencia (PL) de la roya del cafeto en la zona cafetera central de Colombia. *Cenicafé*, 49(4), 325-339.
- López Báez, O., Ramírez González, S. I., Ramírez González, M., González Mejía, O., Espinosa Zaragoza, S., & Villarreal Fuentes, J. M. (2009). Extractos de Thymus vulgaris y Heliotropium indicum sobre el crecimiento in vitro de Phytophthora palmivora (Butler) Butrler en cacao (Theobroma cacao L.). *Quehacer Científico en Chiapas*, 1(8), 44-51.
- Mendoza Ramos, C., Jiménez Gonzáles, L. R., Coria Contreras, J. J., Acevedo Sánchez, G., Santana Peñaloza, B., Martínez Bolaños, M., & Mora Aguilera, G. (2015). Efecto de ingrediente activo y dosis en la esporulación y expansión de lesión de Hemileia vastatrix. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33 (Suplemento), 135 p.
- Mora Aguilera, G., Acevedo Sánchez, G., González Gómez, R., López Javier, M. A., López Buenfil, A., Guzmán Hernández, E., . . . Martínez Bolaños, M. (2017). Situación actual del programa de vigilancia epidemiológica fitosanitaria del efecto y su aplicación en la prevención y control de roya. *Suplemento de la Revista Mexicana de Fitopatología*, 35, S 22-S25.
- Ochoa Fonseca, L. E., Ramírez González, S. I., López Báez, O., Moreno Martínez, J. L., & Espinosa Zargoza, S. (2015). Efecto de preparados minerales sobre el crecimiento y desarrollo in vitro de Moniliophthora roreri (Cif.&Par) Evans. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1065-1075.
- Ramírez Gonzalez, S. I. (2013). *Efetividad de extractos vegetales en el manejo de la monialisis (Moniliophthora roreri) del cacao (Theobroma cacao L.) en México*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA, INSTITUTO TECNOLOGICO DE

COSTA RICA, UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA DE COSTA RICA.
Heredia, Costa Rica: Tesis de doctorado.

- Ramírez Gonzalez, S. I., López Baez, O., Espinosa Zaragoza, S., & Wong Villarreal, A. (2016). Actividad Antifúngica de Hidrodestilados y Aceites Sobre *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1879-1891.
- RESTREPO, R. (1998). *La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados. Aporte y recomendaciones. Una experiencia de agricultores en Centroamérica y Brasil*. SIMAs: Managua, Nicaragua.
- Rivera Jiménez, N. M. (2009). *Marchitez del chiele poblano (Capsicum annuum L.): Identificación molecular del agente causal, detección de semillas, histopatología y alternativas de control*. Tesis doctoral, Colegio Posgraduados Campus Montecillo, Recursos genéticos y productividad; producción de semillas, Montecillo Texcoco Estado de México. Retrieved mayo 18, 2018, from http://www.cm.colpos.mx/inicio/images/tesis_p/pag/tesis_marchitez.pdf
- Silva Acuña, R., Zambolim, L., & Pérez Nieto, E. (1997). Identificación de Razas Fisiológicas de la Roya del Cafeto en el Estado de Táchira, Venezuela. *Bioagro*, 9(3), 95-98.
- Sistema de Información Agrícola y Pecuaria*. (2017, 04 15). Retrieved from http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do;jsessionid=03DC1796DC5ECB3C91C32097D8296B80
- Tamayo España, L. E., Ramírez González, S. I., López Báez, O., Quiroga Madrigal, R., & Espinosa, Z. S. (2016). Extractos por destilación de *Origanum vulgare*, *Tradescantia spathacea* y *Zingiber officinale* para el manejo de *Monophthora roreri* de *Theobroma cacao*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1065-1076.
- Unigarro Muñoz, C., Medina Rivera, R. D., & Flórez Ramos, C. P. (2017). Relación entre producción y características fenotípicas en *Coffea arabica* L. *Cenicafé*, 68(1), 62-72.
- USDAS, F. (2016). "*Mexico Coffee Annual*". *Global Agricultural Information Network*. Retrieved Marzo 31, 2018, from https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Coffee%20Annual_Mexico%20City_Mexico_5-13-2016.pdf
- Vandermeer, J., Perfecto, I., & Liere, H. (2009). Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*,

through a complex ecological web. 58, 636–641. doi:Doi: 10.1111/j.1365-3059.2009.02067.x

