

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Efecto de la aplicación de un extracto biológico obtenido a partir de broza de encino (*Quercus spp.*) en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*)

Trabajo de graduación presentado por  
María José Quinteros Godoy para optar al grado académico de  
Licenciada en Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala,

2020



Efecto de la aplicación de un extracto biológico obtenido a partir de broza de encino (*Quercus spp.*) en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*)

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



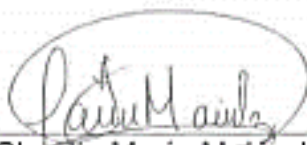
Efecto de la aplicación de un extracto biológico obtenido a partir de broza de encino (*Quercus spp.*) en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*)

Trabajo de graduación presentado por  
María José Quinteros Godoy para optar al grado académico de  
Licenciada en Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Guatemala,

2020

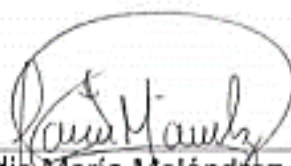
Vo.Bo.



---

Ing. Claudia María Meléndrez García  
Asesora

Tribunal Examinador:



---

Ing. Claudia María Meléndrez García  
Asesora



---

Ing. Susana Abigail García Escobar  
Directora de Departamento  
Facultad de Ingeniería Agrícola y Alimentos  
Universidad del Valle de Guatemala



---

Ing. Santos Danilo Carrillo Barrera  
Evaluador

Fecha de aprobación: Guatemala, 16 de noviembre de 2020.

## DEDICATORIA

A:

Dios:

Por bendecirme y brindarme la sabiduría para concluir de la mejor forma con mis estudios y con esta etapa tan importante en mi vida.

Mis padres:

Helion Estuardo Quinteros Acajabón y Claudia Verónica Godoy Amézquita por el cariño, apoyo incondicional y por brindarme la oportunidad de superarme en mi formación académica.

Mis hermanos:

José Eliseo y Helion Estuardo Quinteros Godoy por el apoyo que brindan a mi vida.

Mis abuelos:

Mama Tere, Papa Rene, Abuelita Dina y Abuelito Chico por el apoyo, cariño incondicional y por ser siempre un ejemplo para mi vida.

Mis tíos:

Randolf Quinteros y Angelita Amarant quienes supieron brindar su apoyo, consejos y cariño durante mi vida y en especial en este proceso.

Mi persona:

Por ser una persona positiva, capaz de enfrentar diversas adversidades y por lograr este reto.

# AGRADECIMIENTOS

A:

UVG Campus Sur: Por formarme académicamente en la carrera de Licenciatura en Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria.

Asesora: Ing. Claudia Meléndrez por su amabilidad, buena disposición, paciencia y por el tiempo que dedico para que este trabajo culminara exitosamente, mi agradecimiento sincero.

Directora: Ing. Susana García por su apoyo en la revisión de este documento y preocupación para culminar satisfactoriamente mi trabajo de graduación.

Catedrático Ing. Fredy Longo por sus sabias enseñanzas, buena disposición en ayudarme durante este proceso y por apoyarme a culminar satisfactoriamente mi trabajo de graduación.

Finca Ecológica  
Florencia Ing. Mario Chiquitó por su colaboración.

ENCA Ing. Mario Samuel Buch por su buena disposición para apoyarme.

Mis tíos Rene Quinteros, Brenda Poza, Otto Paz, Carmen Quinteros, Jorge Quinteros, Emilio Quinteros, Rosaura Muñoz, Francisco Berdúo, Aida Godoy, Pedro Villatoro, Vivian Godoy, Francisco Godoy y Gabriela Xitumul por sus sabios consejos, cariño sincero y por ser un gran apoyo durante mi vida.

# ÍNDICE

	Páginas
LISTA DE TABLAS .....	ix
LISTA DE ILUSTRACIÓN.....	x
LISTA DE GRÁFICAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS.....	3
A. General .....	3
B. Específicos .....	3
III. HIPÓTESIS .....	4
A. Hipótesis nula.....	4
B. Hipótesis alternativa.....	4
IV. JUSTIFICACIÓN .....	5
V. MARCO TEÓRICO .....	7
A. Cultivo de café .....	7
1. Características botánicas del café.....	7
2. Taxonomía del cultivo de café .....	7
3. Ciclo de vida del cafeto .....	7
4. Fases fenológicas del cafeto.....	7
5. Semilla y germinación .....	8
6. Raíz .....	9
7. Tallo y hojas .....	10
B. Características edafoclimáticas del café .....	12
Factores ecológicos.....	12
1. Temperatura.....	12
2. Precipitación.....	13
3. Altitud .....	13
4. Luminosidad.....	13
5. Vientos .....	13

6.	Humedad relativa .....	14
7.	Suelos .....	14
C.	Manejo agronómico en semilleros.....	15
1.	Selección del terreno:.....	15
2.	Hechura de tablones:.....	15
3.	Tratamiento del sustrato en los tablones: .....	15
4.	Siembra y colocación de cobertura en los tablones: .....	16
5.	Tamaño, llenado y ordenamiento de bolsas: .....	16
6.	Riego:.....	16
7.	Levantado de la cobertura: .....	16
D.	Manejo agronómico en almacigo.....	16
1.	Preparación del sustrato para llenado de bolsas:.....	16
2.	Tamaño, llenado y ordenamiento de bolsas:.....	16
3.	Tratamiento del sustrato en las bolsas: .....	17
4.	Trasplante a bolsas:.....	17
5.	La sombra en el almacigo:.....	17
6.	Riego:.....	18
7.	Control de hierbas:.....	18
E.	Manejo agronómico en el cultivo de café .....	18
1.	Poda y deshije del café .....	18
2.	Fertilización .....	18
3.	Sombra .....	19
F.	Variedades del cafeto en Guatemala.....	19
1.	Caturra .....	19
G.	Importancia del café en Guatemala .....	20
H.	Importancia económica del café en Guatemala .....	21
I.	Enfermedades del café .....	23
J.	Generalidades de la roya.....	23
1.	Taxonomía de <i>Hemileia vastatrix</i> .....	23
2.	Descripción morfológica.....	24
3.	Ciclo biológico de la roya .....	24
4.	Sintomatología de la roya .....	25

5.	Diseminación de la roya del café.....	26
6.	Factores que contribuyen al desarrollo de la enfermedad.....	26
7.	Factores que afectan el desarrollo de la enfermedad.....	29
8.	Manejo de la roya del café.....	31
9.	Importancia económica de la roya del café en Guatemala .....	33
K.	Cuantificación de una enfermedad.....	36
1.	Incidencia .....	36
2.	Severidad .....	36
3.	Sistemas visuales de medición de severidad.....	37
L.	Agricultura orgánica.....	37
1.	Biopreparados.....	37
2.	Clasificación de los biopreparados.....	38
M.	Árbol de encino ( <i>Quercus spp.</i> ) .....	40
1.	Generalidades del árbol de encino ( <i>Quercus spp.</i> ) .....	40
2.	Morfología.....	40
3.	Taxonomía del árbol de encino.....	41
4.	Composición química .....	41
N.	Metabolitos secundarios .....	42
VI.	METODOLOGÍA.....	45
A.	Localización del estudio .....	45
B.	Elaboración del extracto de broza del árbol de encino ( <i>Quercus spp.</i> ).....	46
1.	Materiales .....	46
2.	Preparación del extracto de encino.....	46
C.	Toma y traslado de las muestras.....	48
1.	Preparación de las muestras.....	48
2.	Muestra .....	49
D.	Características de la investigación .....	49
E.	Material de almácigo.....	49
1.	Variedad de café .....	49
G.	Aplicación del extracto de encino .....	51
I.	Diseño experimental y distribución de los tratamientos.....	53
J.	Variables de respuesta.....	54

1.	Incidencia de la roya.....	55
2.	Severidad de la roya.....	55
K.	Descripción de los tratamientos.....	56
L.	Diseño experimental: Bifactorial con un arreglo de bloques completos al azar sin evaluación de la interacción de factores .....	57
M.	Modelo estadístico .....	57
N.	Análisis estadístico.....	57
VII.	RESULTADOS .....	58
A.	Incidencia de roya .....	58
B.	Severidad de roya .....	63
VIII.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	70
A.	Incidencia de la roya.....	70
B.	Severidad de la roya.....	74
IX.	CONCLUSIONES.....	77
X.	RECOMENDACIONES .....	78
XI.	BIBLIOGRAFÍA.....	79
XII.	ANEXOS.....	86
XIII.	GLOSARIO.....	89

## LISTA DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1 Clasificación taxonómica del cultivo de café .....	7
Tabla 2 Tratamiento del sustrato en tablones. ....	15
Tabla 3 Tratamiento de sustrato en bolsas.....	17
Tabla 4 Clasificación taxonómica de <i>Hemileia vastatrix</i> .....	23
Tabla 5 Efectos potenciales de la sombra sobre la roya anaranjada, a través del microclima.....	28
Tabla 6 Cifras de la caficultura nacional .....	34
Tabla 7 Clasificación de los biopreparados .....	38
Tabla 8 Clasificación taxonómica del árbol de encino .....	41
Tabla 9 Principales características de los taninos en relación con su origen botánico.....	44
Tabla 10 Escala para evaluar severidad en hojas infectadas de roya. ....	56
Tabla 11 Descripción de los tratamientos.....	56
Tabla 12 Valores promedio de incidencia por cada uno de los tratamientos evaluados. ....	58
Tabla 13 Valores promedio de lecturas de incidencia por cada tratamiento.....	58
Tabla 14 Incidencia de roya por cada lectura realizada en septiembre, octubre y noviembre. ....	60
Tabla 15 Análisis de varianza para incidencia de roya en los tratamientos. ....	61
Tabla 16 Prueba de Tuckey para la variable de incidencia de roya en los tratamientos. ....	62
Tabla 17 Valores promedio de severidad por cada uno de los tratamientos evaluados. ....	63
Tabla 18 Valores promedio de lecturas de severidad por cada tratamiento. ....	64
Tabla 19 Severidad de roya por cada lectura realizada en septiembre, octubre y noviembre. ....	67
Tabla 20 Análisis de varianza para severidad de roya en los tratamientos. ....	67
Tabla 21 Prueba de Tuckey para la variable de severidad de roya en los tratamientos.....	68
Tabla 22 Descripción de los tratamientos con cada una de las medias para incidencia de roya. ....	70
Tabla 23 Descripción de los tratamientos con cada una de las medias para severidad de roya. ....	74
Tabla 24 Formato de tabla para el registro de información de hojas con roya del café durante cada lectura.....	88

# LISTA DE ILUSTRACIÓN

	Páginas
Ilustración 1 Estructura del grano de café .....	9
Ilustración 2 Morfología de la raíz de <i>C. arabica</i> .....	10
Ilustración 3 Puntos de crecimiento del cafeto.....	11
Ilustración 4 Tallo del cultivo de café.....	12
Ilustración 5 Características de café Caturra .....	20
Ilustración 6 Síntomas de la roya de la hoja de café <i>Hemileia vastatrix</i> .....	24
Ilustración 7 Diagrama del ciclo de vida de <i>Hemileia vastatrix</i> y factores que lo afectan .....	25
Ilustración 8 Síntomas de roya en el haz y envés de la hoja.....	26
Ilustración 9 Efecto del microclima generado por la sombra sobre la roya del café .....	28
Ilustración 10 Hojas del árbol de encino <i>Quercus spp.</i> .....	41
Ilustración 11 Estructura básica de los taninos.....	42
Ilustración 12 Estructura química de los taninos hidrolizables .....	43
Ilustración 13 Estructura química de los taninos condensados.....	43
Ilustración 14 Captura Parque Ecológico Finca Florencia .....	45
Ilustración 15 Árboles y hojas de encino ( <i>Quercus spp.</i> ) .....	46
Ilustración 16 Cafetales en Finca Florencia, Santa Lucia Milpas Altas.....	46
Ilustración 17 Recolección de broza de encino ( <i>Quercus spp.</i> ).....	47
Ilustración 18 Elaboración del extracto de encino ( <i>Quercus spp.</i> ).....	48
Ilustración 19 Resultado del proceso de elaboración del extracto.....	48
Ilustración 20 <i>Hemileia vastatrix</i> en el área foliar del cultivo de café. ....	50
Ilustración 21 Recolección de esporas de roya. ....	50
Ilustración 22 Infección de las plantas de café por medio de esporas recolectadas. ....	51
Ilustración 23 Proceso de infección cruzada de plantas con roya. ....	51
Ilustración 24 Síntomas iniciales de <i>Hemileia vastatrix</i> en las plántulas de café. ....	52
Ilustración 25 Aplicación del extracto de encino.....	52
Ilustración 26 Croquis del ensayo.....	54
Ilustración 27 Establecimiento del experimento, en la finca Florencia.....	54
Ilustración 28 Escala pictórica de la severidad en hojas infestadas de roya.....	55
Ilustración 29 Efecto de la aplicación del extracto de encino. ....	71
Ilustración 30 Quemadura resultado de la aplicación del extracto de encino. ....	72
Ilustración 31 Fertilización de las plántulas de café variedad caturra. ....	88

## LISTA DE GRÁFICAS

	Páginas
Gráfica 1 Producción de café en Centroamérica y México .....	22
Gráfica 2 Severidad de roya en Guatemala en noviembre 2016. ....	34
Gráfica 3 Incidencia de roya promedio nacional. ....	35
Gráfica 4 Porcentaje de crecimiento de incidencia de roya en los meses de septiembre y octubre de 2019. ....	59
Gráfica 5 Porcentaje de crecimiento de severidad de roya en los meses de octubre y noviembre de 2019. ....	60
Gráfica 6 Tratamientos con evaluación de incidencia de roya. ....	63
Gráfica 7 Porcentaje de crecimiento de severidad de roya en los meses de septiembre y octubre de 2019. ....	65
Gráfica 8 Porcentaje de crecimiento de severidad de roya en los meses de octubre y noviembre de 2019. ....	66
Gráfica 9 Tratamientos con evaluación de severidad de roya. ....	69
Gráfica 10 Incidencia de roya en cada lectura de los tratamientos. ....	73
Gráfica 11 Severidad de roya en cada lectura de los tratamientos. ....	76

## RESUMEN

Este trabajo consistió en realizar un extracto botánico a partir de broza del árbol de encino (*Quercus spp*) con una concentración de 39.59 taninos/ml y evaluar el efecto de su aplicación como control en las plántulas de café que fueron infectadas con el hongo de la roya (*Hemileia vastatrix*). Este estudio se llevó a cabo en la finca ecológica "Florencia" ubicada en Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez en donde se encontraron las plántulas de café variedad caturra de 6 meses de edad. Al observar los primeros síntomas del patógeno de la roya se realizaron las aplicaciones del extracto en diferente intervalo de días que fueron a los 15,10,5, 1 después de aparecer roya y un único tratamiento en el que se hicieron aplicaciones cada 7 días. Se efectuaron lecturas a partir del 21 de septiembre hasta el 9 de noviembre del 2019, donde se calculó la severidad e incidencia de roya.

Los resultados de los 6 tratamientos se sometieron a un análisis de varianza y se encontró diferencia estadística, es decir que hubo tratamientos que tuvieron mejores resultados por mantener baja incidencia y severidad sobre el tratamiento testigo. El tratamiento que mejor resultado obtuvo fue el T6 (aplicación del extracto, cada 7 días después de aparecer roya) con un valor de 17.42% de incidencia y 26.88% de severidad de roya. Se espera que los resultados proporcionen una base de decisión sobre la utilidad del extracto botánico para los pequeños o medianos productores del país.

# I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se ha calificado al café de Guatemala como único, los más de 300 microclimas del país, la fertilidad del suelo, las precipitaciones constantes y la altura de sus cafetales, ubicados por encima de los 1,300 msnm, garantizan una característica inmejorable para el cultivo. Actualmente el cultivo del café constituye una de las principales actividades económicas en Guatemala y contribuye al desarrollo socioeconómico del país, ya que genera gran cantidad de empleo y divisas. Desde el punto de vista del empleo, el sector aglutina alrededor de 90.000 productores y más de 400.000 trabajadores. En cuanto a la generación de divisas, en la temporada 2017-2018 éstas ascendieron a 692.5 millones de dólares (Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala, 2019). A pesar de su pequeña extensión territorial, Guatemala a nivel mundial es uno de los diez mayores productores de café y uno de los principales proveedores para Europa y Japón. En la temporada 2014-2015 se originaron 3.81 millones de quintales de café, en 2015-2016 3.95 millones de quintales de café y en la temporada de 2016-2017 este origen alcanzó los 4.29 millones de quintales de café, una cantidad sensiblemente más alta que la de las dos últimas temporadas. En la cosecha 2018-2019, las exportaciones cerraron en 4.63 millones de quintales oro, 3.37% arriba en relación con las exportaciones 2017-2018, cosecha en la que se exportaron 4.48 millones de quintales oro, en cuanto a la extensión territorial cafetalera es de 392,300 manzanas que equivale a 276,571 ha ANACAFE 2019.

Según la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) las variedades más cultivadas en Guatemala son: Bourbon, Catuai, y Caturra, estas variedades son susceptibles a plagas o enfermedades las cuales disminuyen el rendimiento de la producción. Dentro de estas se encuentra la roya del cafeto, causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, quien es considerado el principal patógeno por la severidad de la infección. En América Latina la roya del cafeto causa pérdidas de hasta el 30% si no se efectúa un control y manejo agronómico (CropLife, 2018).

La enfermedad se citó por primera vez en Guatemala en 1980 en plantaciones de café (*Coffea arabica*); en los años 2005 al 2010, se consideró como una de las principales limitantes en la producción de varias regiones del país. Del 2013 al 2017, Guatemala dejó de percibir divisas por aproximadamente US\$543 millones (Q4 mil millones) como efecto de la roya, según cálculos de ANACAFÉ. Al 2020 para su control se utiliza el método químico con fungicidas cuyo ingrediente activo es cobre ya que son muy eficaces en el control reduciendo así daños económicos y tener como resultado la inhibición de la enfermedad sobre el cultivo; pero la aplicación de productos agroquímicos genera incremento en el costo de la producción y el manejo irracional de los mismos crea disputas en el impacto o efecto en el medio ambiente. Por esta razón es necesario buscar alternativas de manejo que ayuden al medio ambiente, como lo

es el control botánico, siendo una opción los biopreparados que tienen como objetivo el contrarrestar los problemas que causan los agroquímicos en los ecosistemas y generar un desarrollo sustentable dentro de la producción.

Esta investigación se realizó en la finca ecológica "Florencia" ubicada en Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez, en donde se evaluó el efecto del extracto botánico elaborado a partir de broza del árbol de encino para afirmar o negar su efectividad como control en plántulas de café variedad Caturra infectadas por roya. El diseño experimental que se utilizó fue un diseño de bloques completos al azar, que se llevó a cabo comparando 6 tratamientos, teniendo uno como testigo absoluto, al cual no se le aplicó el extracto, se utilizaron tres repeticiones en cada tratamiento y el número total de unidades experimentales incluidas en el experimento fueron 18 por lo que el tamaño de la unidad experimental fue de 36 plantas. Para evaluar los tratamientos se hicieron aplicaciones del extracto de encino en distinto intervalo de días.