- Vélez A., P. E., & Rosillo G., A. G. (1995). Evaluación del antagonismo del hongo *Verticillium lecanii*, sobre *Hemileia vastatrix*, en condiciones de invernadero y de campo. *Cenicafé*, 46(1), 45-55.
- Villarreyña Acuña, R. (2014). *Análisis de las Condiciones de Manejo que Propician el Impacto de la Roya (Hemileia vastatrix) en la zona Cafetalera de los Municipios de Jinotega, el Tuma-La Dalia y San Ramón, Nicaragua*. Turrialba, Costa Rica.
- Virginio Filho, E. d., & Astorga Domían, C. (2015). *Prevención y Control de la Roya del Café; Manual de Buenas Prácticas para Técnicos y Facilitadores* (1a. Edición ed.). (CATIE, Ed.) Turrialba, Costa Rica.
- Zambolim, L. (2015). La Roya del Cafeto en Brasil. In O. d. Agricultura, *Manejo Agroecológico de la Roya del Café Memorias del Seminario Científico Internacional* (p. 96). Panamá.

ANEXOS

Cuadro A1. Análisis de varianza de número de pústula de *H. vastatrix* en hojas de café en variedad Caturra Rojo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PTCR1	Entre grupos	23.975	15	1.598	2.863	.001
	Dentro de los grupos	80.400	144	.558		
	Total	104.375	159			
PTCR2	Entre grupos	39.500	15	2.633	3.854	.0001
	Dentro de los grupos	98.400	144	.683		
	Total	137.900	159			
PTCR3	Entre grupos	53.844	15	3.590	5.123	.000
	Dentro de los grupos	100.900	144	.701		
	Total	154.744	159			
PTCR4	Entre grupos	54.744	15	3.650	4.925	.000
	Dentro de los grupos	106.700	144	.741		
	Total	161.444	159			
PTCR5	Entre grupos	54.975	15	3.665	4.851	.000
	Dentro de los grupos	108.800	144	.756		
	Total	163.775	159			

Cuadro A2. Análisis de varianza de número de pústula de *H. vastatrix* en hojas de café en variedad Caturra Amarillo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PTCA1	Entre grupos	10.794	15	.720	1.887	.029
	Dentro de los grupos	54.900	144	.381		
	Total	65.694	159			
PTCA2	Entre grupos	15.200	15	1.013	2.073	.014
	Dentro de los grupos	70.400	144	.489		
	Total	85.600	159			
PTCA3	Entre grupos	21.975	15	1.465	2.268	.007
	Dentro de los grupos	93.000	144	.646		
	Total	114.975	159			
PTCA4	Entre grupos	26.975	15	1.798	2.697	.001
	Dentro de los grupos	96.000	144	.667		
	Total	122.975	159			
PTCA5	Entre grupos	28.344	15	1.890	2.861	.001
	Dentro de los grupos	95.100	144	.660		
	Total	123.444	159			

Cuadro A3. Análisis de varianza de número de pústulas de *H. vastatrix* en hojas de café en variedad Bourbon

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PTB1	Entre grupos	1.344	15	.090	1.449	.132
	Dentro de los grupos	8.900	144	.062		
	Total	10.244	159			
PTB2	Entre grupos	2.775	15	.185	1.753	.047
	Dentro de los grupos	15.200	144	.106		
	Total	17.975	159			
PTB3	Entre grupos	4.800	15	.320	2.351	.005
	Dentro de los grupos	19.600	144	.136		
	Total	24.400	159			
PTB4	Entre grupos	7.144	15	.476	2.512	.003
	Dentro de los grupos	27.300	144	.190		
	Total	34.444	159			
PTB5	Entre grupos	7.144	15	.476	2.512	.003
	Dentro de los grupos	27.300	144	.190		
	Total	34.444	159			

Cuadro A4. Análisis de varianza de número de pústulas de *H. vastatrix* en hojas de café en variedad Costa Rica 95

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PTCr1	Entre grupos	4.494	15	.300	3.293	.000
	Dentro de los grupos	13.100	144	.091		
	Total	17.594	159			
PTCr2	Entre grupos	5.594	15	.373	2.498	.003
	Dentro de los grupos	21.500	144	.149		
	Total	27.094	159			
PTCr3	Entre grupos	15.175	15	1.012	3.326	.000
	Dentro de los grupos	43.800	144	.304		
	Total	58.975	159			
PTCr4	Entre grupos	31.644	15	2.110	4.554	.000
	Dentro de los grupos	66.700	144	.463		
	Total	98.344	159			
PTCr5	Entre grupos	30.894	15	2.060	4.342	.000
	Dentro de los grupos	68.300	144	.474		
	Total	99.194	159			

Cuadro A5. Análisis de varianza de crecimiento (mm) de pústula de *H. vastatrix* en hojas de café en variedad Caturra Rojo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PCCR1	Entre grupos	.036	15	.002	2.455	.003
	Dentro de los grupos	.140	144	.001		
	Total	.175	159			
PCCR2	Entre grupos	.073	15	.005	3.108	.000
	Dentro de los grupos	.224	144	.002		
	Total	.297	159			
PCCR3	Entre grupos	.096	15	.006	3.080	.000
	Dentro de los grupos	.299	144	.002		
	Total	.395	159			
PCCR4	Entre grupos	.102	15	.007	2.855	.001
	Dentro de los grupos	.345	144	.002		
	Total	.447	159			
PCCR5	Entre grupos	.107	15	.007	2.798	.001
	Dentro de los grupos	.366	144	.003		
	Total	.472	159			

Cuadro A6. Análisis de varianza de crecimiento (mm) de pústula de *H. vastatrix* en hojas de café en variedad Caturra Amarillo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PCCA1	Entre grupos		15	.005	3.545	.000
	Dentro de los grupos	.208	144	.001		
	Total	.284	159			
PCCA2	Entre grupos	.096	15	.006	3.038	.000
	Dentro de los grupos	.302	144	.002		
	Total	.397	159			
PCCA3	Entre grupos	.106	15	.007	2.905	.000
	Dentro de los grupos	.351	144	.002		
	Total	.457	159			
PCCA4	Entre grupos	.189	15	.013	4.184	.000
	Dentro de los grupos	.433	144	.003		
	Total	.622	159			
PCCA5	Entre grupos	.216	15	.014	4.304	.000
	Dentro de los grupos	.481	144	.003		
	Total	.696	159			

Cuadro A7. Análisis de varianza de crecimiento (mm) de pústula de *H. vastatrix* en hojas de café en variedad Bourbon

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PCB1	Entre grupos	.018	15	.001	1.071	.389
	Dentro de los grupos	.161	144	.001		
	Total	.179	159			
PCB2	Entre grupos	.035	15	.002	1.093	.368
	Dentro de los grupos	.306	144	.002		
	Total	.341	159			
PCB3	Entre grupos	.047	15	.003	1.339	.187
	Dentro de los grupos	.334	144	.002		
	Total	.381	159			
PCB4	Entre grupos	.069	15	.005	1.588	.084
	Dentro de los grupos	.419	144	.003		
	Total	.489	159			
PCB5	Entre grupos	.075	15	.005	1.554	.094
	Dentro de los grupos	.466	144	.003		
	Total	.542	159			