Para la toma de datos se hicieron lecturas cada siete días a partir del 21 de septiembre hasta el 9 de noviembre del 2019 teniendo como resultado 8 lecturas, también se utilizó las fórmulas de incidencia, severidad y la escala de severidad de la roya de café que propone Filho (2015) para comparar su efecto en el transcurso del tiempo y evaluar la enfermedad en el cultivo de café. Por otra parte, se sometieron los resultados a un análisis estadístico y al analizar los datos se comprobó que la frecuencia de aplicación del extracto de encino influye sobre la incidencia y severidad de la roya de esta manera se concluyó que el tratamiento 6 (Aplicación del extracto cada 7 días después de aparecer la roya) tuvo el mejor resultado con un valor de 17.42% de incidencia y 26.88% de severidad de roya a diferencia de los demás tratamientos.

## II. OBJETIVOS

### A. General

- Evaluar el efecto de la aplicación de un extracto botánico obtenido a partir de broza del árbol de encino (*Quercus spp.*) sobre el hongo (*Hemileia vastatrix*) en las plantas de almácigo de café variedad Caturra.

### B. Específicos

- Evaluar el efecto de la aplicación del extracto botánico sobre la incidencia de la roya en las plantas de almácigo de café variedad Caturra.
- Evaluar el efecto de la aplicación del extracto botánico sobre la severidad de la roya en las plantas de almácigo de café variedad Caturra.

### III. HIPÓTESIS

#### A. Hipótesis nula

No existen diferencias en las respuestas de control de la roya del café ante la aplicación de 6 tratamientos de control.

Hipótesis nula  $H_0$ :  $T_1 = T_2 = T_3 = T_4$

#### B. Hipótesis alternativa

Al menos una de las aplicaciones de los 6 tratamientos presentará una respuesta de control de la roya del café.

Hipótesis alternativa  $H_a$ :  $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$

## IV. JUSTIFICACIÓN

En el 2019 Guatemala ocupó el décimo lugar a nivel mundial en la producción de café y en el país el sector cafetalero significa el 2.5% del producto interno bruto, por esta razón la caficultura es una de las fuentes principales de ingreso, además esta actividad ha generado diversos efectos positivos como ingresos de divisas y la generación de 125 mil empleos, el 97% de ellos pequeños caficultores responsables del 47% de la producción nacional. A estos caficultores se deben sumar el resto de las personas que de forma directa o indirecta colaboran con las tareas del café en Guatemala, aportando este producto un saldo de 400.000 empleos en el país. (Fórum del Café, 2018)

A través del tiempo el cultivo de café ha sufrido de una serie de efectos negativos, como la incidencia de diferentes enfermedades, como es el caso de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), que causa pérdidas entre el 23% y el 50 % en la cantidad y en la calidad de la producción de café, en variedades susceptibles, que no tienen un oportuno y adecuado manejo de la enfermedad, en un ciclo acumulado de cuatro cosechas, asimismo hace que caficultores del país se vean obligados a buscar otras opciones de siembra ante la fuerte crisis mundial que atraviesa el mismo ya que el uso de insumos como agroquímicos tiene un alto costo en la producción, que además de causar serios problemas de contaminación ambiental, degradan los suelos y generan resistencia, por tal razón es necesario explorar alternativas como agentes de la naturaleza (Javora, 2002). Una de las opciones para el manejo fitosanitario de enfermedades en la agricultura, es el uso de biopreparados que son productos, extractos o derivados botánicos que no generan daños al medio ambiente y garantizan la seguridad alimentaria ya que no crean toxicidad al consumidor final además tienen como objetivo garantizar el manejo sostenible de los recursos y asegurar su conservación. Según FAO (2011) indica que en los biopreparados se encuentran los extractos que son mezclas de origen vegetal, animal o mineral presentes en la naturaleza que tienen propiedades nutritivas para las plantas, son repelentes, atrayentes de insectos para la prevención y control de plagas o enfermedades y son elaborados a partir de distintas formas como por ejemplo la fermentación.

Por otra parte, el encino contiene metabolitos secundarios y dentro de su composición química está contenida el 8 al 20% de taninos, tanto condensados (proantocianidinas) como hidrolizables, principalmente elagitaninos. Los taninos son una subdivisión del polifenol, sustancia química que se encuentra en plantas, semillas, corteza, madera, hojas y pieles de frutas y su función es en ser compuestos muy tóxicos para una amplia variedad de insectos; también ha sido el causante de que se les relacione con una estrategia de defensa en muchas plantas (Viveros, 2012).

Galván, González Díaz, & González Hernández, (2014) evaluaron los efectos de los extractos acuosos de hojas de plantas de gobernadora (*Larreas tridentata*), hojases (*Flourensia cernua*) y encino (*Quercus pungens*), sobre el crecimiento micelial *in vitro* de hongos fitopatógenos y se observó que los tres extractos inhibieron al 100% en dos concentraciones evaluadas (10 y 20%) sobre las cepas de *P. capsici* y *A. flavus*.

González Hernández, Llorens y García Agustín (2018) evaluaron el efecto de extracto de *Mimosa tenuiflora* y *Quercus robur* en lechuga (*Lactuca sativa* L.) ante la infección causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* en donde los resultados obtenidos indican que este producto no muestra un efecto marcado sobre los parámetros fisiológicos. Sin embargo, los tratamientos foliares y radiculares inducen el mecanismo de defensa de las plantas de lechuga frente al ataque del hongo mediante el reforzamiento de la pared a través de la deposición de callosa y la liberación de ROS.

Atlántica Agrícola (2013) indica que el extracto de *Mimosa tenuiflora* que también es conocida comúnmente como carbón negro, tepezcohuite, jurema preta o catanga, tiene como ingredientes activos los taninos y bioflavonoides. Estos causan una ruptura en la membrana celular de los microorganismos, vaciando el contenido interno y destruyendo la estructura reproductiva de los microorganismos. Simultáneamente desnaturalizando las enzimas e impidiendo el arreglo correcto de sus sustratos. El extracto de *M. tenuiflora* es efectivo contra la mayoría de los hongos y bacterias fitopatógenos, inhibiendo el crecimiento y desarrollo de éstos. Actúa de forma curativa y/o preventiva en las enfermedades más importantes que afectan a hortalizas y frutales.

Actualmente la finca "Florencia" cuenta con 5 hectáreas de plantaciones de café y en los últimos años ha iniciado a disminuir su rendimiento productivo hasta un 18% esto provocado por el patógeno de la roya (*Hemileia vastatrix*), dentro de los síntomas presentes en el cultivo están pequeñas manchas traslucidas de color amarillo claro y en el envés de las hojas parches con abundante polvo amarillento por esta razón se esta investigación que tuvo como objetivo evaluar el extracto botánico elaborado a partir de la broza del árbol de encino (*Quercus spp.*).

Toda la información recolectada será una base de decisión sobre la utilidad del extracto botánico para el control de la enfermedad y tener un desarrollo sustentable que contribuya a generar información para el desarrollo de productos botánicos con aplicación al cultivo de café para los pequeños y medianos productores del país.

## V. MARCO TEÓRICO

### A. Cultivo de café

#### 1. Características botánicas del café

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*. Existen numerosas especies de cafeto y diferentes variedades de cada especie. Las especies más importantes comercialmente pertenecientes al género *Coffea*, son conocidas como *Coffea arabica* Linneo conocida como *Arábica* o *Arábica* y *Coffea canephora* Pierre Ex Froehner conocida como Robusta (Café de Colombia, 2010).

#### 2. Taxonomía del cultivo de café

Tabla 1 Clasificación taxonómica del cultivo de café

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliata
Orden	Rubiales
Familia	Rubiaceae
Género	<i>Coffea</i>
Especie	<i>C. arabica, canephora, liberica, etc.</i>

(Mora N. , 2008)

#### 3. Ciclo de vida del cafeto

Durante su ciclo de vida, la planta destina una parte de éste a la formación de estructuras no reproductivas como las raíces, las ramas, los nudos y las hojas, actividad denominada desarrollo vegetativo. La fase durante la cual ocurre la formación y desarrollo de estructuras de reproducción como las flores y los frutos se denomina desarrollo reproductivo. Después de varios años de actividad, la planta envejece y entra en un proceso de deterioro que se denomina fase de senescencia o envejecimiento (Pulgarín, Sistemas de producción de café en Colombia, 2011).

#### 4. Fases fenológicas del cafeto

##### a. Fase de desarrollo vegetativo del cafeto.

En los cultivos anuales se considera como fase vegetativa el tiempo transcurrido desde la germinación hasta la primera floración. En el caso de especies perennes y arbustivas como el cafeto, la definición de la fase vegetativa es bastante compleja, debido a que el crecimiento vegetativo, por ejemplo, la formación de nudos y hojas y la generación de nuevas raíces, ocurre

durante toda la vida de la planta y en la mayor parte del tiempo está intercalado con el crecimiento reproductivo. Se considera que el desarrollo vegetativo, es la formación de raíces, ramas, nudos y hojas, que comprende tres etapas: germinación a trasplante (2 meses), almácigo (5-6 meses) y siembra definitiva a primera floración (11 meses). Hasta este momento se considera una etapa netamente vegetativa y de ahí en adelante, las fases de crecimiento vegetativo y reproductivo transcurren simultáneamente durante el resto de vida de la planta. (Pulgarín, Sistemas de producción de café en Colombia, 2011)

**b. Fase de desarrollo reproductivo del cafeto.**

Comienza con la aparición de las primeras flores. El período de iniciación de esta fase puede estar influenciado por la duración del día (fotoperíodo), la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad hídrica. Se considera como primera floración, el momento en que por lo menos el 50% de las plantas hayan florecido. La fase reproductiva continúa luego con el desarrollo del fruto y la maduración (Pulgarín, Sistemas de producción de café en Colombia, 2011).

**c. Fase de senescencia del cafeto.**

El cafeto es una planta perenne y se considera que alcanza su desarrollo y productividad máxima entre los 6 y los 8 años, a partir de los cuales la planta se deteriora paulatinamente y su productividad disminuye a niveles de poca rentabilidad. El ritmo de envejecimiento depende de la región donde se establece el cultivo, la densidad de siembra, la intensidad de la producción, la disponibilidad de nutrimentos, la presencia de plagas y enfermedades o del estrés ambiental, entre otros (Pulgarín, Crecimiento y desarrollo de la planta de café, 2011).

## **5. Semilla y germinación**

La semilla es el ovulo fecundado y maduro, se encuentra encerrada en una cubierta fina de color amarillo pálido con una textura esclerosa, llamado el pergamino. Las dimensiones de las semillas y sus formas difieren según la variedad, condiciones del medio y del cultivo, por término medio tienen 10 mm de longitud, 6-7 mm de ancho y 3-4 mm de grueso, su peso es de alrededor de 15 a 20 gr su forma es más o menos alargada. El embrión es corto y este situado en la base del grano y comprende una raicilla cónica y dos pequeños cotiledones orbiculares (Moya, 1982).

Al seleccionar la variedad de semilla que se va a utilizar se inicia su germinación en donde se desarrollan los órganos vegetativos (raíz, tallo y hojas) aproximadamente en dos meses. Se realiza en un lugar conocido como germinador el cual permite obtener chapolas (nombre que recibe la plántula de café cuando ha emitido su primer par de hojas) sanas debido a su construcción que brinda protección y facilidad para brindar humedad y regular el sombrero a las

semillas. Después de pasar dos meses en el germinador la planta comienza a formar su primer par de hojas verdaderas (Molido y servido).

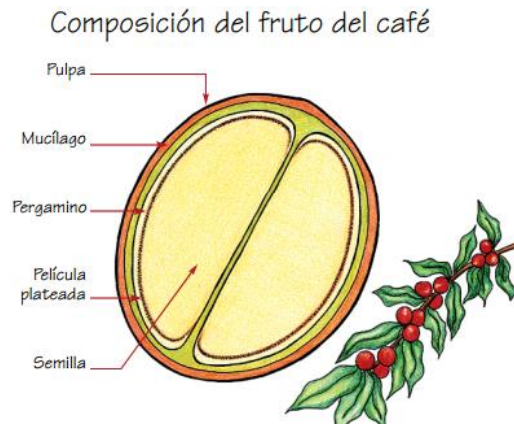


Ilustración 1 Estructura del grano de café  
(Themes, 2014)

## 6. Raíz

El sistema radical consta de un eje central o raíz pivotante que crece y se desarrolla en forma cónica. Esta puede alcanzar hasta un metro de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten. De la raíz pivotante salen dos tipos de raíces, unas fuertes y vigorosas que crecen en sentido lateral y que ayudan en el anclaje del arbusto y otras de carácter secundario y terciario, que salen de las laterales; estas se conocen como raicillas o pelos absorbentes. El 80% de los pelos absorbentes se halla a unos 30 cm del tronco. El 94 % de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm de profundidad en el suelo. Generalmente la longitud de las raíces laterales coincide con el largo de las ramas (Gómez O. , 2010).

Desempeñan un papel fundamental en el crecimiento y la producción del cafeto ya que se ancla al suelo, absorbe, transporta el agua y los minerales esenciales para su crecimiento. Además, tiene otras funciones menos conocidas como es la síntesis de algunas hormonas reguladoras del crecimiento como las citoquininas y el ácido giberélico, y en ocasiones, la síntesis de metabolitos secundarios. En algunas especies la raíz puede servir como órgano de almacenamiento.

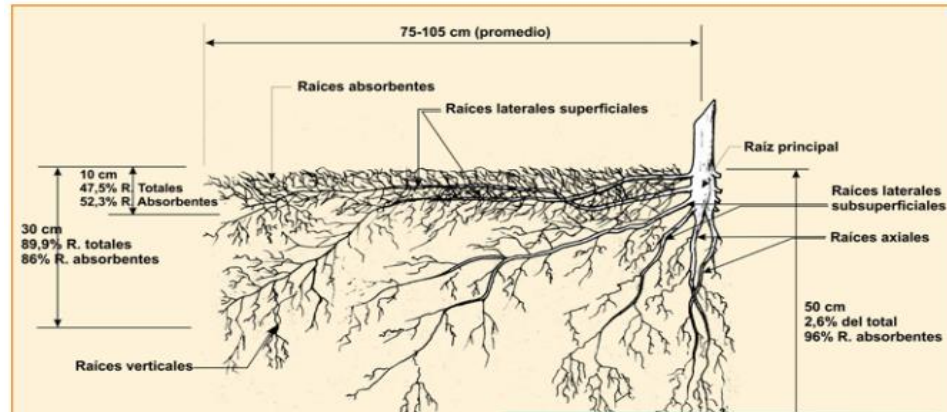


Ilustración 2 Morfología de la raíz de *C. arabica*

(Pulgarín, *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*, 2011)

## 7. Tallo y hojas

El crecimiento de la parte aérea del cafeto se genera a partir de las células meristemáticas ubicadas en el ápice del tallo y de las ramas (yemas apicales) y en las axilas de las hojas (yemas laterales, yemas axilares y yemas seriadas). A partir de los meristemas de las yemas se desarrollan los primordios de nudos, hojas, brotes, ramas y flores. El ápice del tallo es el responsable de la formación de nudos, hojas y del crecimiento en altura de la planta (crecimiento ortotrópico). En el ápice de las ramas ocurre la formación de nudos, hojas y la expansión lateral de la planta (crecimiento plagiotrópico). A los dos meses después de la germinación, la planta forma el primer par de hojas verdaderas y luego, en la fase de almácigo, la planta adquiere de 6 a 8 pares de hojas verdaderas o nudos. El primer par de ramas se forma entre los 7 y los 8 meses aproximadamente, y a partir del momento de la siembra en el sitio definitivo, la planta comienza la formación de las ramas que van a ser responsables de la producción. En el tallo, un par de hojas o un nudo se origina en promedio cada 25 o 30 días. En un año se forman aproximadamente de 12 a 14 pares de ramas primarias o cruces (Pulgarín, *Sistemas de producción de café en Colombia*, 2011).

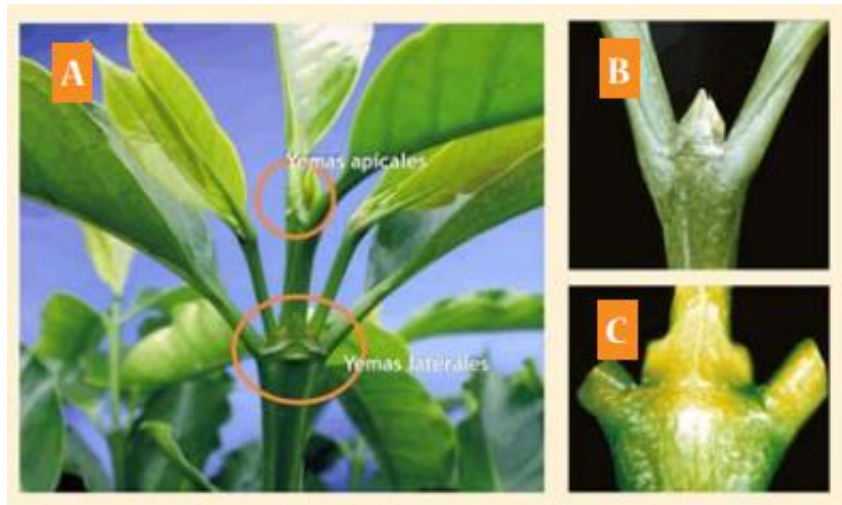


Ilustración 3 Puntos de crecimiento del caféto

- A) Yemas apicales y laterales; B) Yemas apicales responsables del crecimiento ortotrópico de la planta; C) Yemas laterales responsables del crecimiento plagiotrópico del caféto. (Pulgarín, Crecimiento y desarrollo de la planta de café, 2011)

El arbusto de café está compuesto generalmente de un solo tallo o eje central. El tallo exhibe dos tipos de crecimiento. Uno que hace crecer al arbusto verticalmente y otro en forma horizontal o lateral. En los primeros 9 a 11 nudos de una planta joven sólo brotan hojas; de ahí en adelante ésta comienza a emitir ramas laterales. Estas ramas de crecimiento lateral o plagiotrópico se originan de unas yemas que se forman en las axilas superiores de las hojas. En cada axila se forman dos o más yemas unas sobre las otras (Gómez O. , 2010).

Las hojas del caféto son órganos en los cuales se realizan los tres procesos fisiológicos más importantes que soportan el crecimiento y desarrollos vegetativo y reproductivo, éstos son: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración.

Las hojas aparecen en las ramas laterales o plagiotrópicas en un mismo plano y en posición opuesta. Tiene un pecíolo corto, plano en la parte superior y convexo en la inferior. La lámina es de textura fina, fuerte y ondulada. Su forma varía de ovalada (elíptica) a lanceolada. El haz de la hoja es de color verde brillante y verde claro mate en el envés. Su tamaño puede variar de tres a seis pulgadas de largo. La vida de las hojas en la especie arábica es de 7 a 8 meses mientras que en la *C. canéphora* es de 7 a 10 meses. La cantidad y distribución de follaje dependerá de la cantidad de sombra que posee el cafetal en el campo (Gómez O. , 2010).