Cuadro A8. Análisis de varianza de crecimiento (mm) de pústula de *H. vastatrix* en hojas de café en variedad Costa Rica 95

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PCCr1	Entre grupos	.030	15	.002	2.370	.004
	Dentro de los grupos	.123	144	.001		
	Total	.153	159			
PCCr2	Entre grupos	.060	15	.004	2.700	.001
	Dentro de los grupos	.212	144	.001		
	Total	.272	159			
PCCr3	Entre grupos	.096	15	.006	3.219	.000
	Dentro de los grupos	.286	144	.002		
	Total	.382	159			
PCCr4	Entre grupos	.124	15	.008	3.740	.000
	Dentro de los grupos	.319	144	.002		
	Total	.443	159			
PCCr5	Entre grupos	.121	15	.008	3.557	.000
	Dentro de los grupos	.326	144	.002		
	Total	.447	159			

Cuadro A9. Análisis de varianza índice de daño *H. vastatrix* en variedad Caturra Rojo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
CRIDH1	Entre grupos	11.975	15	.798	7.768	.000
	Dentro de los grupos	14.800	144	.103		
	Total	26.775	159			
CRIDH2	Entre grupos	46.975	15	3.132	3.180	.000
	Dentro de los grupos	141.800	144	.985		
	Total	188.775	159			
CRIDH3	Entre grupos	14.494	15	.966	11.892	.000
	Dentro de los grupos	11.700	144	.081		
	Total	26.194	159			
CRIDH4	Entre grupos	13.575	15	.905	9.873	.000
	Dentro de los grupos	13.200	144	.092		
	Total	26.775	159			
CRIDH5	Entre grupos	13.644	15	.910	9.561	.000
	Dentro de los grupos	13.700	144	.095		
	Total	27.344	159			
CRIDH6	Entre grupos	13.644	15	.910	9.561	.000
	Dentro de los grupos	13.700	144	.095		
	Total	27.344	159			
CRIDH7	Entre grupos	13.644	15	.910	9.561	.000
	Dentro de los grupos	13.700	144	.095		
	Total	27.344	159			

Cuadro A10. Análisis de varianza Índice de daño de *H. vastatrix* en variedad Caturra Amarillo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
	Entre grupos	7.744	15	.516	5.057	.000
CAIDH1	Dentro de los grupos	14.700	144	.102		
	Total	22.444	159			
	Entre grupos	10.800	15	.720	7.005	.000
CAIDH2	Dentro de los grupos	14.800	144	.103		
	Total	25.600	159			
	Entre grupos	8.544	15	.570	5.901	.000
CAIDH3	Dentro de los grupos	13.900	144	.097		
	Total	22.444	159			
	Entre grupos	5.394	15	.360	3.298	.000
CAIDH4	Dentro de los grupos	15.700	144	.109		
	Total	21.094	159			
	Entre grupos	5.394	15	.360	3.298	.000
CAIDH5	Dentro de los grupos	15.700	144	.109		
	Total	21.094	159			
CAIDH6	Entre grupos	5.775	15	.385	3.080	.000
	Dentro de los grupos	18.000	144	.125		
	Total	23.775	159			
CAIDH7	Entre grupos	5.775	15	.385	3.080	.000
	Dentro de los grupos	18.000	144	.125		
	Total	23.775	159			

Cuadro A11. Análisis de varianza Índice de daño *H. vastatrix* en variedad Bourbon

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
BIDH1	Entre grupos	7.194	15	.480	4.968	.000
	Dentro de los grupos	13.900	144	.097		
	Total	21.094	159			
BIDH2	Entre grupos	9.194	15	.613	7.417	.000
	Dentro de los grupos	11.900	144	.083		
	Total	21.094	159			
BIDH3	Entre grupos	4.794	15	.320	3.089	.000
	Dentro de los grupos	14.900	144	.103		
	Total	19.694	159			
BIDH4	Entre grupos	2.975	15	.198	1.785	.042
	Dentro de los grupos	16.000	144	.111		
	Total	18.975	159			
BIDH5	Entre grupos	2.975	15	.198	1.785	.042
	Dentro de los grupos	16.000	144	.111		
	Total	18.975	159			
BIDH6	Entre grupos	2.975	15	.198	1.785	.042
	Dentro de los grupos	16.000	144	.111		
	Total	18.975	159			
BIDH7	Entre grupos	2.975	15	.198	1.785	.042
	Dentro de los grupos	16.000	144	.111		
	Total	18.975	159			

Cuadro A12. Análisis de varianza Índice de daño de *H. vastatrix* en variedad Costa Rica
95

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
	Entre grupos	10.644	15	.710	7.800	.000
CrIDH1	Dentro de los grupos	13.100	144	.091		
	Total	23.744	159			
	Entre grupos	14.544	15	.970	10.045	.000
CrIDH2	Dentro de los grupos	13.900	144	.097		
	Total	28.444	159			
	Entre grupos	10.100	15	.673	7.458	.000
CrIDH3	Dentro de los grupos	13.000	144	.090		
	Total	23.100	159			
	Entre grupos	5.775	15	.385	3.465	.000
CrIDH4	Dentro de los grupos	16.000	144	.111		
	Total	21.775	159			
	Entre grupos	11.775	15	.785	7.536	.000
CrIDH5	Dentro de los grupos	15.000	144	.104		
	Total	26.775	159			
CrIDH6	Entre grupos	10.944	15	.730	6.003	.000
	Dentro de los grupos	17.500	144	.122		
	Total	28.444	159			
CrIDH7	Entre grupos	10.944	15	.730	6.003	.000
	Dentro de los grupos	17.500	144	.122		
	Total	28.444	159			

Cuadro A13. Análisis de varianza de número de hojas con incidencia de *H. vastatrix* en variedad Caturra Rojo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
CRHIT1	Entre grupos	31.144	15	2.076	6.749	.000
	Dentro de los grupos	44.300	144	.308		
	Total	75.444	159			
CRHIT2	Entre grupos	47.500	15	3.167	16.522	.000
	Dentro de los grupos	27.600	144	.192		
	Total	75.100	159			
CRHIT3	Entre grupos	35.294	15	2.353	12.144	.000
	Dentro de los grupos	27.900	144	.194		
	Total	63.194	159			
CRHIT4	Entre grupos	17.194		1.146	7.402	.000
	Dentro de los grupos	22.300	144	.155		
	Total	39.494	159			
CRHIT5	Entre grupos	17.200	15	1.147	7.242	.000
	Dentro de los grupos	22.800	144	.158		
	Total	40.000	159			
CRHIT6	Entre grupos	17.200	15	1.147	7.242	.000
	Dentro de los grupos	22.800	144	.158		
	Total	40.000	159			
CRHIT7	Entre grupos	17.200	15	1.147	7.242	.000
	Dentro de los grupos	22.800	144	.158		
	Total	40.000	159			

Cuadro A14. Análisis de varianza de número de hojas con incidencia de *H. vastatrix* en variedad Caturra Amarillo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
CAHIT1	Entre grupos	31.775	15	2.118	5.389	.000
	Dentro de los grupos	56.600	144	.393		
	Total	88.375	159			
CAHIT2	Entre grupos	43.575	15	2.905	8.014	.000
	Dentro de los grupos	52.200	144	.363		
	Total	95.775	159			
CAHIT3	Entre grupos	31.700	15	2.113	6.314	.000
	Dentro de los grupos	48.200	144	.335		
	Total	79.900	159			
CAHIT4	Entre grupos	12.375	15	.825	3.453	.000
	Dentro de los grupos	34.400	144	.239		
	Total	46.775	159			
CAHIT5	Entre grupos	12.375	15	.825	3.453	.000
	Dentro de los grupos	34.400	144	.239		
	Total	46.775	159			
CAHIT6	Entre grupos	12.375	15	.825	3.453	.000
	Dentro de los grupos	34.400	144	.239		
	Total	46.775	159			
CAHIT7	Entre grupos	12.375	15	.825	3.453	.000
	Dentro de los grupos	34.400	144	.239		
	Total	46.775	159			