Las hojas también cumplen funciones como proteger las yemas, las flores y los frutos, de las condiciones climáticas adversas como el granizo y el exceso de radiación, entre otros. En *C. arabica* las hojas son elípticas, levemente coriáceas, con la lámina y las márgenes un poco onduladas, de un color verde claro cuando jóvenes y verde oscuro cuando completan su

desarrollo. La hoja se origina a partir de la yema apical, la cual aparece en un corte longitudinal como una protuberancia formada por varias capas de células, algunas de las cuales tienen la capacidad de dividirse para producir células nuevas que van a formar otros órganos de la planta. De esta manera, el desarrollo foliar se inicia con una serie de divisiones en una de las tres capas celulares más externas cerca de la yema apical, la cual se transforma en otra protuberancia lateral o primordio foliar, que luego por divisiones continuas y crecimiento de sus células se convertirá en una hoja.



Ilustración 4 Tallo del cultivo de café  
(*Coffea diversa*, 2013)

## B. Características edafoclimáticas del café

El cafeto, como cualquier otra especie vegetal, recibe influencia determinante del medio ambiente lo que se evidencia en su comportamiento. La planta requiere de condiciones ambientales adecuadas para manifestar su potencial genético en términos de desarrollo, crecimiento y fructificación. Véanse los siguientes factores que determinan estas condiciones. (FUNDESYRAM, 2010).

### Factores ecológicos

Los principales factores ecológicos que influyen en el desarrollo del cafeto son:

#### 1. Temperatura

Es el componente más relacionado con el crecimiento de la planta. Temperaturas inferiores a 10 °C., propician un desarrollo lento. Por otra parte, las temperaturas altas a 30 °C., disminuyen la fotosíntesis, reducen el crecimiento y producción. Además, pueden causar: la ocurrencia de enfermedades y susceptibilidad a plagas; afectar la longevidad de la planta, su productividad y rendimiento. El cultivo de café necesita temperaturas mínimas de 20 °C y máxima de 25 °C, para lograr su desarrollo y productividad. Los cafetos de la especie *Coffea*

*arabica* crecen y se desarrollan mejor bajo temperaturas que fluctúan entre los 20 y 27 °C. (FUNDESYRAM, 2010).

## 2. Precipitación

El rango de lluvia para el cultivo de café es de 1 200 a 1 800 mm anuales. El cafeto muestra cierto grado de tolerancia a la sequía, un período de sequía prolongado propicia la defoliación, puede ocasionar deficiencias nutricionales por una menor difusión de elementos en el suelo. La lluvia excesiva inhibe la diferenciación de las yemas; también puede ocasionar deficiencias de nitrógeno por dilución del elemento, además el control fitosanitario de las plantaciones resulta más difícil o costoso y reducción del crecimiento de la planta. (FUNDESYRAM, 2010).

## 3. Altitud

El cafeto se adapta desde los 500 a 1 500 msnm, pero el mejor desarrollo y calidad del café se consigue a altitudes entre los 900 a 1 300 msnm. Por encima de este nivel altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo y crecimiento de la planta (FUNDESYRAM, 2010).

## 4. Luminosidad

El origen del cultivo de café es bajo sombra, por lo tanto, es recomendable continuar con esta condición para la producción de café de alta calidad. Cuando la intensidad lumínica es alta se da el cierre de estomas en las hojas del cafeto, para protegerse de una transpiración excesiva, esto trae como consecuencia una disminución en el proceso de fabricación de alimentos de la planta y por ende una baja en producción. Una intensidad de luz baja y prolongada favorece la incidencia de plagas. El cafeto se considera una planta de día corto por lo que necesita de 8 a 13 horas de iluminación para florecer. La intensidad de luz óptima es 32.3-86.1 Klux (FUNDESYRAM, 2010).

## 5. Vientos

El viento es otro factor limitante en el cultivo de café. el rango óptimo de velocidad del viento, para el café es de 5 a 15 Km/h; valores más altos provocan alta defoliación. Los vientos fuertes y frecuentes no son favorables para el desarrollo del cafeto ya que su acción desecadora hace que se intensifique la transpiración. Esto causa una deshidratación en las hojas de la planta y su caída. Otro efecto causado por el viento es que parten las ramas del cafeto especialmente cuando la producción es abundante. Cuando prevalezcan condiciones de viento en determinada localidad, deben considerarse medidas para reducir sus efectos como establecer barreras rompe vientos, sombra permanente u orientar los surcos en sentido transversal a las corrientes normales del viento (FUNDESYRAM, 2010).

## 6. Humedad relativa

Es el valor de agua en forma de vapor que existe en el aire atmosférico. El rango aceptable para el cultivo de café es de 65 a 85 %. Si la humedad relativa excede el 85 % se afecta la calidad del café y se favorece la incidencia de enfermedades. La humedad ayuda a fraccionar o disipar los rayos solares sirviendo como filtro y disminuyendo la intensidad lumínica. En localidades donde existen estas condiciones puede cultivarse el cafeto a plena exposición solar (FUNDESYRAM, 2010).

## 7. Suelos

La condición óptima de suelo para el cultivo de café orgánico es con textura franca; pero se adapta a suelos desde franco arcillosos hasta franco arenoso, con pendiente suave del 5 a 12%. Considerando además sus propiedades físicas, químicas y biológicas (FUNDESYRAM, 2010)

- a. Propiedades físicas: el suelo ideal para el cultivo de café debe poseer 50 cm de profundidad, 50% de porosidad, 45% de sustancia mineral y 5% de materia orgánica.
- b. Propiedades químicas: las más importantes son: pH o acidez, fertilidad y materia orgánica. Los suelos buenos para café deben tener una acidez entre 5 y 5.5, al cafeto no le convienen suelos con valores de la acidez por debajo de 5 o por encima de 5.5, pues afecta el desarrollo normal de raíces, crecimiento de la planta y se dificulta la nutrición del cultivo. En cuanto a la fertilidad los elementos nutritivos que el cafeto requiere en mayor cantidad son: nitrógeno, fósforo, potasio y los que necesita en menor cantidad de calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, manganeso, boro y cobre. La carencia de alguno de estos nutrimentos afecta el normal crecimiento y desarrollo de la plantación cafetera al igual que su producción potencial, tanto en calidad como en cantidad de café.
- c. Propiedades biológicas: la actividad microbiana es esencial para la liberación de los nutrientes contenidos en los materiales vegetales muertos. Sin tal liberación, los nutrientes disponibles serían pronto agotados y el suelo se haría estéril. En el suelo viven un gran número de organismos grandes y pequeños, que participan activamente en los procesos de transformación de materia orgánica y la transferencia de energía, los microorganismos completan el ciclo, de manera que los nutrientes absorbidos por las plantas puedan volver al suelo, una población microbiana activa suele ser un buen indicador de la fertilidad del suelo ya que son muy importantes para el buen desarrollo de la planta mejorando así la porosidad del suelo. Los hongos tienen un papel importante en el suelo, en la transformación de la materia orgánica, especialmente celulosas y formas complejas, sobre todo en suelos ácidos, donde la actividad de las bacterias y

hongos es reducida, y son muy importantes en la estabilización del suelo y formación de agregados. Las bacterias, son los organismos más abundantes, y de muy rápida reproducción, cumplen papeles importantes en la nitrificación, oxidación del azufre y la fijación de nitrógeno.

## C. Manejo agronómico en semilleros

### 1. Selección del terreno:

Para la instalación del semillero es preferible que el terreno sea plano, cercano a fuentes de agua, de fácil acceso y protegido del ingreso de animales. Si el semillero se hace en el verano, puede quedar a la intemperie, pero si va a establecerse en la temporada de lluvia, debe protegerse con una estructura tipo invernadero (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

### 2. Hechura de tablonces:

Hacer tablonces de 1 metro de ancho, 20 centímetros de alto y 1 metro de largo por cada libra de semilla. La altura del tablón puede revestirse con tallos de banano, madera rolliza, bambú, tabla o block. El sustrato debe ser 100% arena blanca o de río (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

### 3. Tratamiento del sustrato en los tablonces:

El uso del 100% de arena blanca o de río, como sustrato, favorece en un alto porcentaje la sanidad de las semillas y de las plántulas en el semillero, por ser un material libre de hongos e insectos. Sin embargo, es recomendable hacer tratamiento del sustrato con fungicidas e insecticida-nematicidas, como se detalla en la tabla 2 (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015):

Tabla 2 Tratamiento del sustrato en tablonces.

Actividades	Producto	Dosis/ litro de agua/ m <sup>2</sup>	Observaciones
Fincas Convencionales			
Control de hongos	Triazol + Metil Tiofanato (Banrot 40 WP)	1 gr/L y 4L/ m <sup>2</sup>	Aplicar 8 días antes de la siembra.
Control de plagas	Carbofuran (Furadán 5G)	15 gr/ m <sup>2</sup> (incorporado)	
Finca ecológicas			
Control de hongos	<i>Trichoderma harzianum</i>	1 gr/L y 4 L/ m <sup>2</sup>	Aplicar 1 día antes de la siembra.
Control de plagas	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	1 gr/L y 4 L/ m <sup>2</sup>	

(Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

#### 4. Siembra y colocación de cobertura en los tablones:

La siembra se hace en fajas o al voleo, calculando hacer 1 metro de largo de tablón por cada libra de semilla. Cuando la siembra se hace en fajas, estas deben tener un ancho de 10 cm con calles de 10 cm. Luego de colocar la semilla, proceder a taparla con una capa de arena de 1 cm de espesor y colocarle cobertura vegetal (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

#### 5. Tamaño, llenado y ordenamiento de bolsas:

Se recomienda usar la bolsa de polietileno negro perforada de 17x25 cm y 3 milésimas de grosor. Cuando las condiciones ambientales (altitud y temperatura principalmente) de las fincas permiten producir almácigos de 6 a 8 meses, puede usarse la bolsa de 15x25 cm y 3 milésimas de grosor. Las bolsas debidamente llenadas deben colocarse en hileras dobles con calles de 40 cm (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

#### 6. Riego:

Hacer el riego en forma periódica, según las condiciones que prevalezcan en el ambiente (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

#### 7. Levantado de la cobertura:

Aproximadamente a los 40 días de la siembra, las semillas empiezan a emerger del suelo y es el momento en que debe levantarse la cobertura del tablón; procediendo inmediatamente a ponerle una cobertura entre 50 a 60 cm de altura (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

### D. Manejo agronómico en almacigo

#### 1. Preparación del sustrato para llenado de bolsas:

La proporción recomendable para preparar el sustrato es de 60% de tierra negra, 30% de abono orgánico (lombricomposta o composta) y 10% de arena blanca (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

#### 2. Tamaño, llenado y ordenamiento de bolsas:

Se recomienda usar la bolsa de polietileno negro perforada de 17x25 cm y 3 milésimas de grosor. Cuando las condiciones ambientales (altitud y temperatura principalmente) de las fincas permiten producir almácigos de 6 a 8 meses, puede usarse la bolsa de 15x25 cm y 3 milésimas de grosor. Las bolsas debidamente llenadas deben colocarse en hileras dobles con calles de 40 cm (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

### 3. Tratamiento del sustrato en las bolsas:

Para prevenir el ataque de hongos y plagas del suelo, hacer aplicación de fungicidas y de insecticidas-nematicidas, antes del trasplante a bolsas, como se detalla en la tabla 3 (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015):

Tabla 3 Tratamiento de sustrato en bolsas

Actividad	Producto	Dosis/ litro de agua/ bolsa	Observaciones
Fincas convencionales			
Control de hongos	Triazol + Metil Tiofanato (Banrot 40 WP)	1 gr/L y 50 cc/bolsa	Aplicar 8 días antes del trasplante.
Control de plagas	Carbofuran (Furadán 5G)	2 gr/bolsa (incorporado)	
Fincas ecológicas			
Control de hongos	<i>Trichoderma harzianum</i>	1 gr/litro y 50 cc/bolsa	Aplicar 1 día antes del trasplante.
Control de plagas	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	1 gr/litro y 50 cc/bolsa	
	<i>Metarhizium anisopliae</i>	1 gr/litro y 50 cc/bolsa	

(Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015)

### 4. Trasplante a bolsas:

El trasplante se hace cuando las plántulas en el semillero alcanzan el estado de fosforito o mariposa. Deben sembrarse únicamente plantas sanas y con raíces bien conformadas, eliminando aquellas que tienen raíces defectuosas y dañadas. Hacer poda de raíces, cuando éstas, sean muy largas (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

### 5. La sombra en el almácigo:

La sombra en el almácigo debe estar establecida desde el momento del trasplante, para lograr un mejor resultado en el prendimiento de plantas. La sombra puede ser natural (cuando se usan especies de plantas como gandul, tephrossia, crotalaria o higuerrillo), o artificial (cuando se hace a través de enramada que va colocada sobre una estructura conocida como tapexco (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

## 6. Riego:

Hacerlo a cada 2 o 3 días, dependiendo de las condiciones que prevalezcan en el ambiente. Tener especial cuidado de que haya humedad adecuada cuando se apliquen fertilizantes directamente al sustrato (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

## 7. Control de hierbas:

El control de hierbas hacerlo en forma manual y con escardas con machete en las calles. Es recomendable hacer control preventivo de las hierbas, utilizando cobertura vegetal en las bolsas y calles y a través de acolchado plástico; de tal manera que se retarde el crecimiento de las hierbas (Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN, 2015).

# E. Manejo agronómico en el cultivo de café

## 1. Poda y deshije del café

La poda del café debe realizarse después que finaliza la cosecha del grano, de preferencia en el periodo seco o de baja precipitación. El propósito de la poda del café es eliminar tejido enfermo, agotado y ramas quebradas para que la planta se renueve (Filho, 2015).

Después de la poda, principalmente al inicio de las lluvias, la planta de café reinicia su crecimiento y se activan una gran cantidad de yemas que producen muchos rebrotes o hijos. Ese es el momento de realizar la práctica de deshija, que consiste en seleccionar dos o tres rebrotes vigorosos, bien ubicados en el tronco de la planta y con buena distribución, los cuales serán las futuras ramas productivas. Todos los demás rebrotes se deben eliminar para disminuir la competencia y permitir que los brotes seleccionados se desarrollen vigorosos. La práctica de deshija por lo general se aplica dos veces al año; la primera dos o tres meses después de la poda y la segunda 2 o 3 meses después. Esto se hace porque, con la incidencia de la luz, muchas yemas se activan y continúan produciendo rebrotes (Filho, 2015).

## 2. Fertilización

El manejo nutricional de las plantas desempeña un papel fundamental en el comportamiento del ciclo productivo del cultivo. Una buena nutrición proporciona los minerales que requiere la planta para realizar sus funciones metabólicas y fisiológicas. Por eso, es de importancia aplicar fertilizante (químico u orgánico o ambos) al café en sus diferentes momentos, y de acuerdo con los resultados de un análisis de suelo y/o foliar. Con la fertilización mejora el vigor de las plantas, se fortalecen sus mecanismos de defensa contra la roya, y se mantiene la capacidad productiva (Filho, 2015).

### 3. Sombra

Es una práctica en la que la mayoría de los cafetales están en asocio con árboles para garantizar sombra. Los árboles en asocio con café ofrecen grandes beneficios al cultivo como: regular el microclima dentro del cafetal, ya que el café es una planta sensible a cambios bruscos de temperatura; reducir la radiación y mejorar el balance hídrico; aumentar la humedad relativa dentro del cafetal; mejorar la fertilidad del suelo por el aporte de materia orgánica y, cuando se utilizan especies de la familia Leguminosae, aportan nitrógeno; reduciendo la erosión de suelos por la cobertura de la hojarasca y ramas que se depositan (Filho, 2015).

Sin embargo, los beneficios relacionados con la regulación del microclima benefician también al hongo de la roya del café. Es por esta razón que el manejo de la sombra en el cultivo del café desempeña un rol fundamental para crear condiciones desfavorables para el desarrollo de la enfermedad (Filho, 2015).

## F. Variedades del cafeto en Guatemala

Según ANACAFÉ (2019), la mayoría de las variedades que se cultivan en Guatemala pertenecen a la especie *Coffea arabica* que representa el 99% del café de exportación y se produce en muchos países. La otra especie de importancia comercial es *Coffea canephora*, con la producción de Robusta como variedad importante. Las variedades de café cultivadas en Guatemala son: Typica, Bourbon, Catuaí, Catimor, Pache común, Caturra, Mundo novo y Maragopye. Todas las variedades mencionadas anteriormente son susceptibles a la roya del café.

### 1. Caturra

Pertenece a la familia de cafés arábigos, es una mutación de Bourbon, descubierta en Brasil. Es de alta producción y buena calidad. Requiere buen manejo cultural y adecuada fertilización, en caso contrario puede agotarse rápidamente. Se adapta bien en las diferentes condiciones regionales del país. Algunos estudios realizados por ANACAFÉ indica que ciertas líneas de Catimor, en zonas bajas e intermediarias, ubicadas entre 609.6 msnm (2,000 pies) y 914.41 msnm (3,000 pies), no se aprecian diferencias organolépticas. Sin embargo, en zonas altas se evidencian menores estándares de calidad de taza respecto a las variedades convencionales (PORTILLO R. J., 2006).

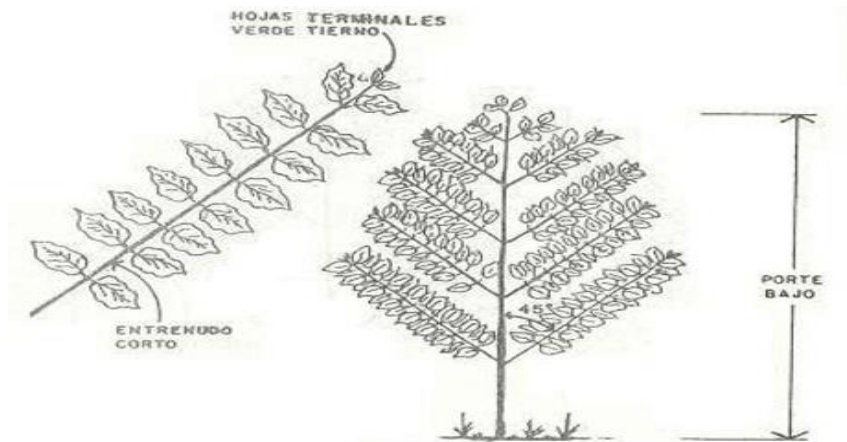


Ilustración 5 Características de café Caturra  
(Café Cielo Tostado Colombia., 2013)

Es una planta de porte bajo, altura promedio de 1.80 metros, con eje principal grueso y entrenudos cortos; el ángulo de las ramas jóvenes es de 45 grados con el tallo principal; su ramificación se caracteriza por tener entrenudos cortos, con ramas secundarias abundantes que le da a la planta una apariencia compacta. Las hojas son grandes, lanceoladas y anchas, de color verde oscuro y textura un poco áspera, con bordes ondulados y ligeramente consistentes; las hojas nuevas (brotes) son de color verde claro brillante. La forma de Caturra es ligeramente angular, compacta y con buen vigor vegetativo. Esta variedad produce frutos de color rojo y frutos amarillo, predominando en la caficultura guatemalteca la de frutos rojo; produce granos medianos (zaranda 16), con alta capacidad de producción, en condiciones óptimas podría llegar a un promedio de 45 quintales de café pergamino por manzana (64 quintales por hectárea). La maduración del fruto es precoz y de excelente calidad de taza (bebida) (ANACAFE, 2019).

Las plantaciones de Caturra demandan adecuado manejo cultural, especialmente a lo que se refiere a la nutrición. Se adapta bien en los diferentes regiones y rangos altitudinales del parque cafetalero, con mejor adaptación en el rango de 600 a 1,300 metros sobre el nivel mar (1,970 a 4,270 pies sobre el nivel del mar). Tiene tolerancia a la sequía, viento y a la exposición del sol (ANACAFE, 2019).