Cuadro A15. Análisis de varianza de número de hojas con incidencia de *H. vastatrix* en variedad Bourbon

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
BHIT1	Entre grupos	13.500	15	.900	3.208	.000
	Dentro de los grupos	40.400	144	.281		
	Total	53.900	159			
BHIT2	Entre grupos	23.975	15	1.598	5.614	.000
	Dentro de los grupos	41.000	144	.285		
	Total	64.975	159			
BHIT3	Entre grupos	13.700	15	.913	2.620	.002
	Dentro de los grupos	50.200	144	.349		
	Total	63.900	159			
BHIT4	Entre grupos	3.794	15	.253	1.440	.137
	Dentro de los grupos	25.300	144	.176		
	Total	29.094	159			
BHIT5	Entre grupos	3.794	15	.253	1.440	.137
	Dentro de los grupos	25.300	144	.176		
	Total	29.094	159			
BHIT6	Entre grupos	3.794	15	.253	1.440	.137
	Dentro de los grupos	25.300	144	.176		
	Total	29.094	159			
BHIT7	Entre grupos	3.794	15	.253	1.440	.137
	Dentro de los grupos	25.300	144	.176		
	Total	29.094	159			

Cuadro A16. Análisis de varianza de número de hojas con incidencia de *H. vastatrix* en variedad Costa Rica 95

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
CrHIT1	Entre grupos	25.544	15	1.703	6.831	.000
	Dentro de los grupos	35.900	144	.249		
	Total	61.444	159			
CrHIT2	Entre grupos	43.744	15	2.916	8.841	.000
	Dentro de los grupos	47.500	144	.330		
	Total	91.244	159			
CrHIT3	Entre grupos	31.700	15	2.113	7.211	.000
	Dentro de los grupos	42.200	144	.293		
	Total	73.900	159			
CrHIT4	Entre grupos	15.244	15	1.016	4.559	.000
	Dentro de los grupos	32.100	144	.223		
	Total	47.344	159			
CrHIT5	Entre grupos	36.375	15	2.425	8.730	.000
	Dentro de los grupos	40.000	144	.278		
	Total	76.375	159			
CrHIT6	Entre grupos	34.944	15	2.330	7.893	.000
	Dentro de los grupos	42.500	144	.295		
	Total	77.444	159			
CrHIT7	Entre grupos	34.944	15	2.330	7.893	.000
	Dentro de los grupos	42.500	144	.295		
	Total	77.444	159			

Cuadro A17. Análisis de varianza de Tasa de crecimiento variedad Caturra Rojo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig
PHTCR	Entre grupos	317.92	15	21.195	5.597	.000
	Dentro de los grupos	541.55	143	3.787		
	Total	859.48	158			
PACR	Entre grupos	2.121	15	.141	6.611	.000
	Dentro de los grupos	3.058	143	.021		
	Total	5.179	158			
PDCR	Entre grupos	.000	15	.000	2.571	.002
	Dentro de los grupos	.001	143	.000		
	Total	.002	158			
PLHDR	Entre grupos	.822	15	.055	2.629	.002
	Dentro de los grupos	2.980	143	.021		
	Total	3.801	158			
PAHCR	Entre grupos	.159	15	.011	2.838	.001
	Dentro de los grupos	.534	143	.004		
	Total	.693	158			

Cuadro A18. Análisis de varianza de Tasa de crecimiento variedad Caturra Amarillo