## G. Importancia del café en Guatemala

A mediados del siglo XVIII, no se conoce la fecha exacta de la llegada de los primeros cafetos al país, aunque la mayoría de las referencias coinciden en situar este hecho entre 1750 y 1760, desde ese entonces el sector caficultor ha sido parte importante de la historia y de la economía del país. La caficultura ha logrado ser por muchos años la base de la actividad agrícola de Guatemala impulsando el desarrollo del país y de todas aquellas personas que viven del cultivo del café. En el territorio se encuentran plantaciones de café ya sea en terrenos quebrados, laderas o montañas. La actividad del sector caficultor guatemalteco ha generado una serie de efectos positivos como la creación de empleos, el ingreso de divisas y el aumento en la

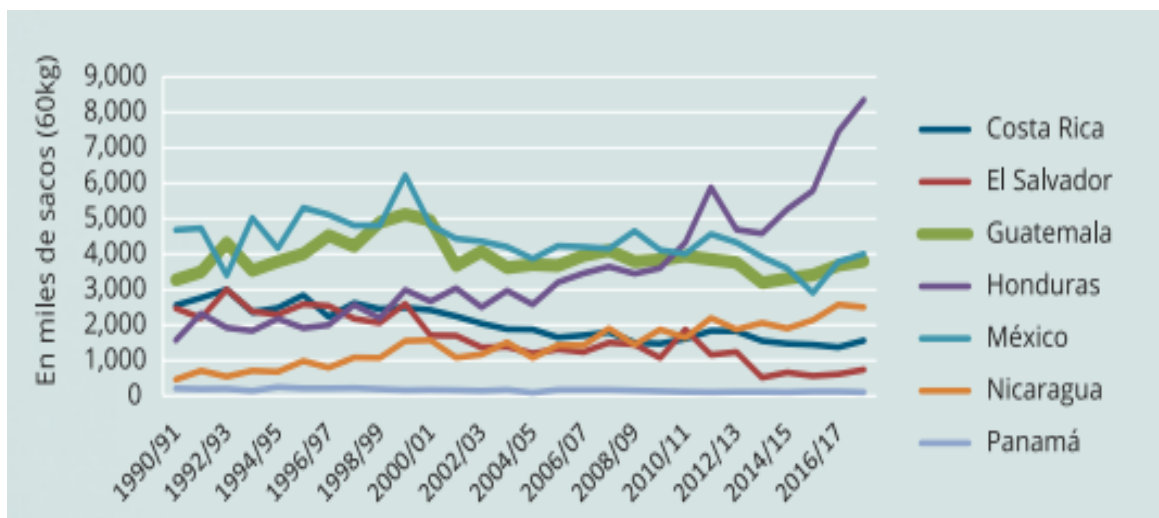
producción. El café es uno de los cultivos agrícolas que sitúa a Guatemala entre los 5 mayores productores a nivel mundial compitiendo contra países como Brasil, México, Vietnam y Colombia. La situación en la que se encuentra actualmente da una perspectiva distinta en cuanto a la importancia y relevancia que dicho cultivo tiene para nuestro país (Estrada, 2012).

## H. Importancia económica del café en Guatemala

La industria de café tomó relevancia en el país en el año 1859, momento en que se realizó la primera exportación de producto. Para el año 1880, este cultivo representaba 80 % del total de las exportaciones del país, por lo que se constituyó como uno de los productos con mayor importancia nacional. Aunque tuvo tiempos difíciles durante la gran depresión en 1929 y durante la segunda guerra mundial, el café continuó como una industria prometedora (Padilla, 2018).

A lo largo del año 2018, el café ha representado 8.5 % de las exportaciones, lo que lo ubica como segundo bien más comercializado por el país, después de los textiles Banco de Guatemala (2018). El periodo total de cosecha del café en Guatemala se encuentra entre septiembre y abril, siendo su ciclo alto de cosecha de septiembre a febrero. En el país se produce café del tipo arábigo lavados en su mayoría. Se utiliza una clasificación interna para el café arábigo, considerando la altura a la que se cultiva: Prima Lavado de 2,500 a 3,000 pies sobre el nivel del mar (p.s.n.m.); Extra-Prima Lavado 3,000 a 3,500 p.s.n.m.; Semiduro 3,500 a 4,000 p.s.n.m.; Duro 4,000 a 4,500 p.s.n.m. y Estrictamente Duro arriba de los 4,500 p s.n.m.10 De manera general, el café cultivado a alturas superiores es considerado de mejor calidad (Padilla, 2018).

La producción de café en Guatemala representa aproximadamente un 2.4 % de la producción total de café en el mundo de los países exportadores. Guatemala llegó a una producción tope en la cosecha 1999 - 2000 con una producción de 5,120 miles de sacos de 60 kg. Posterior a esto, la producción mostró una conducta decreciente que llevó al país a su producción más baja de este periodo, en la cosecha 2013 - 2014, la cual fue de 3,189 miles de sacos. En la gráfica 1 a partir del 2014, se observa que en Guatemala se vuelve a ver un leve aumento en la producción (Padilla, 2018).



Gráfica 1 Producción de café en Centroamérica y México (Padilla, 2018).

El año 2012 fue malo para la producción de los países centroamericanos. La roya (enfermedad de los cafetos que causa caída de las hojas y pérdidas en la producción) infestó la región centroamericana, causando graves disminuciones en la producción. Como se observa en la gráfica 1, los países más afectados fueron El Salvador, Costa Rica, Guatemala y México. Cabe señalar que Guatemala posee el segundo puesto en volumen de producción de los países centroamericanos (Padilla, 2018).

El principal comprador de café guatemalteco es Estados Unidos, que recibe alrededor de 39% del volumen de las exportaciones. Le sigue Japón y Canadá con un 19 y 12% respectivamente. Si se divide el mercado europeo, cada país no representa un volumen significativo de las exportaciones. Sin embargo, los países de la Unión Europea en conjunto representan un 29% para 2018 (AGEXPORT, 2018).

ANACAFÉ (2019) estima que los costos de producción para un quintal oro en Guatemala se divide en 70% de mano de obra y 30% en insumos. En cuanto a la mano de obra, considera que el 65% se utiliza para el corte de café y el restante 35% en trabajos culturales. En cuanto a los insumos, el 80% se invierte en fertilizantes.

En Guatemala la producción nacional se distribuye en los 22 departamentos del país, de los cuales las mayores producciones se concentran en los departamentos de Santa Rosa (18.9%), San Marcos (11.8%), Chimaltenango (9.3%), Huehuetenango (9.1%), Alta Verapaz (7%) y Suchitepéquez (5.3%), que en su conjunto representan el 61.5%. Los demás departamentos constituyen el 38.5% restante (SILVA, 2016).

## I. Enfermedades del café

Según Rosa (2018) el control de las principales enfermedades de los cafetales es otra fuente de constante trabajo y esfuerzo para las familias cafetaleras. Las enfermedades de los cafetos son causadas por hongos, bacterias, virus y nemátodos. Las de mayor importancia económica son: la roya, *Hemileia vastatrix*; Ojo de Gallo *Mycena citricolor*; Antracnosis *Colletotrichum coffeanum*; Corchosis de la Raíz del Cafeto; Pudrición Radicular del Cafeto *Rosellinia sp* las llagas del tallo y de las raíces, *Ceratocystis fimbriata* y *Rosellinia bunodes*; la mancha de hierro, *Cercospora coffeicola*; el mal rosado, *Corticium salmonicolor*; el mal de hilachas *Corticium koleroga*; el volcamiento, *Rhizocyttonia solani*; la muerte descendente, *Phoma sp.* y nemátodos del género *Meloidogyne*.

## J. Generalidades de la roya

La Roya es un hongo fitoparásito obligado del cafeto. Pertenece a la subdivisión de los Basidiomicetos, del orden Uredinales, familia Chaconiaceae. Existen 32 razas de Roya *Hemileia vastatrix* que atacan a especies del género *Coffea* especialmente (*Coffea arabica*, *Coffea canephora* y *Coffea liberica*). La roya del cafeto es la enfermedad más destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a que esta enfermedad provoca la caída prematura de las hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética, así como el debilitamiento de árboles enfermos y en infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de los árboles (CESVVER, 2013).

### 1. Taxonomía de *Hemileia vastatrix*

Tabla 4 Clasificación taxonómica de *Hemileia vastatrix*.

Reino	Fungi
Phylum	Basidiomycota
Subphylum	Pucciniomycotina
Familia	Chaconiaceae
Clase	Urediniomycetes
Orden	Uredinales
Género	<i>Hemileia</i>
Especie	<i>Hemileia vastatrix</i>

(Filho, 2015)

## 2. Descripción morfológica

Las esporas son de tamaño microscópico (30 $\mu$  de largo X 20 $\mu$  de ancho) de forma reniforme, lisas en la cara interna y rugosa en la externa, denominadas urediniosporas, que son producidas en grandes cantidades y corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad (SINAVEF, 2013).

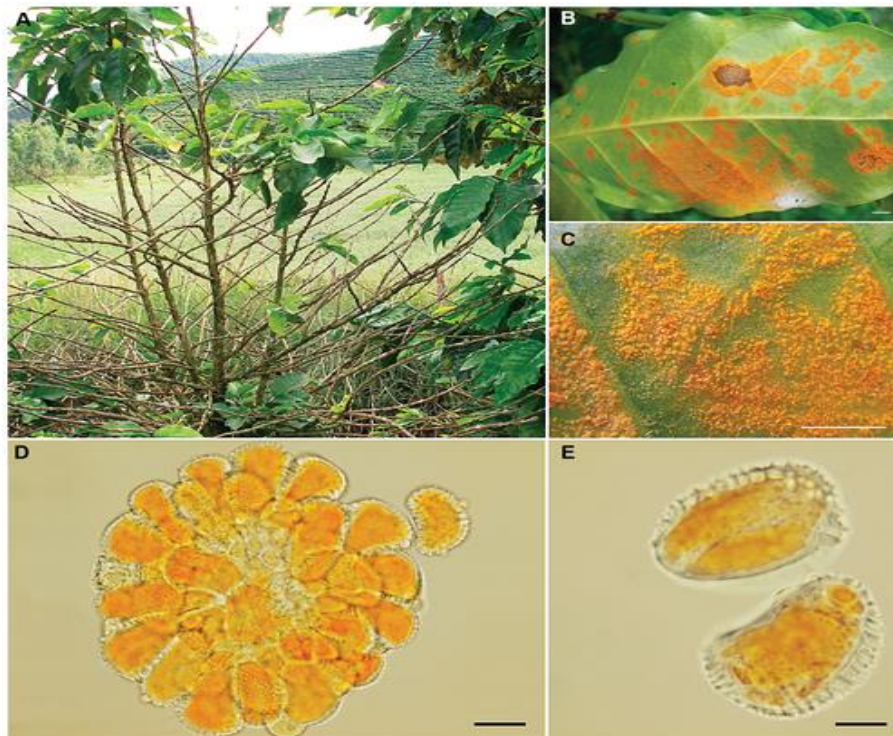


Ilustración 6 Síntomas de la roya de la hoja de café *Hemileia vastatrix*.

(A) defoliación, (B) síntomas de la hoja (barra = 0.5  $\mu$ m) y (C) detalle de pústulas uredinales suprastomatales que se unen sobre la superficie inferior de la hoja (barra = 20  $\mu$ m) (D y E) Urediniosporas - que muestra la pared superior engrosada, muy ornamentada o verrucosa - que contiene guttules de lípidos carotenoides que imparten el color amarillo-naranja (barra = 10  $\mu$ m).

(Naturalista, 2016)

## 3. Ciclo biológico de la roya

El proceso infectivo de la roya del cafeto comienza con los síntomas de la enfermedad que aparecen en el envés de las hojas, en donde se observan manchas pálidas que con el tiempo aumentan de tamaño y se unen formando las características manchas amarillas o naranja, con presencia de polvo fino amarillo, ahí es donde producen las esporas del hongo. La germinación de esporas requiere de la presencia de agua libre por al menos 6 horas y también es favorecida con temperaturas entre 21-25 °C y condiciones de obscuridad. El apresorio para formarse requiere de un periodo de 5.3-8.5 hr. La germinación se inhibe por la luz y cuando se evapora el agua de la hoja. Sin embargo, luego de germinar, el hongo penetra en las hojas a

través de las aberturas naturales (estomas) situadas en el envés de las hojas maduras. Una vez que ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta y con éstos extraen los nutrientes para su crecimiento. Luego de transcurrido 30 días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia (CESVVER, 2013).

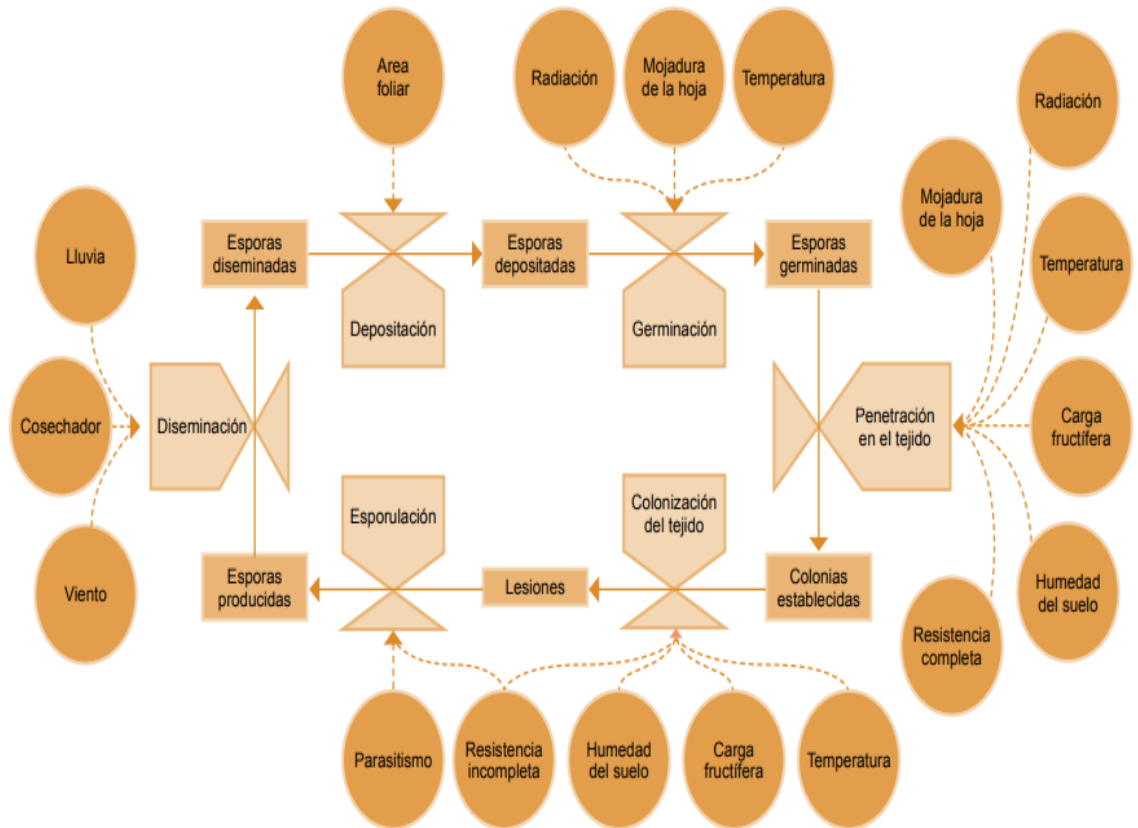


Ilustración 7 Diagrama del ciclo de vida de *Hemileia vastatrix* (líneas continuas) y factores que lo afectan (Filho, 2015).

#### 4. Sintomatología de la roya

Los síntomas inician como pequeñas manchas de 1-3 mm, traslucidas y de color amarillo claro. La lesión crece en tamaño y pueden coalescer con otras manchas, hasta formar grandes parches con abundante polvo amarillo (esporas) en el envés de las hojas y que en su lado opuesto se observan como manchas amarillas. Las lesiones viejas se necrosan, pero la esporulación puede continuar en el margen de las lesiones. Los daños severos, mayores al 60%, pueden causar defoliación. Si la infección ocurre en etapas tempranas se puede presentar una

reducción en el rendimiento. Sin embargo, si la infección se presenta en etapas tardías, el efecto se observará en los niveles de amarre de fruto del siguiente ciclo de cultivo (CESVVER, 2013).



Ilustración 8 Síntomas de roya en el haz y envés de la hoja (SCAN Guatemala, 2015).

## 5. Diseminación de la roya del café

Se lleva a cabo mediante las urediniosporas, las cuales son producidas en grandes cantidades y corresponden al polvo amarillo o naranja que se observa en el envés de las hojas. Entre los factores abióticos que favorecen la dispersión del hongo se encuentran el viento y la lluvia. Según (Ordóñez, 2016) al observar patrones de infección en hojas individuales y en hojas entre el dosel, queda claro que la salpicadura por lluvia es un importante medio de dispersión local. Los patrones de infección en una escala regional, sobre todo en aquellas zonas donde el hongo fue de introducción reciente, han demostrado que la dispersión a larga distancia es principalmente por el viento. Una cantidad pequeña de urediniosporas, quizás epidemiológicamente insignificante, es dispersada por trips, moscas, avispas y otros insectos. La intervención humana podría estar involucrada en la dispersión a grandes distancias entre continentes y países.

## 6. Factores que contribuyen al desarrollo de la enfermedad

Los principales factores ambientales que tienen influencia positiva en el ciclo de vida del hongo que causa la roya del café son:

### a. Temperatura y altitud

La temperatura óptima para el desarrollo de la roya del café es de 22-24 °C, la cual favorece el proceso de germinación de la uredospora, la penetración a los tejidos y colonización de la hoja, por lo que la urediniospora germina dentro de las primeras 72 horas, produce síntomas tempranos entre los 12-15 días de infección y genera nuevas urediniosporas en las lesiones en otros 18-22 días. El periodo de incubación de *H. vastatrix* se acorta en los meses con temperaturas favorables para la germinación y con una altitud de 1200 msnm, los periodos de latencia se prolongaron entre 40 y 80 días debido a las temperaturas más bajas (Filho, 2015).

## b. Precipitación y rocío

La precipitación es un factor muy importante en el desarrollo de una epidemia (incremento en la intensidad y severidad) de roya del cafeto. La precipitación actúa como factor determinante en la germinación y dispersión de las esporas del hongo. Algunas investigaciones han concluido que la dispersión de la roya por el aire es de poca o ninguna importancia y que las salpicaduras de la lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión sino también para la liberación de esporas. Cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden, el contagio tiende a bajar ya que la precipitación actúa a nivel de esporulación (diseminación y transporte), deposición, germinación y penetración de las uredosporas en las hojas. Esto explica por qué la epifitias se desarrolla durante la época de lluvias (Filho, 2015).

El rocío es un fenómeno físico-meteorológico donde la humedad del aire se condensa en forma de gotas por la disminución brusca de la temperatura, o el contacto con superficies frías. Se habla de rocío en general cuando hay condensación sobre una superficie, usualmente sobre la cubierta vegetal del suelo. El punto de rocío es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire para transformarse en rocío, neblina u otro tipo de nube; con temperaturas muy bajas se hace escarcha (Filho, 2015).

El agua libre es importante para la germinación de las uredosporas de la roya hasta la penetración de la hoja. Otras fuentes de agua libre como el rocío pueden facilitar la germinación de las uredosporas incluso en ausencia de lluvia. El rocío aumenta la humedad sobre el tejido, esto, acompañado de una alta humedad relativa y condiciones de alta temperatura (20-30°C) permite que las conidias del hongo germinen y penetren el tejido, ocasionando la infección (Acuña, 2016).

## c. Humedad relativa

La enfermedad se desarrolla sin problemas con una humedad relativa superior al 80% (Acuña, 2016).

## d. Viento

Varios investigadores han sugerido que el viento puede diseminar las esporas de la roya del café. Se ha especulado que corrientes de aire desde Africa Occidental (Angola) hacia Brasil trajeron las uredósporas que permitieron el establecimiento de la enfermedad en el hemisferio occidental. Investigadores del Departamento Nacional de Meteorología de Brasil han informado que corrientes de aire con velocidad de 20 Km/h. pudieron haber traído las esporas de la roya desde Africa hasta las Costas de Brasil en 15 días. Otros investigadores sugirieron que los vientos del Océano Atlántico pudieron haber traído las esporas desde Angola a Bahía en 5, 6 o 7 días (Subero, 2017).

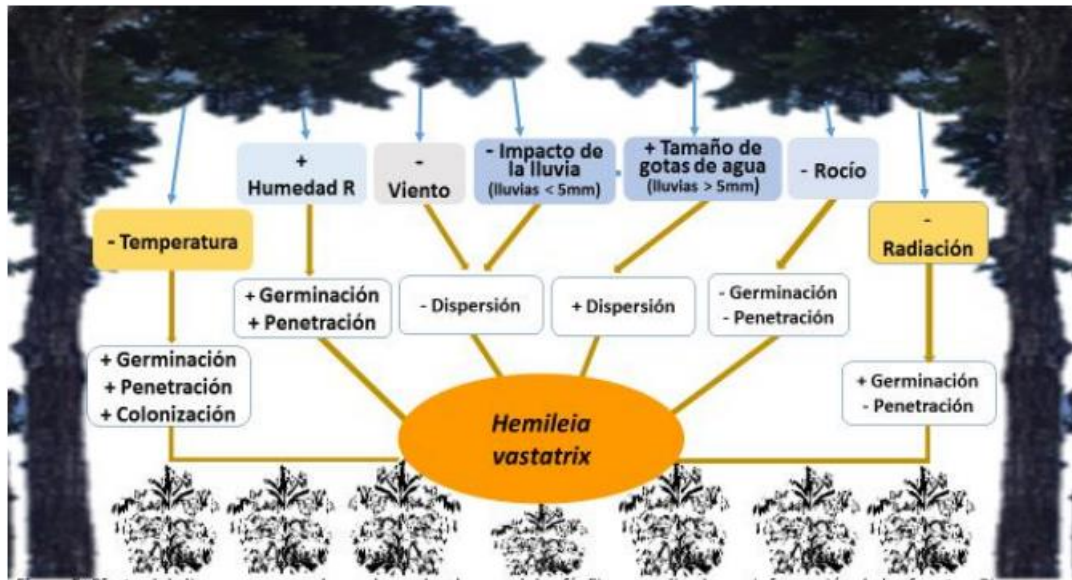


Ilustración 9 Efecto del microclima generado por la sombra sobre la roya del café (Acuña, 2016)

Tabla 5 Efectos potenciales de la sombra sobre la roya anaranjada, a través del microclima

Factor climático	Proceso de la enfermedad afectado	Efecto potencial de la sombra sobre la enfermedad	Explicación
Temperatura	Germinación Penetración Colonización	+	La sombra regula las temperaturas. Particularmente, las temperaturas máximas de las hojas son más bajas que a pleno sol. Las temperaturas se mantienen más cerca del óptimo para la roya anaranjada.
Humedad relativa	Germinación Penetración	+	La sombra conserva el agua libre procedente de las lluvias en la plantación, lo cual es favorable para <i>Hemileia vastatrix</i> .
Viento	Dispersión	-	La sombra intercepta el viento y disminuye la dispersión en seco de las uredosporas de la roya.
Precipitación	Dispersión	+/-	La sombra intercepta las gotas de agua. Cuando la lluvia es poco abundante, el agua no llega al café y no se da la dispersión. Cuando las lluvias son abundantes (superior a 5mm), la sombra canaliza el agua, forma gotas gordas con un impacto s
Rocío	Germinación	-	Bajo sombra no hay rocío, única fuente de agua libre en días sin lluvia.
Radiación	Germinación	+	La sombra intercepta la radiación y facilita la germinación.
		-	La sombra intercepta la radiación y disminuye la receptividad de las hojas del café.

(Acuña, 2016)

#### e. Los insectos

En la India se encontraron insectos de las especies *Euphysothrips subramanii* y *Scirtothrips bispinosus* que se alimentaban de pústulas de roya y que llevaban un número elevado de esporas en sus cuerpos. En Kenya se encontró que las larvas de dos especies de dípteros (Cecidomyiidae) *Lestodiplosis sp.* Y *Mycodiplosis sp.* se comían las esporas, bajo condiciones de laboratorio, se encontró que tales insectos llevaban hasta 289 esporas, con un promedio de 37 cada uno (Gómez G. C., 2018).

De acuerdo con estos señalamientos, los insectos tendrían un papel suplementario con la dispersión que podría llegar a ser importante a nivel de hojas, árboles e incluso plantaciones completas, pero sería irrelevante en la dispersión a largas distancias. Además, la mayoría de las especies de insectos son muy poco móviles. En Brasil se han encontrado uredósporas de *H. vastatrix* adheridas al cuerpo de *Drosophila sp.*; este insecto es muy abundante cuando los frutos del café están maduros. También se ha indicado al minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) como posible vector de la roya (Subero, 2017).

#### f. Otro medio de diseminación

Un sólo contacto de ropa o brazos del personal que trabaja en cafetales basta para permitir que una gran cantidad de uredosporas queden adheridas en el envés de hojas sanas, lo que indica la posibilidad de dispersión de *H. vastatrix* incluso después de un leve contacto de hojas infectadas con ropa o piel del personal, lo cual constituye un peligro de la extensión de la enfermedad. También se ha indicado que los sacos de café pueden ser ocasionalmente vehículos de las esporas de la roya (Subero, 2017).

### 7. Factores que afectan el desarrollo de la enfermedad

Una enfermedad de carácter epidémico, como es el caso de la roya del cafeto, está afectada con factores bióticos (condiciones del hospedante y del patógeno) y factores abióticos (ambiente), los cuales se describen a continuación:

#### a. Factores bióticos

##### 1) Genética

En las variedades que poseen genes específicos de resistencia, cuando son infectadas por la raza del hongo compatible, se crea una zona de tumefacción, que evita el avance del micelio. En estas variedades no se presenta esporulación y por lo tanto el proceso de reproducción se interrumpe, reduciendo el inóculo potencial. En variedades de café con resistencia incompleta (horizontal), el patógeno se establece, pero el número de lesiones es menor, el período de la latencia es más prolongado, o la cantidad de esporas producidas por lesión es menor que en una variedad susceptible (Estrada, 2012).

Además de los factores genéticos, existen otros que inciden en la mayor o menor infección en poblaciones de plantas, tales como la cantidad de follaje, la producción y edad de la hoja. La alta densidad de plantaciones de café constituido por la especie *Coffea arabica* favorece la epidemia de roya. Las condiciones de alta densidad de hojas debido al crecimiento vegetativo ocurrido después del inicio de las lluvias y la producción de los cafetos son algunos de los factores que predisponen a los cafetos a la incidencia a la enfermedad. En cuanto la relación de producción de café y el apareamiento de la enfermedad se menciona que cuando existe mayor producción hay mayor presencia de la enfermedad. Otra relación considerada sería el distanciamiento entre plantas e hileras (Estrada, 2012).

## 2) Edad de la Hoja

La edad fenológica de una hoja influye en los componentes de la resistencia como son: tasa de infección y en los períodos de incubación o latencia. Este comportamiento diferencial se ha explicado en parte por: aumento en el espesor de la pared celular, el proceso de significación, el aumento de la presión osmótica y la acumulación de sustancias como fenoles y enzimas. Se ha encontrado que, en hojas de café de diferentes edades inoculadas, la esporulación ocurría más temprano y era más abundante cuando se empleaban hojas jóvenes, igualmente se podía detectar presencia de micelio en las hojas dentro de un lapso de 3 a 4 días después de la inoculación. La germinación de las uredósporas sobre hojas jóvenes es 2 a 4 veces más alta que sobre hojas adultas. La producción de uredósporas es más rápida en hojas jóvenes (20 a 22 días), que en hojas adultas (25 a 28 días); en hojas viejas las lesiones se forman entre 30 y 35 días.

### b. Factores abióticos

La incidencia y aparición de la roya del cafeto, se ve afectada por distintas condiciones ambientales, teniendo rangos óptimos y niveles ambientales de inhibición de la enfermedad (Estrada, 2012).

## 1) Efecto de la temperatura

La temperatura afecta el desarrollo epidémico de la roya del cafeto debido a su acción directa sobre el proceso de germinación e infección del hongo, y una vez establecido éste sobre el período de incubación y latencia. Temperaturas por debajo del óptimo 22-24 °C tienden a inhibir el crecimiento del hongo, prolongando el tiempo de germinación de las uredosporas, la formación de apresorios, la penetración y colonización del hospedante, haciendo más largo el ciclo epidémico de la roya. Temperatura por encima del óptimo, alteran el metabolismo y disminuyen el poder germinativo (Estrada, 2012).

## 2) Efecto de la luz

De acuerdo con los estudios de la biología de *H. vastatrix*, la luz es un factor determinante para la germinación de las uredosporas, para el inicio del proceso infectivo y para la sobrevivencia o viabilidad de las esporas producidas (Estrada, 2012).

La luz tiene un efecto negativo sobre la germinación de las uredósporas del hongo. La ausencia de luz estimula la germinación y el crecimiento del tubo germinativo. Intensidad lumínica superior a 2,5 bujías/pie reducen gradualmente el desarrollo de las lesiones y de la germinación, sin embargo, ésta aún se realiza bajo una intensidad de 10 bujías/pie. La duración del período de oscuridad para obtener un máximo de germinación es de cuatro horas, siendo en cambio necesario nueve horas para un máximo de infección (Subero, 2017).

## 3) Efecto de la humedad

La disponibilidad de agua es otro factor que influye sobre el desarrollo de la enfermedad a través de su acción sobre el desarrollo de la planta de café. La formación del follaje, el crecimiento de las ramas, la floración y la maduración de los frutos está estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua para la planta. A su vez el desarrollo de la planta, principalmente la cantidad de hojas está relacionada con la mayor o menor intensidad de la enfermedad, en función de la cantidad de tejido susceptible y disponible a la infección (Estrada, 2012).

La germinación de las uredósporas de la roya ocurre a los 24°C aproximadamente, siendo indispensable el contacto con agua en estado líquido. La humedad relativa en el aire de 95 y 98% son inadecuadas para estimular la germinación. Aún en atmósfera saturada, la germinación no tiene lugar cuando no hay agua líquida en contacto con las esporas (Subero, 2017).

## 8. Manejo de la roya del café

### a. Control cultural

Se recomienda mantener un buen programa nutricional y reducir la sombra excesiva con el fin de evitar rangos de temperatura favorables para el desarrollo de plagas o enfermedades, lo cual también reducirá la humedad relativa y adicionalmente estimulará el incremento de área foliar y la vida media de las hojas. Así mismo, evitar densidades de plantación altas (superior a 10,000 plantas/ha) para impedir la proliferación de múltiples chupones que induzcan auto sombreo (SENASICA, 2016).

## b. Control genético

Se ha reportado que la variedad "Catimor" presenta resistencia a la roya del café, la cual responde bajo alta presión de inóculo manteniendo un nivel de infección menor al 15% (SENASICA, 2016).

La existencia de la resistencia a la roya del café en especies silvestres de *Coffea* se ha conocido durante algún tiempo. Hasta ahora, nueve genes de resistencia se han identificado, en su mayoría derivados de *C. canephora* y *C. liberica*. Uno de los retos para los mejoradores es combinar la resistencia de la roya con buenas características agronómicas y buena calidad de café. El siguiente reto es utilizar estos genes de resistencia de tal manera que su resistencia no se rompa inmediatamente por nuevas razas de *H. vastatrix* (Ordóñez, 2016).

## c. Control químico

La base racional para el manejo químico de la roya del café es el aspecto fenológico de la planta, para entender el período de mayor susceptibilidad e impacto en el manejo (SENASICA, 2016).

Para variedades susceptibles y en ambientes favorables para el hongo, el uso de fungicidas es una herramienta importante en el manejo de las epidemias de la roya del café. Al decidir cuándo y qué fumigar, cualquier aplicación de fungicida dado tiene que ser considerado como una inversión a largo plazo, con efectos no sólo en la temporada actual, pero en futuras temporadas también. Mantener bajos niveles de inóculo hacia el final de la temporada lluviosa va a tener un impacto importante en la reducción del nivel de infección en el inicio de la próxima temporada de lluvias. La prevención de la defoliación en esta temporada evitará pérdidas de rendimiento la próxima temporada y mantendrá el vigor de la planta en el futuro (Ordóñez, 2016).

Fungicidas que contienen cobre son muy eficaces en el control de la roya del café, pues tiene un "efecto tónico" en plantas de café, es decir, aumenta los rendimientos independientemente de su efecto en el control de la roya. Una desventaja del uso de fungicidas con cobre es que deben estar presentes en las hojas antes de que la infección ocurra. Otra desventaja, aparte del costo, es que el cobre se acumula en el suelo, particularmente en la materia orgánica, y puede alcanzar niveles tóxicos para las plantas y para otros organismos en el medio ambiente. Para reducir la cantidad de cobre utilizado, fungicidas que contienen cobre se pueden alternar con fungicidas orgánicos sistémicos, se pueden hacer una o dos aplicaciones de cobre al comienzo de la temporada, seguido de una u ocasionalmente dos fumigaciones de un sistémico al final de la temporada para detener el desarrollo de las lesiones de roya (Ordóñez, 2016).

Los fungicidas de ditiocarbamato (orgánicos, de protección) son eficaces para el control de la roya del café y también a veces tienen un efecto tónico, pero sus residuos no se adhieren

tanto como los de los fungicidas protectores con cobre, o fungicidas sistémicos bajo fuertes lluvias que se dan en muchas de las regiones productoras de café. El momento de las aplicaciones y la cobertura son importantes. Como regla general, los intervalos entre las fumigaciones deben ser de menos de 21 días para asegurar cobertura del tejido nuevo. Existen modelos de pronóstico para aplicación de fungicidas de acuerdo con la temperatura y las precipitaciones. Dado que la infección se produce en el envés de las hojas, las aplicaciones deben ser dirigidas hacia arriba para cubrir la superficie inferior de la hoja (Ordóñez, 2016).

Para el caso de Guatemala, el mayor incremento de la enfermedad se observa en los meses correspondientes al desarrollo y maduración del fruto, así como la época de cosecha. Para el siguiente año durante el período de marzo abril se presentó un descenso de la enfermedad por condiciones de clima adverso al hongo, caída de hojas durante la cosecha, vientos de la estación seca y defoliación por la enfermedad. El momento oportuno para empezar con la aplicación de fungicidas es previo al inicio de la estación de lluvias. Por lo anterior, en Guatemala se realizan aplicaciones con productos sistémicos para reducir o eliminar las primeras infecciones latentes, en la fase de floración y formación de fruto, luego aplican productos de contacto en formación de frutos (SENASICA, 2016).

## 9. Importancia económica de la roya del café en Guatemala

La roya del café es la enfermedad de mayor importancia económica del café en el mundo, y en valor monetario, el café es el producto agrícola más importante en el comercio internacional. Incluso una pequeña reducción en la producción de café o un modesto aumento en la producción por costos causados por la roya tiene un gran impacto en los productores de café, en los servicios de apoyo, e incluso en los sistemas bancarios de los países cuyas economías absolutamente dependen de las exportaciones de café (Ordóñez, 2016).

La roya del café causa defoliación prematura, lo que reduce la capacidad fotosintética, debilita el árbol y disminuye el rendimiento de la próxima temporada. Dependiendo del clima en la temporada actual, el rendimiento y el nivel de infección de la temporada anterior, los rendimientos pueden variar hasta 10 veces más de una temporada a la siguiente. Las infecciones graves pueden resultar en la muerte regresiva de ramas jóvenes e incluso puede matar a los árboles (Ordóñez, 2016).

### a. Datos y cifras de la Caficultura Nacional en Guatemala:

El área cultivada con café es de 276,000 hectáreas, distribuida en 204 municipios de un total de 334 (61% de los municipios con café). Dicha actividad la realizan 90,000 productores, donde el aporte a la producción por tipo de productor es la siguiente: (PMH-CEG, 2013)

- Pequeños productores 45%
- Medianos productores 47%
- Grandes productores 8%

Tabla 6 Cifras de la caficultura nacional

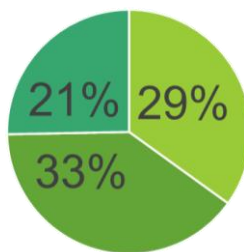
276,000 hectáreas	Área de cultivo de café en Guatemala
2.5 %	Del país es el área que abarca el cultivo de café en Guatemala
En 204 de 334 municipios, en 20 municipios	Se cultiva el café en Guatemala. Representa el 61% del total de municipios
90,000	Son los productores de café en Guatemala, entre pequeños, medianos y grandes.

(PMH-CEG, 2013)

#### b. Situación, datos y cifras de la roya en Guatemala

Desde el año 2010 se empezaron a observar ataques esporádicos de roya en zonas altas de 1,300 a 1,600 msnm (4,300 a 5,250 pies), pero fue más intenso en el período 2011-2012, donde regiones más amplias tuvieron altas infecciones de roya con reducciones significativas en la producción del café. Este fue el caso de Acatenango, Yepocapa, Palín, Alotenango y Barberena. La situación del año 2012 ha sido más crítica por el incremento del área afectada por la roya, estimada en 193,200 hectáreas, que representa el 70% de la caficultura nacional (PMH-CEG, 2013).

Según Promecafe en Guatemala las áreas de mayor severidad en términos de afectación de roya de café para noviembre de 2016 fueron: la Región II (Suchitepéquez, Retalhuleu y Sololá), con una severidad del 29% y una defoliación del 47%; la Región VI (Alta Verapaz, Baja Verapaz y El Estor, Izabal), con una severidad del 33% y una defoliación del 39%; y la Región VII (Zacapa y Chiquimula), con severidad de 21% y una defoliación del 53%. La defoliación figura como uno de los indicadores principales de presencia de roya, aunque hay otros factores que inciden en la defoliación como la influencia climática y otras plagas y enfermedades (Promecafe, 2017).



- Región II (Suchitepéquez, Retalhuleu y Sololá)
- Región VI (Alta, Baja Verapaz y Estor Izabal)
- Región VII (Zacapa y Chiquimula)

Gráfica 2 Severidad de roya en Guatemala en noviembre 2016 (Promecafe, 2017).