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PHTCA	Entre grupos	288.807	15	19.254	3.064	.000
	Dentro de los grupos	898.489	143	6.283		
	Total	1187.296	158			
PACA	Entre grupos	3.899	15	.260	3.260	.000
	Dentro de los grupos	11.402	143	.080		
	Total	15.301	158			
PDCA	Entre grupos	.001	15	.000	2.757	.001
	Dentro de los grupos	.002	143	.000		
	Total	.002	158			
PLHCA	Entre grupos	1.163	15	.078	2.941	.000
	Dentro de los grupos	3.770	143	.026		
	Total	4.933	158			
PAHCA	Entre grupos	.208	15	.014	3.101	.000
	Dentro de los grupos	.639	143	.004		
	Total	.847	158			

Cuadro A19. Análisis de varianza de Tasa de crecimiento variedad Bourbon

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
PBHT	Entre grupos	277.500	15	18.500	3.831	.000
	Dentro de los grupos	690.500	143	4.829		
	Total	968.000	158			
PAB	Entre grupos	8.323	15	.555	7.184	.000
	Dentro de los grupos	11.046	143	.077		
	Total	19.369	158			
PDB	Entre grupos	.000	15	.000	2.949	.000
	Dentro de los grupos	.001	143	.000		
	Total	.001	158			
PLHB	Entre grupos	.704	15	.047	2.526	.002
	Dentro de los grupos	2.656	143	.019		
	Total	3.359	158			
PAHB	Entre grupos	.144	15	.010	3.370	.000
	Dentro de los grupos	.409	143	.003		
	Total	.553	158			

Cuadro A20. Análisis de varianza de Tasa de crecimiento variedad Costa Rica 95

		Suma de cuadrados	df	Cuadrado medio	F	Sig.
	Entre grupos	164.992	15	10.999	2.810	.001
PCrHT	Dentro de los grupos	559.700	143	3.914		
	Total	724.692	158			
	Entre grupos	3.620	15	.241	5.992	.000
PACr	Dentro de los grupos	5.761	143	.040		
	Total	9.381	158			
	Entre grupos	.000	15	.000	2.094	.013
PDCr	Dentro de los grupos	.001	143	.000		
	Total	.001	158			
	Entre grupos	.753	15	.050	1.967	.022
PLHCr	Dentro de los grupos	3.650	143	.026		
	Total	4.404	158			
PAHCr	Entre grupos	.146	15	.010	2.338	.005
	Dentro de los grupos	.594	143	.004		
	Total	.740	158			

Cuadro A 21 Estructura financiera

NO	CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
ACTIVOS FIJOS					61,782.00
1	Terreno	Lote	35,000.00	1	35,000.00
2	Malla Sombra	m ²	90	192	17,280.00
3	Madera (Vertical)	m	70	28	1,960.00
4	Madera (Horizontal)	m ²	70	65	4,550.00
5	Marco (Puerta 1.5 m alto x 1.2 ancho)	Pieza	300	1	300
6	Clavo (2")	kg	25	1	25
7	Bisagra	Pieza	20	3	60
8	Manija	pieza	20	1	20
9	Cadena	m	25	1	25
10	Candado	pieza	45	1	45
11	Kit de herramientas	kit	2517	1	2517
ACTIVOS DIFERIDOS					21,000
1	Asistencia Técnica	Servicio	18,000.00	1	18,000
2	Otros gastos preoperativos	Servicio	3,000.00	1	3,000
CAPITAL DE TRABAJO*					13,660.00
1	C. V. DE OPERACIÓN	Ciclo	13,660.00	1	13,660.00
2	C.V. DE ADMON. DIST. Y VENTAS	Ciclo	-	1	-
3	C.F. DE OPERACIÓN	Ciclo	-	1	-
4	C.F. DE ADMON. DIST. Y VENTAS	Ciclo	-	1	-
TOTAL		PESOS			96,442
PARTICIPACION PORCENTUAL		%			100%