El Centro de Investigaciones en Café -Cedicafé- de Anacafé, por medio del programa de monitoreo y vigilancia de la roya del café, en el mes de diciembre 2018 indica que el promedio de incidencia a nivel nacional fue de 19.3% y al finalizar el mes de enero 2019, el promedio fue de 27.6% (CEDICAFÉ, 2019).



Gráfica 3 Incidencia de roya promedio nacional  
(CEDICAFÉ, 2019).

La experiencia ha demostrado que durante la época de cosecha la roya alcanza sus valores máximos de daño. Sin embargo, se aprecia que, en el mes de enero 2019 comparado con enero 2018, la incidencia es mayor. De manera general, se ha observado que los bajos precios del café han influido en la baja ejecución de prácticas agronómicas indispensables para el buen desarrollo del café, repercutiendo también en incrementos de la incidencia de la enfermedad (CEDICAFÉ, 2019).

c. Pérdidas actuales y proyectadas en el café, como producto de la roya en Guatemala

Guatemala es el país más afectado en la región centroamericana por el hongo que defolia la planta y seca el grano del café. Guatemala ha visto desvanecerse alrededor de 372 millones de dólares por los efectos de la roya, que ha llevado al Gobierno de Guatemala a declarar en enero 2013, una emergencia fitosanitaria mediante el Acuerdo Ministerial número 11-2013 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- (PMH-CEG, 2013).

Respecto al impacto que ha tenido la roya en las plantaciones de café de la región centroamericana, Guatemala es uno de los países que registra las mayores pérdidas en los

últimos años. En relación al tema, la Asociación Nacional del Café (Anacafé) estima que entre los años 2013 y 2017 el país dejó de percibir cerca de \$543 millones (CentralAmérica, 2018).

#### d. Impacto socioeconómico

ANACAFÉ, indica que la cosecha 2011-2012 generó 987 millones de dólares en concepto de divisas, y 73.1 millones de jornales. Señala además que con la reducción del 15% prevista en la cosecha 2012-2013 por la roya, se dejarán de percibir unos 372 millones de dólares en concepto de remesas, 10.3 millones de jornales y 71,527 empleos (PMH-CEG, 2013).

La presencia de roya en más de la mitad del parque cafetalero, la falta de financiamiento para renovar plantaciones y los bajos precios internacionales del grano resultaron en una reducción en la producción y en el valor exportado, por segundo ciclo consecutivo. El total de la producción de café durante la cosecha 2015-2016 llegó a 3.9 millones de quintales, equivalentes a US\$700 millones en divisas, según el último reporte del Departamento de Comercialización de ANACAFÉ (CentralAmérica, 2016).

En el año 2017 el área de Huehuetenango, Chiquimula, Chimaltenango y San Rosa ha sido severamente afectada por la roya. Como resultado de los impactos del cambio climático en América Central, al menos 75.000 empleos se han perdido como consecuencia de la roya, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Además, el 70% de las plantaciones están afectadas por la enfermedad (Productor Agropecuario , 2017).

## K. Cuantificación de una enfermedad

Al cuantificar una epidemia es importante definir en qué consiste este concepto. Epidemia se define como cualquier cambio en la estructura y función de una población de plantas inducida por la población de un patógeno, los cuales interactúan en una comunidad e influenciadas por el ambiente. La cuantificación de una enfermedad se realiza principalmente a partir de 2 parámetros que son incidencia y severidad (Estrada, 2012).

### 1. Incidencia

Se define como el porcentaje o proporción de plantas u órganos enfermos en una muestra o población, independientemente del grado de severidad. En otras palabras, se cuentan individuos enfermos sin considerar la intensidad de los síntomas de la enfermedad evaluada. En la práctica la incidencia se determina por medio del conteo de las unidades enfermas versus las sanas en una muestra determinada (Estrada, 2012).

### 2. Severidad

Se define como el porcentaje o proporción del tejido u órgano del hospedante con síntomas de la enfermedad. La severidad resulta de integrar el número y tamaño de lesiones.

Existen diversos métodos automatizados para medir la intensidad de una enfermedad como sistemas remotos o sistemas visuales. Entre los sistemas visuales más utilizados están: escalas de severidad y diagramas de severidad (Estrada, 2012).

### 3. Sistemas visuales de medición de severidad

#### a. Escala de severidad

Una escala de severidad se define por una serie de clases, que contienen intervalos hasta un máximo de severidad posible para una determinada enfermedad. Una escala debe tener suficientes clases para proporcionar una resolución adecuada para diferenciar grados de severidad (Estrada, 2012).

#### b. Diagramas de severidad

Un diagrama de severidad es una representación pictórica de ciertos grados de severidad, los cuales pueden ser establecidos de diferentes formas dando lugar a diagramas de severidad o escalas arbitrarias. Dichos grados de severidad pueden corresponder a intervalos o clases de una escala de severidad, por lo que en la práctica la mayoría de los diagramas de severidad van acompañados de escalas, transformándose en escalas diagramáticas, ya sea arbitrarias, aritméticas o logarítmicas (Estrada, 2012).

## L. Agricultura orgánica

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo, la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables, no utilizar fertilizantes o plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana. La agricultura orgánica involucra mucho más que no usar agroquímicos (FAO, 2018).

Su objetivo es apoyar y reforzar los procesos biológicos sin recurrir al uso de abonos sintéticos o de plaguicidas, ni tampoco a la modificación genética de organismos. Por ende, aplica métodos más bien preventivos para controlar las malezas, plagas o enfermedades (Centro de Comercio Internacional, 2002).

### 1. Biopreparados

Son sustancias y mezclas de origen vegetal, animal o mineral presentes en la naturaleza que tienen propiedades nutritivas para las plantas o repelentes y atrayentes de insectos para la prevención o control de plagas y enfermedades (aunque en algunos casos pueden incorporar productos sintéticos) que protegen o mejoran los sistemas productivos en los que se aplican (FAO, 2011).

## 2. Clasificación de los biopreparados

Pueden clasificarse atendiendo a diversos criterios siendo los más comunes:

Tabla 7 Clasificación de los biopreparados

FORMA DE ACCIÓN	FORMA DE PREPARACIÓN
Bioestimulante / bioenraizador	Extracto
Biofertilizante biofunguicida	Infusión
Bionsecticida / biorepelente	Decocción
	Purín
	Macerado
	Caldo

(FAO, 2011)

### a. Bioestimulante / Enraizador

Se preparan a base de vegetales que poseen sustancias que ayudan y promueven el desarrollo de las distintas partes de las plantas, fundamentalmente, en sus primeros estadios. Actúan aportando un suplemento alimenticio; facilitando la absorción y el traslado de nutrientes; estimulando una mayor y rápida formación de raíces. Se utilizan en la reproducción de plantas por esquejes y estacas (FAO, 2011).

### b. Biofertilizantes.

Son el resultado de la descomposición o fermentación (mediante la acción de microorganismos) de materia orgánica disuelta en agua, transformando elementos que no podrían ser aprovechados directamente por las plantas en sustancias fácilmente asimilables por las mismas. Un buen ejemplo es el estiércol o los minerales. Promueven una mejor nutrición de la planta y, a partir de la misma, su resistencia a los ataques de insectos o enfermedades (FAO, 2011).

### c. Biofungicidas.

Se preparan con elementos minerales o partes de vegetales que poseen propiedades para impedir el crecimiento o eliminar los hongos y mohos que provocan enfermedades en las plantas. Se aplican mediante rociado, pulverizado o remojado, en el caso de las semillas. El tratamiento puede realizarse de manera preventiva con el fin de proteger a la planta antes que se enferme o curativa cuando se presentan los primeros síntomas (FAO, 2011).

### d. Bioinsecticida / Biorepelente.

Los Bioinsecticidas se preparan a base de sustancias naturales con propiedades reguladoras, de control o de eliminación manteniendo a los insectos considerados plagas, alejados de las plantas o cultivos. Se extraen de alguna planta, de los propios insectos o pueden

ser de origen mineral. Trabajan provocando un estado de confusión en los insectos que, naturalmente, se guían por olores que los orientan a la planta que los alimenta (FAO, 2011).

e. Extractos.

Se elaboran extrayendo el líquido a las flores con propiedades insecticidas, repelentes de insectos o controladoras de enfermedades, mediante prensado. Se utilizan flores frescas, en lo posible recién abiertas. Se cortan, humectan, empastan con la ayuda de algún mezclador y se le extrae el líquido (FAO, 2011).

f. Infusiones.

Se preparan de la misma forma en la que se prepara un mate o un té de hierbas, sumergiendo en agua hirviendo las partes tiernas de las plantas como flores y hojas para extraer sus sustancias activas (FAO, 2011).

g. Purín.

Dependiendo de la forma como se preparan pueden ser de fermentación o en fermentación.

1. Purines de fermentación

Se preparan a partir de estiércoles, plantas, hierbas o restos vegetales que pueden ser enriquecidos con algún compuesto mineral como por ejemplo cenizas. Los purines aportan enzimas, aminoácidos al suelo y a las plantas, aumentando la diversidad y disponibilidad de nutrientes. También aportan microbios que actúan transformando la materia orgánica del suelo en nutrientes para las plantas (FAO, 2011).

2. Purines en fermentación

Se preparan sumergiéndolas en agua por el término de cuatro a siete días. Si dejamos el preparado al sol ayudaremos a su descomposición. En este período comienzan a actuar hongos, bacterias y levaduras que desprenden enzimas, aminoácidos y nutrientes que son utilizados por las plantas (FAO, 2011).

a. Macerado.

Pueden prepararse con plantas o insectos. Los macerados elaborados a partir de plantas pueden utilizar plantas frescas o secas colocadas en agua durante no más de 3 días cuidando que no fermenten. Por su parte, los macerados elaborados a partir de insectos se basan en el principio de inoculación de enfermedades. En este caso, el insumo o ingrediente es el insecto que causa el problema. El proceso de fermentación actuará como caldo de cultivo de las enfermedades o parásitos que posee el mismo y se utiliza para controlar plagas de la misma especie con la que se elabora el preparado (FAO, 2011).

## b. Caldos.

En la agricultura ecológica se ha utilizado esta denominación principalmente para referirse a los caldos minerales. Es la forma de diluir en agua compuestos o elementos minerales, de manera de hacerlos solubles y aprovechables por las plantas. En su mayor parte poseen propiedades para actuar en el manejo de enfermedades transmitidas por hongos. El más conocido es el Caldo Bordalés (FAO, 2011).

## M. Árbol de encino (*Quercus spp.*)

### 1. Generalidades del árbol de encino (*Quercus spp.*)

*Quercus spp.* es una especie arbórea que pertenece a la familia Fagaceae. Nativa de Norteamérica desde el sur de los EE. UU. hasta el norte de México, habita en bosques de coníferas entre los 1.000-3.000 msnm. Los encinos son árboles y arbustos de hojas anchas perennifolias o semicaducifolias, ya que bajo ciertas condiciones eliminan parcialmente su follaje. Se caracteriza por las hojas elípticas, obovadas, de márgenes dentados, ásperas y rígidas, frecuentemente cóncavas por la parte inferior; con inflorescencias espigadas que tras ser fecundadas desarrollan un fruto particular del género denominado bellota. Esta especie forma parte de la biodiversidad de inmensos bosques en zonas templadas del hemisferio norte, siendo un elemento fundamental de los ecosistemas de bosque templando en las montañas mesoamericanas de México y Guatemala (Chacón, 2019).

### 2. Morfología

El encino es un árbol perennifolio a veces caducifolio que llega a medir desde 3-8 m hasta 30 m de altura. El sistema radicular es del tipo pivotante profundo. El tronco alcanza un diámetro de 30-50 cm hasta 1,5 m en plantas mayores. La corteza de *Quercus* es de color castaño oscuro con grietas profundas que forman escamas gruesas, se caracteriza por tener hojas perennes o de hojas caducas. La mayoría de las veces estas hojas son lobuladas y de consistencia coriácea, aunque también encontramos otras hojas mucho más tiernas y delgadas. Por la densidad de su follaje, los robles son árboles considerados de buena sombra, la cual aprovechan no solamente los humanos sino una cantidad muy grande de animales de bosque. Las flores son simples y unisexuales. El fruto es una bellota ovoide solitaria o en grupo de 2-3 unidades, de 15-25 mm de largo por 8-12 mm de diámetro. (Chacón, 2019).



Ilustración 10 Hojas del árbol de encino *Quercus spp*  
(Naturalista, 2017)

### 3. Taxonomía del árbol de encino

Tabla 8 Clasificación taxonómica del árbol de encino

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Fagaceae
Género	<i>Quercus</i>
Especie	<i>Quercus spp.</i>

(Chacón, 2019)

### 4. Composición química

La corteza del encino contiene del 8 al 20% de taninos, tanto condensados (proantocianidinas) como hidrolizables, principalmente elagitaninos. Entre estos últimos se encuentran castalagina, roburina E y grandinina, así como dímeros de estos últimos (roburinas A, D, B, y C). Otros componentes son: sitosterol, resinas, pectinas, floroglucina y flavonoides (quercitrósido) (PORTILLO A. , 2001).

## N. Metabolitos secundarios

Las plantas destinan una cantidad significativa del carbono asimilado y de la energía, a la síntesis de una amplia variedad de moléculas orgánicas que no tienen una función directa en procesos fotosintéticos, respiratorios, asimilación de nutrientes, transporte de solutos o síntesis de proteínas, carbohidratos o lípidos, y que se denominan metabolitos secundarios (Sierra, 2018).

Los metabolitos secundarios se agrupan en cuatro clases principales:

- Terpenos: Entre los que se encuentran hormonas, pigmentos o aceites esenciales.
- Compuestos fenólicos: cumarinas, flavonoides, lignina y taninos.
- Glicósicos: saponinas, glicósidos y glucosinolatos.
- Alcaloides.

Los metabolitos secundarios, al igual que las armas, son muy diversos y reciben los siguientes nombres: volátiles, que son gases con olores desagradables; terpenos, que dan un sabor amargo a la planta; alcaloides, que alteran el sistema nervioso y cardiovascular del depredador, y muchos más que son tóxicos (Viveros, 2012).

A continuación, se describen los grupos que conforman estos compuestos:

- Flavonoides
- Taninos
- Terpenoides y esteroides.
- Compuestos de azufre
- Alcaloides
- Aminoácidos no proteicos.

### 1. Compuestos fenólicos

Los fenoles o compuestos fenólicos son compuestos orgánicos cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo fenol, un anillo aromático unido al menos a un grupo funcional hidroxilo. Desde el punto de vista de la estructura química, son un grupo muy diverso que comprende desde moléculas sencillas como los ácidos fenólicos hasta polímeros complejos como los taninos y la lignina. En el grupo también se encuentran pigmentos flavonoides. Muchos de estos productos están implicados en las interacciones planta-herbívoro (Sierra, 2018).

Los compuestos fenólicos de las plantas son biosintetizados en diferentes rutas, existen dos básicas implicadas: la ruta del ácido shikímico es responsable de la biosíntesis de la mayoría de los fenoles en las plantas, y la vía del ácido malónico que, aunque es una fuente importante de fenoles en hongos y bacterias, es poco empleada en plantas superiores (Sierra, 2018).

## a. Taninos

El tanino es una subdivisión del polifenol, sustancia química que se encuentra en plantas, semillas, corteza, madera, hojas y pieles de frutas. Aproximadamente del 50% del peso de las hojas (secas) de una planta son taninos (Mora J. , 2013).

Son compuestos muy tóxicos para una amplia variedad de insectos; este hecho, aunado a que la síntesis de dichos compuestos aumenta en las plantas sometidas a estrés, ha sido el causante de que se les relacione con una estrategia de defensa en muchas plantas. Los taninos que hay en las frutas inmaduras producen una sensación de resequeidad en la boca (efecto astringente) debido a la interacción de estos compuestos con las proteínas de la saliva, lo que sin duda ahuyenta a cualquier depredador y ayuda a la planta a completar su ciclo de vida. Recientemente se ha encontrado que, en ciertas dosis, los taninos pueden ayudar a reducir las enfermedades cardiacas y el cáncer. Por esa razón se dice que el vino, en cantidades moderadas, puede ser benéfico para la salud ya que tiene un gran contenido de taninos, especialmente el vino tinto (Viveros, 2012).

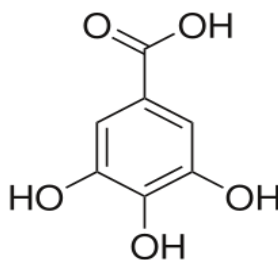


Ilustración 11 Estructura básica de los taninos  
(Flores, 2017).

### 1. Clasificación de los taninos

Su fórmula es  $C_{14}H_{14}O_{11}$ , considerada en algunos libros como la del tanino común, es solo aproximada, ya que son polímeros complejos. Hay dos categorías de taninos, clasificados basándose en su vía de biosíntesis y sus propiedades químicas: los taninos condensados y los taninos hidrolizables.

### 2. Estructura general de los taninos

Los taninos pueden clasificarse como hidrolizables, que son polímeros heterogéneos constando su estructura de un azúcar unido a ácidos fenólicos (ácido gálico). Se hidrolizan tanto en condiciones ácidas como básicas. Son característicos de las dicotiledóneas y la mayoría tiene una masa molecular entre 600 y 3000. (Manzo, 2016).

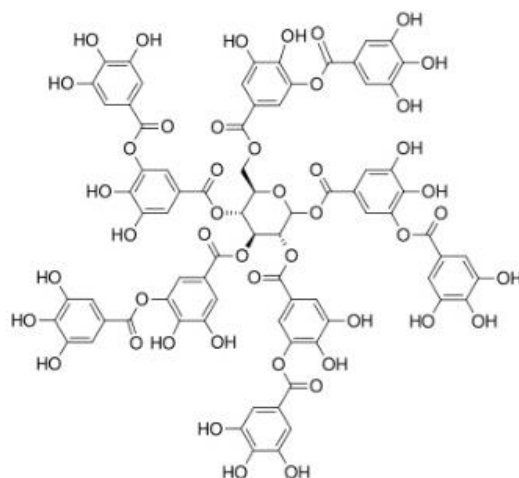


Ilustración 12 Estructura química de los taninos hidrolizables  
(Manzo, 2016)

El segundo grupo de taninos es el de los condensados llamados también proantocianidinas, son polímeros de un flavonoide llamado antocianidina. Es común encontrarlos en la madera de plantas leñosas, además de encontrarse en las dicotiledóneas y se producen también en helechos o gimnospermas (Manzo, 2016).

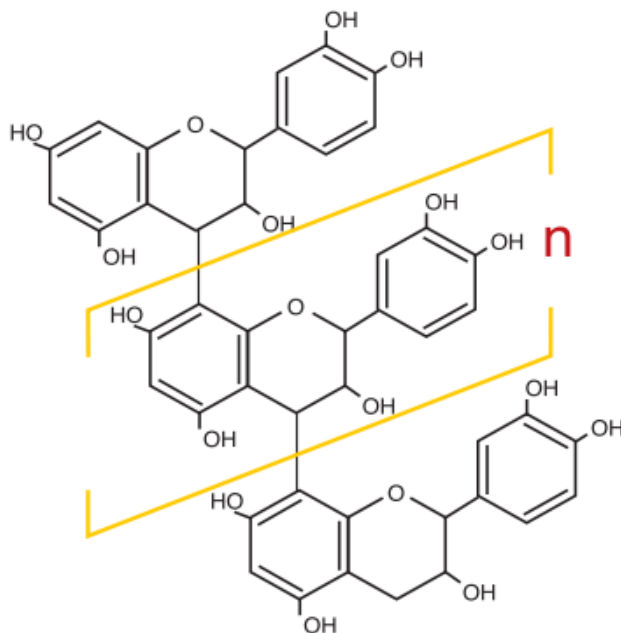


Ilustración 13 Estructura química de los taninos condensados  
(Neira, 2006)

Tabla 9 Principales características de los taninos en relación con su origen botánico

<b>Especie</b>	<b>Material vegetal</b>	<b>Porcentaje p/p extraíble</b>	<b>Solvente extracción</b>	<b>Naturaleza tanino</b>
<i>Rhus semialata</i>	Agalla	80	EtOH/EtOEt	Gálico
<i>Terminalia chebula</i>	Fruto	40	EtOH/H <sub>2</sub> O	Gálico/elágico
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Fruto	40	EtOH/H <sub>2</sub> O	Gálico
<i>Quercus infectoria</i>	Agalla	45	EtOH/EtOEt	Gálico
<i>Quercus robur</i>	Madera	10	H <sub>2</sub> O	Elágico
<i>Quercus petraea</i>	Madera	10	H <sub>2</sub> O	Elágico
<i>Castanea sativa</i>	Madera	10	H <sub>2</sub> O	Elágico
<i>Robina pseudoacacia</i>	Agalla	40	EtOEt	Gálico
<i>Vitis vinífera</i>	Fruto	15	H <sub>2</sub> O/SO <sub>2</sub>	Procianidinico

(Álvarez, 2007)

## VI. METODOLOGÍA

### A. Localización del estudio

El estudio se llevó a cabo en las plantaciones de café de la Finca Ecológica Florencia; ubicada en el municipio de Santa Lucia Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez en el kilómetro 35 RN-10 carretera de Antigua Guatemala a Ciudad de Guatemala, siendo sus coordenadas UTM las siguientes 90°40'06" longitud oeste (O) y 14°33'2" latitud norte (N), a una altura aproximada de 1900 metros sobre el nivel del mar. En el lugar se registra una precipitación media anual de 1.224 mm distribuido en los 108 días, en los meses de junio a septiembre. La temperatura media anual es de 19°C su clima se clasifica como Csb por el sistema Köppen-Geiger (CLIMATE-DATA.ORG, 2019). En la Ilustración 14 se puede observar la panorámica satelital de la Finca Ecológica Florencia que cuenta con un área de 3.724,057,42 m<sup>2</sup>.



Ilustración 14 Captura Parque Ecológico Finca Florencia  
(Google Earth)

El objetivo de la investigación fue elaborar un extracto elaborado a partir de la broza del árbol de encino para el control de roya del café. La muestra del extracto de encino se tomó a partir de la fermentación de la broza del árbol de encino (*Quercus spp.*) que posteriormente fueron llevados al Laboratorio de Investigación de Productos Naturales de la Universidad de San Carlos de Guatemala -LIPRONAT- USAC, zona 12 Ciudad de Guatemala. Esta investigación contó con las siguientes fases: elaboración del extracto de encino, análisis del extracto de encino para la cuantificación de taninos en laboratorio, infestación de las plántulas de café con el patógeno de la roya, evaluación del extracto de encino como controlador de roya del café e interpretación de los resultados generados a partir de la aplicación.



Ilustración 15 Árboles y hojas de encino (*Quercus spp.*)



Ilustración 16 Cafetales en Finca Florencia, Santa Lucía Milpas Altas.

## B. Elaboración del extracto de broza del árbol de encino (*Quercus spp.*)

### 1. Materiales

- 1 ½ libras de broza del árbol de encino cortadas.
- 1 cubeta con capacidad de 5 galones.
- 10 litros de agua pluvial.

### 2. Preparación del extracto de encino

El extracto se preparó utilizando broza del árbol de encino procedente del bosque de Finca Florencia, Santa Lucía Milpas Altas. El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera: Se recolectaron 680.385 g de broza del árbol de encino y se procedió a agregarlo a una cubeta, se aprovechó el agua pluvial de la zona durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, inmediatamente se le agregaron 10 litros de agua pluvial y se dejó fermentar por 10 días.

Es importante recalcar que no se utilizó agua potable o mineral por distintos factores que son los siguientes: El agua que suministra la municipalidad en casa es tratada con productos químicos que sirven para potabilizar y así evitar enfermedades o epidemias, además el agua de pozo suele tener altos contenidos de cal y cloro por lo que estos pueden alterar el proceso de fermentación y consigo el producto es decir el extracto de broza del árbol de encino, por otra parte considerando el factor económico y que la siguiente investigación está orientada para medianos y pequeños productores del cultivo de café no es posible la compra continua de agua desmineralizada, por lo tanto se optó a utilizar agua pluvial por ser considerada agua pura, pero hay que recalcar que no se utilizó el agua de las primeras lluvias que son las que limpian la atmosfera sino que en el mes de septiembre se empezó con la recolección de agua.

La solución final en porcentaje masa (peso)/volumen, fue de 680.385 g de hojas del árbol de encino que aproxima a 681 g de hojas, quedando ( $\frac{681}{10000} * 100 = 6.81\%$ ), siendo 6.81 gramos de hojas/litro. Otros trabajos han reportado el uso de concentrados de extractos vegetales (hasta tres especies), incluyendo encino, de entre el 10 y 20% (Galván, González Díaz, & González Hernández, 2014), por lo que esta concentración, de solamente encino, se consideró apropiada para realizar las primeras evaluaciones de un extracto botánico con base en encino para el control de la roya del cafeto.



Ilustración 17 Recolección de broza de encino (*Quercus spp.*)



Ilustración 18 Elaboración del extracto de encino (*Quercus spp.*).



Ilustración 19 Resultado del proceso de elaboración del extracto.

## C. Toma y traslado de las muestras

### 1. Preparación de las muestras

**1. Filtración** Para obtener las muestras se sometió a una filtración la fermentación para eliminar la parte sólida (hojas de encino) de la parte líquida.

**2. Embotellamiento** Ya teniendo la muestra filtrada se procede a colocarla en una botella plástica estéril con capacidad de 650 ml.

**3. Almacenamiento** La muestra se almacenó en un cuarto con ausencia de luz a una temperatura de 18°C.

La muestra del extracto para el análisis de laboratorio se obtuvo a través del proceso de filtración de la fermentación de la broza del árbol de encino, esto con el fin de eliminar la parte sólida (hojas del árbol de encino) de la parte líquida; la muestra recolectada se colocó en una botella plástica estéril con capacidad de 650 ml. Por último, la muestra fue llevada de manera inmediata al laboratorio -LIPRONAT- esto porque cada muestra no puede pasar más de 48 horas

sin llegar a su área de análisis ya que se altera la viabilidad de la composición química del extracto, perdiendo así su efecto.

## 2. Muestra

Se utilizaron 680.385 gramos de hojas del árbol de encino para la elaboración del extracto. La muestra del extracto se obtuvo a partir de fermentación de las hojas del árbol de encino (*Quercus spp.*), la cantidad de la muestra recolectado fue de 650 ml y se introdujo en una botella plástica estéril posterior a eso se procedió a llevar la muestra al laboratorio -LIPRONAT-.

## D. Características de la investigación

Altitud:	1900 msnm
Variedad de café:	Caturra
Distanciamiento de almácigo:	0.5 m x 0.5 m
Edad de la plantación:	6 meses
Tipo de sombra:	Sarán 60% de sombra

## E. Material de almácigo

### 1. Variedad de café

En la evaluación, se seleccionaron plantas del almácigo de *Coffea arabica* var. Caturra de 6 meses de edad que se encuentran en la Finca Ecológica Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez. Se utilizó la variedad Caturra ya que es una mutación de Bourbon, con una alta producción, una buena calidad y es susceptible a *H. vastatrix*. (ANACAFE, 2019) menciona que la variedad Caturra, es un cafeto de porte bajo, altura promedio de 1.80 metros, de entrenudos cortos, con ramas secundarias abundantes que le da a la planta una apariencia compacta y es susceptible al ataque de la enfermedad de la roya.

## F. Infección de las plantas de café con roya

Las plántulas de café de 6 meses de edad variedad Caturra fueron trasladadas al área donde se encontraba la mayor parte de cafetales infectados hasta un 50% de roya, valor que se cuantificó a partir de la escala de severidad para *Hemileia vastatrix* Filho (2015).



Ilustración 20 *Hemileia vastatrix* en el área foliar del cultivo de café.

La infección se realizó a partir de tres vías: método por transferencia, infección cruzada y recolección de esporas para inoculación, en el método por transferencia, las hojas sanas se frotaron con hojas infectadas (Hsiang *et al.*, 2004), en la infección cruzada se colocaron las plántulas de café variedad Caturra con 6 meses de edad entre plantaciones de café infectadas hasta un 50% con roya, según la escala de severidad de la roya Filho (2015) la forma de establecer las plántulas de café fue 20 a 50 cm entre el dosel de las plantas y por otra parte se recolectaron esporas de *Hemileia vastatrix* agregándolas en tween 80, ya teniendo la mezcla se procedió a raspar con piedra poma las hojas de café en las que se agregó la mezcla para llegar a inocular.



Ilustración 21 Recolección de esporas de roya.



Ilustración 22 Infección de las plantas de café por medio de esporas recolectadas.



Ilustración 23 Proceso de infección cruzada de plantas con roya.

## G. Aplicación del extracto de encino

La solución final en porcentaje masa (peso)/volumen, fue de 680.385 g de hojas del árbol de encino que aproxima a 681 g de hojas, quedando  $(\frac{681}{10000} * 100 = 6.81\%)$ , siendo 6.81 gramos de hojas/litro. Otros trabajos han reportado el uso de concentrados de extractos vegetales (hasta tres especies), incluyendo encino, de entre el 10 y 20% (Galván, González Díaz, & González Hernández, 2014), por lo que esta concentración, de solamente encino, se consideró apropiada para realizar las primeras evaluaciones de un extracto botánico con base en encino para el control de la roya del cafeto.

El extracto elaborado a partir de la fermentación de broza del árbol de encino se realizó con 680.385 gramos de hojas en 10 litros de agua. De la fermentación se extrajo una muestra de 650 ml que fue trasladada a laboratorio la cual tuvo una concentración de 39.59 mg de taninos, por lo que su aplicación quedó a 61 mg de ácido tánico/litro, aplicados con atomizador de 1 litro de capacidad, rociando la planta en el área foliar, empezando desde el envés hacia el haz de las hojas y en la tierra de cada planta.

Para la aplicación del extracto se seleccionaron las plantas de *Coffea arabica* var. Caturra de 6 meses infectadas de roya. Las plantas se asperjaron en grupos de dos plantas con

la dosis del extracto, las aplicaciones que se realizaron fueron a los 15, 10, 5, 1 y cada 7 días a partir de la manifestación de los síntomas iniciales de roya en las plántulas de café. Dentro del grupo de plantas se asignó un tratamiento como testigo, al cual no se le aplicó el extracto.



Ilustración 24 Síntomas iniciales de *Hemileia vastatrix* en las plántulas de café.



Ilustración 25 Aplicación del extracto de encino.

A partir de la observación de los primeros síntomas de roya en las plántulas de café variedad Caturra, se aplicó el extracto de encino en diferente intervalo de días, para evaluar su efecto curativo sobre las variables de severidad e incidencia, fue necesario tomar lecturas a partir del 21 de septiembre hasta el 9 noviembre del 2019, en total se tuvieron 8 lecturas.

## H. Evaluación del extracto de encino

El extracto de encino se evaluó como control curativo. Para la evaluación, las aplicaciones se realizaron en un intervalo de tiempo como se describe en la Tabla 11.

Como variable de medición se empleó el índice de incidencia y severidad de la enfermedad, en la que se tomaron lecturas de hojas cada 7 días a partir del 21 de septiembre hasta el 9 de noviembre del 2019, para obtener un total de 8 lecturas al final de la investigación.

## I. Diseño experimental y distribución de los tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar. Hubo seis tratamientos, repetidos tres veces cada uno. La unidad experimental fue constituida por dos plantas de café en almácigo.

El número total de unidades experimentales incluidas en el experimento fueron:

$$T \times R$$

T= Tratamientos

R= Repeticiones

$6 \times 3 = 18$
-------------------

Se utilizó un área de 101.5 m<sup>2</sup> (0.01015 Ha). En cada tratamiento se tuvo dos plantas con un distanciamiento de 1 metro entre planta, cada tratamiento se replicó tres veces como se representan en la ilustración 26

En el muestreo de hojas para determinar incidencia y severidad de roya se realizaron 8 lecturas tomadas cada siete días a partir del 21 de septiembre hasta el 9 de noviembre del 2019. En cada tratamiento se tomaron las dos plantas de café y de cada una se tomaban todas las hojas de la parte baja, media y alta de la planta para visualizar el daño ocasionado por el hongo. Para determinar incidencia y severidad se utilizó la escala que propone Filho (2015), en el caso de la variable de severidad se utilizó la escala pictórica para comparar la roya con las hojas de las plantas de café que presentaban daño. Para el registro de datos de las lecturas que se realizaron durante el tiempo de muestreo se utilizó el formulario que propone (Promecafé, 2013) el cual se adecuó según lo que se evaluó, como se presenta en la parte de (Anexos Tabla 24)

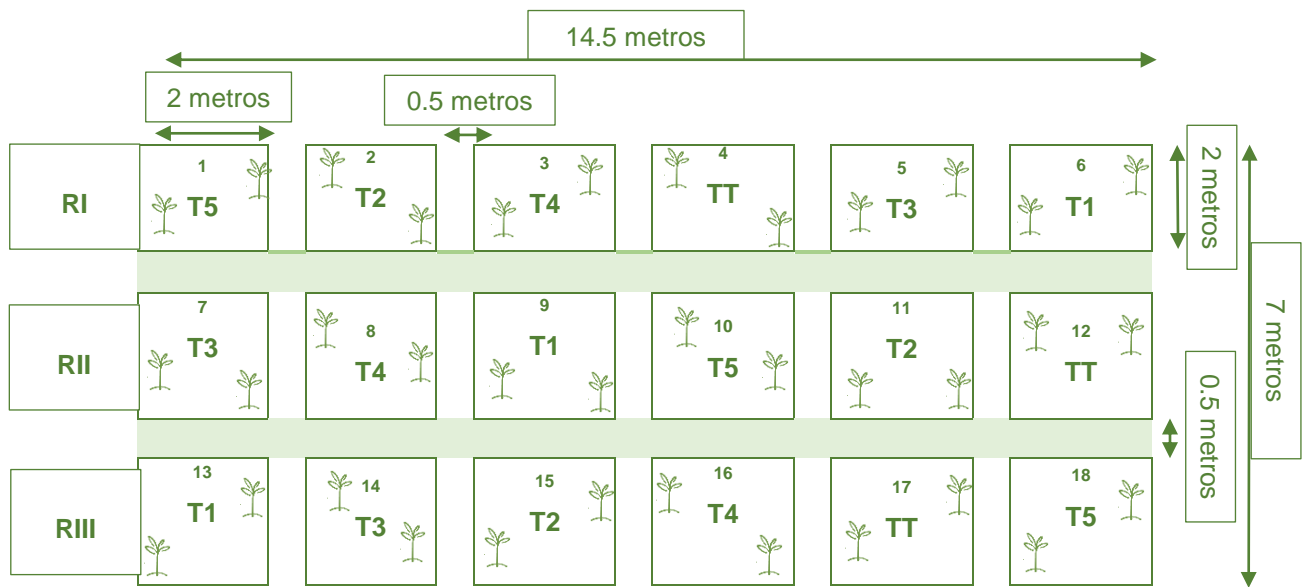


Ilustración 26 Croquis del ensayo.



Ilustración 27 Establecimiento del experimento, en la finca Florencia.

## J. Variables de respuesta

Las variables que se midieron dentro del trabajo de investigación son:

- Incidencia de la roya
- Severidad de la roya

## 1. Incidencia de la roya

Utilizando la fórmula que propone Filho (2015), el porcentaje de incidencia de roya se estimó de la siguiente manera:

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{HOJAS ENFERMAS}}{\text{TOTAL DE HOJAS}} \times 100$$

## 2. Severidad de la roya

Utilizando la fórmula que propone Filho (2015) el porcentaje de severidad de roya se estimó de la siguiente manera:

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

- N0 = # Hojas con valor 0 de la escala.
- N1 = # Hojas con valor 1 de la escala.
- N2 = # Hojas con valor 2 de la escala.
- N3 = # Hojas con valor 3 de la escala.
- N4 = # Hojas con valor 4 de la escala.

El nivel de severidad se estimó según la siguiente escala pictórica:

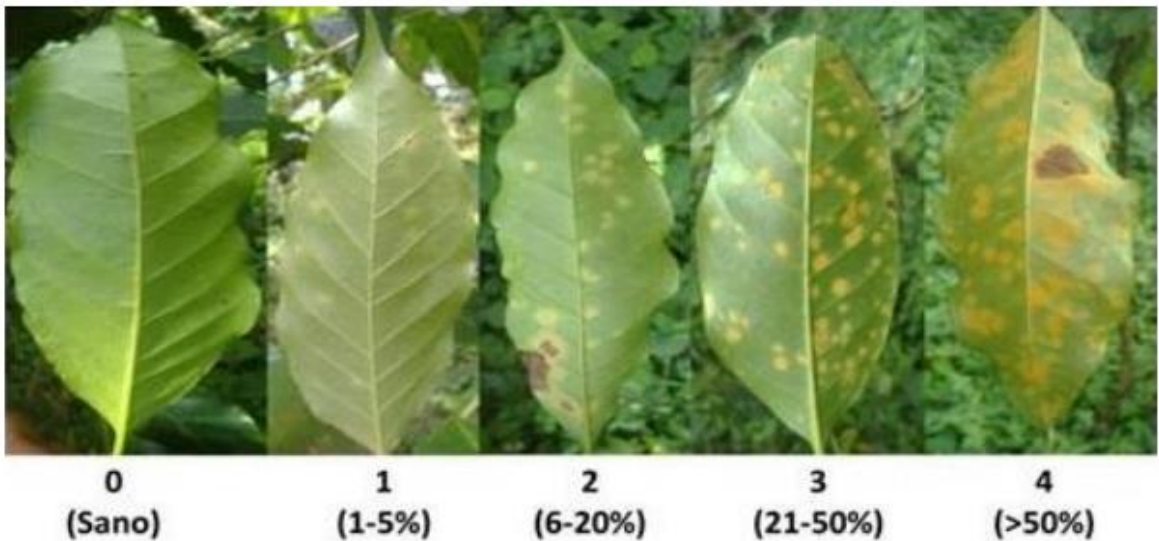


Ilustración 28 Escala pictórica de la severidad en hojas infestadas de roya (Filho, 2015).

El nivel de severidad se estimó con base a la siguiente escala:

Tabla 10 Escala para evaluar severidad en hojas infectadas de roya.

<b>GRADO</b>	<b>HOJA (% DAÑO)</b>
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

(Filho, 2015)

## K. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos consistieron en la aplicación del extracto de encino en diferente intervalo de días, los cuales se aplicaron en los meses de septiembre y octubre. Los tratamientos fueron 6, de los cuales un tratamiento fue testigo absoluto el cual no tuvo ninguna aplicación del extracto. En la Tabla 11 se presenta la descripción de los tratamientos.

Tabla 11 Descripción de los tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>	<b>Ingrediente activo</b>
T1	Sin aplicación	Extracto elaborado con broza del árbol de encino	1 l/ha en un volumen final de agua de 400 litros	61 mg de ácido tánico/litro
T2	15 DDD Aparición de roya			
T3	10 DDD Aparición de roya			
T4	5 DDD Aparición de roya			
T5	1 DDD Aparición de roya			
T6	Cada 7 DDD Aparición de roya			

(DDD Días Después De)

L. Diseño experimental: Bifactorial con un arreglo de bloques completos al azar sin evaluación de la interacción de factores

### M. Modelo estadístico

$$y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde

$y$  = La variable de respuesta en la  $i$ -ésima repetición, para el  $j$ -ésimo tratamiento en la  $k$ -ésima lectura.

$\mu$  = El efecto de la media

$\beta$  = El efecto de las repeticiones donde  $i = 1, 2, 3$

$\tau$  = El efecto de los tratamientos donde  $j = 1, \dots, 6$  (Factor A)

$\gamma$  = El efecto de las lecturas donde  $k = 1, \dots, 8$  (Factor B)

### N. Análisis estadístico

Los datos obtenidos a través de las variables de respuesta fueron sometidos a un análisis de varianza correspondiente al modelo estadístico utilizado.

Al encontrarse diferencias significativas, se analizaron a través de una prueba de Tuckey. En el presente trabajo se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT para el análisis de los datos.

## VII. RESULTADOS

### A. Incidencia de roya

Para determinar los valores de la variable de incidencia fue necesario aplicar la fórmula que describe Filho (2015). Los valores que se encuentran en la Tabla 12 fueron obtenidos a partir de las lecturas realizadas durante el tiempo establecido, de igual forma se muestran las repeticiones y el promedio general de las tres repeticiones. Como se observa en el promedio de incidencia el tratamiento 6 (aplicación del extracto cada siete días) fue el más eficiente por obtener un valor de 17.42% de incidencia siendo este el valor mínimo a comparación de los demás tratamientos.

Tabla 12 Valores promedio de incidencia por cada uno de los tratamientos evaluados.

TRATAMIENTO INCIDENCIA	APLICACIÓN	RI	RII	RIII	PROMEDIO DE INCIDENCIA
1	---	29.35	21.31	22.85	24.51
2	15 DDDAR	19.60	29.20	18.96	22.59
3	10 DDDAR	20.75	19.67	27.58	22.67
4	5 DDDAR	22.87	18.18	21.75	20.93
5	1 DDDAR	19.73	20.82	22.07	20.87
6	Cada 7 DDDAR	15.92	15.88	20.57	17.42

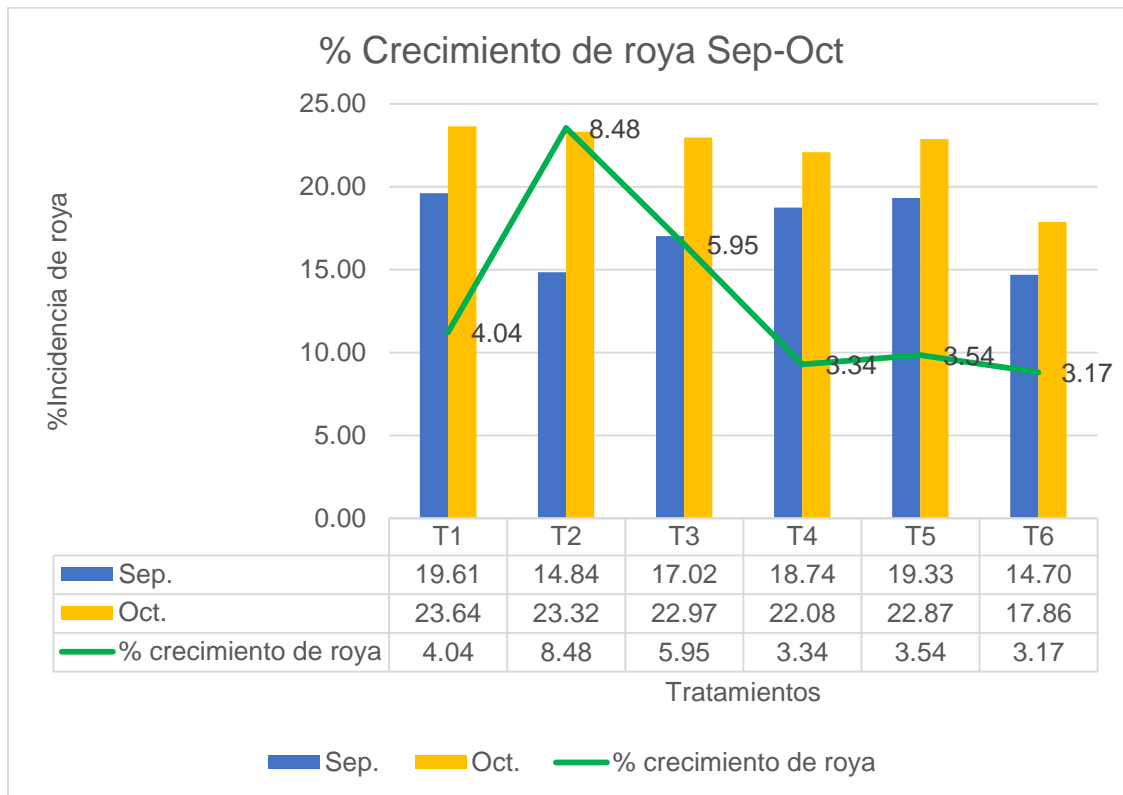
DDDAR (Días Después De Aparecer Roya)

En la Tabla 13 se muestra el promedio de las lecturas y el porcentaje de crecimiento que tuvo el patógeno de la roya durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2019, en este caso se considera el mes de septiembre como punto de partida ya que fue donde se inició con la toma de lecturas e inicio de aplicación del extracto por lo tanto los meses de octubre y noviembre fueron decisivos para conocer el porcentaje de crecimiento que tuvo *Hemilieia vastatrix* en respuesta a la aplicación del extracto de encino.

Tabla 13 Valores promedio de lecturas de incidencia por cada tratamiento durante la evaluación.

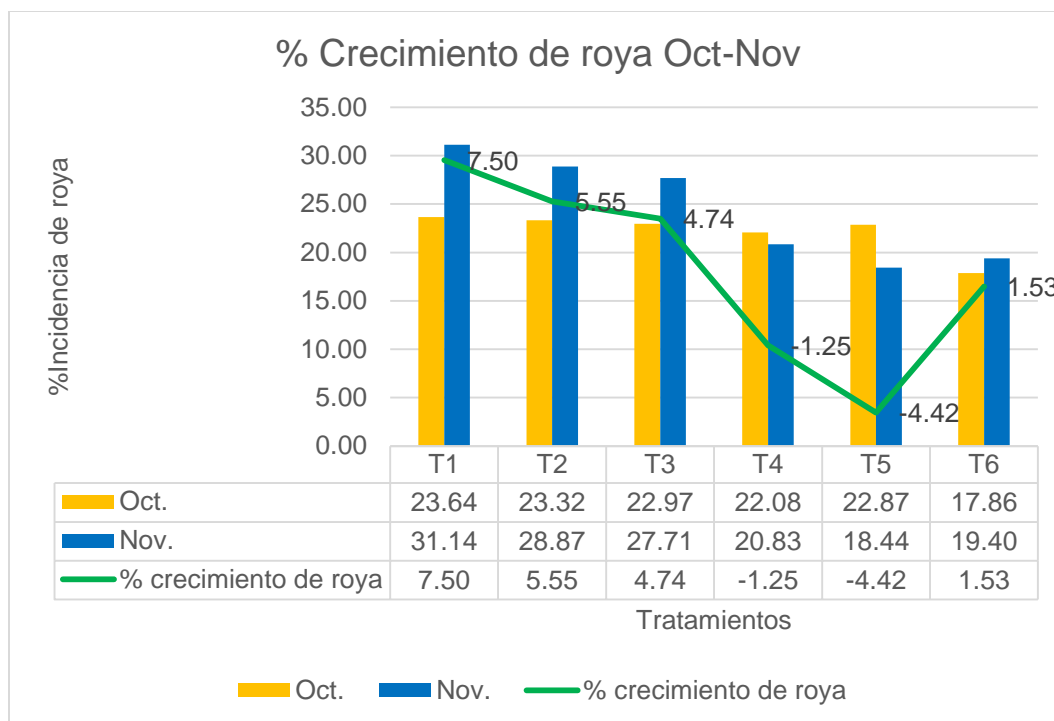
Tratamientos	Sep. %	% crecimiento de roya	Oct. %	% crecimiento de roya	Nov. %
T1	19.61	4.04	23.64	7.50	31.14
T2	14.84	8.48	23.32	5.55	28.87
T3	17.02	5.95	22.97	4.74	27.71
T4	18.74	3.34	22.08	-1.25	20.83
T5	19.33	3.54	22.87	-4.42	18.44
T6	14.70	3.17	17.86	1.53	19.40

En la Gráfica 4 se observa el porcentaje de crecimiento de roya por cada tratamiento durante los meses de septiembre y octubre de 2019; después de la aplicación del extracto de encino, el tratamiento que presentó mayor porcentaje de crecimiento de roya fue el tratamiento 2 (aplicación del extracto 15 días después de aparecer la roya) el cual tuvo un valor de 8.48%, después se presenta el tratamiento 3 (aplicación del extracto 10 días después de aparecer la roya) con un valor de 5.95%. Es importante tomar en cuenta que el mes de septiembre se toma como punto de partida y los valores reflejan como inició la incidencia de roya y su crecimiento o comportamiento hasta el mes de octubre.



Gráfica 4 Porcentaje de crecimiento de incidencia de roya en los meses de septiembre y octubre de 2019.

En la Gráfica 5 se presenta el porcentaje de crecimiento de roya por cada tratamiento de octubre y noviembre de 2019; el tratamiento que presentó mayor porcentaje de crecimiento de roya fue el tratamiento 1 o tratamiento testigo con un valor de 7.50%, pero es el tratamiento al cual no se le hizo ninguna aplicación además el tratamiento que tuvo el mayor porcentaje de crecimiento fue el tratamiento 2 (aplicación del extracto 15 días después de aparecer la roya) con un valor de 5.55% y con una incidencia de octubre 23.32% noviembre 28.87% también se observa que el tratamiento 3 (aplicación del extracto 10 días después de aparecer la roya) reflejó el mayor porcentaje de incremento con 4.74% y con una incidencia de octubre 22.97% noviembre 27.71%.



Gráfica 5 Porcentaje de crecimiento de severidad de roya en los meses de octubre y noviembre de 2019.

En la Tabla 14 se presentan los valores de incidencia de roya que se obtuvieron durante la toma de lecturas durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2019 por cada tratamiento, se observa que el tratamiento testigo o tratamiento 1 presentó los mayores valores a diferencia de los demás tratamientos, ya que inició con una incidencia de 19.01%, durante la toma de lecturas este valor estuvo ascendiendo hasta presentar en la última lectura 33.34%. En el caso del tratamiento 6 presento valores menores ya que inició con una incidencia de 14.14% y la última lectura fue en el mes de noviembre presentando una incidencia de 17.42%.

Tabla 14 Incidencia de roya por cada lectura realizada en septiembre, octubre y noviembre.

Tratamiento	Aplicación	Lec. 1 Sep-21	Lec. 2 Sep-28	Lec. 3 Oct-5	Lec. 4 Oct-12	Lec. 5 Oct-19	Lec. 6 Oct-26	Lec. 7 Nov-2	Lec. 8 Nov-9
T1	---	19.01	20.20	21.48	22.52	26.85	23.71	28.94	33.34
T2	15 DDDAR	13.37	16.31	20.48	20.48	22.56	29.75	30.74	27.01
T3	10 DDDAR	17.02	17.02	17.02	23.95	20.10	30.80	30.80	24.61
T4	5 DDDAR	17.90	19.57	21.09	24.27	23.37	19.59	22.73	18.93
T5	1 DDDAR	18.77	19.88	23.03	23.63	24.74	20.06	20.93	15.95
T6	Cada 7 DDDAR	14.14	15.25	15.25	17.94	18.92	19.35	21.33	17.42

DDDAR (Días Después De Aparecer Roya)

Mediante la toma de lecturas previas y al finalizar con la aplicación del extracto de encino, se obtuvieron resultados los cuales se analizaron por medio del programa infostat. En la Tabla 15 se presenta el análisis de varianza para la variable de incidencia, el cual tuvo un coeficiente de variación de 22.66, es importante mencionar que por el comportamiento de la enfermedad, factores bióticos (microorganismos del entorno, genética de la planta) y abióticos (temperatura, radiación solar, humedad, precipitación y viento) se obtuvo un coeficiente de variación superior al 20% por esa razón los datos representados en la Tabla 15 tienen una variación de 22.66 entre cada uno, el cual influye para determinar si el extracto actuó de forma eficiente sobre la incidencia de roya. En el análisis de varianza se presenta el valor de p con  $<0.0001$ , como p es menor que 0.05 se determina que si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 15 Análisis de varianza para incidencia de roya en los tratamientos.

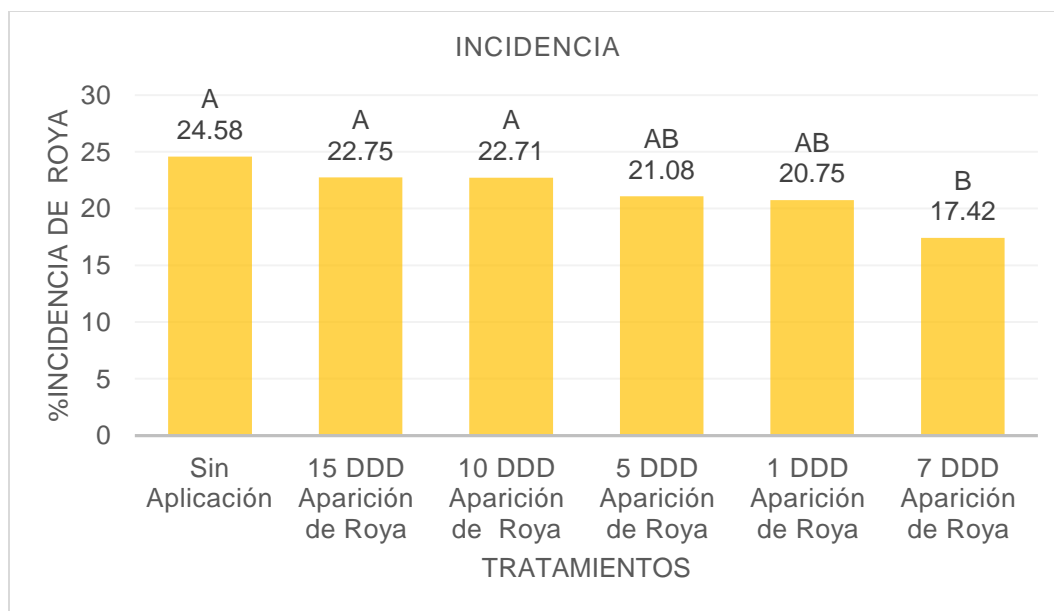
INC					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
INC	144	0.39	0.32	22.66	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	GII	CM	F	p-valor
Modelo	1974.47	14	141.03	5.92	<0.0001
Rep	54.89	2	27.44	1.15	0.3195
Tratamiento	718.20	5	143.64	6.03	<0.0001
Lectura	1201.38	7	171.63	7.20	<0.0001
Error	3075.19	129	23.84		
Total	5049.66	143			

En la Tabla 16 se presentan los niveles de diferencia significativa de la prueba de Tuckey para el análisis de incidencia, observando dos grupos, con una aparente diferencia estadísticamente significativa entre las medias de cada tratamiento. En el caso del tratamiento 1,2,3,4 y 5 tuvieron valores similares entre sí, quedando T1 24.58%, T2 22.75%, T3 22.71%, T4 21.08% y T5 20.75%, el promedio de estos tratamientos es de 22.37% de incidencia de roya, es decir el comportamiento fue similar para estos tratamientos mientras que el tratamiento 6 fue el único diferente al tener un valor menor de 17.42% de incidencia a diferencia de los demás tratamientos. Por lo tanto, se enmarca una diferencia estadística entre el tratamiento 1 y tratamiento 6, siendo T6 aplicación del extracto cada 7 días después de aparecer la roya el que muestra el mejor resultado. Además, los resultados demuestran que hay incidencia de roya similar aun así cuando se aplicó el extracto, pero es importante recalcar que la incidencia de roya se mantuvo por debajo de 22 % con los tratamientos 4,5 y 6.

Tabla 16 Prueba de Tuckey para la variable de incidencia de roya en los tratamientos.

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=4.02434			
Error:23.8387	gl:129				
Tratamiento	Medias	N	E.E		
1	24.58	24	1.00	A	
2	22.75	24	1.00	A	
3	22.71	24	1.00	A	
4	21.08	24	1.00	A	B
5	20.75	24	1.00	A	B
6	17.42	24	1.00		B
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (<math>p &gt; 0.05</math>)</i>					

En la Gráfica 6 se muestran las medias de incidencia de roya en las plántulas de café variedad caturra que se obtuvieron por cada uno de los tratamientos a través de programa infostat, se observa que el tratamiento 6 tiene el mejor resultado y que el tiempo de aplicación del extracto podría ser un factor que influye para mantener baja la incidencia de roya. Como se observa en la gráfica los tratamientos evaluados se encuentran en dos grupos (A y B) que muestran diferencia estadísticamente significativa, por lo tanto el tratamiento 1 no mostró diferencia estadística con los tratamientos T2, T3, T4, y T5 ya que tienen la letra A en común, la cual se determina a través de la prueba de Tuckey que tiene un valor para este análisis de 4.02 esto quiere decir que habrá diferencia estadística si los tratamientos muestran una diferencia que sea mayor a 4.02 además los tratamientos 4 y 5 no muestran diferencia estadística con el tratamiento 6, ya que los valores se acerca a la media del T6 17.42, teniendo la letra B en común. por lo que al analizar los datos y comparar el tratamiento 6 (aplicación del extracto cada 7 días después de aparición de roya) con el tratamiento 4 (aplicación del extracto 5 días después de aparición de roya) y tratamiento 5 (aplicación del extracto 1 día después de aparición de roya), se determinan otras opciones de control preventivo, por mantener baja la incidencia de roya a comparación de los demás tratamientos. Es importante mencionar que los resultados reflejan que hay incidencia de roya aun así cuando se haya aplicado el extracto, pero hay que recalcar que los tratamientos 4, 5 y 6 la incidencia de roya se mantuvo baja con valores menores al 22% como se observa en la Gráfica 6.



Gráfica 6 Tratamientos con evaluación de incidencia de roya.

## B. Severidad de roya

Para determinar la variable de severidad fue necesario aplicar la fórmula que describe Filho (2015) y utilizar la escala pictórica para identificar en el transcurso del tiempo los niveles de infección de roya en las hojas de la planta de café, los valores que se encuentran en la Tabla 17 fueron obtenidos a partir de las lecturas realizadas durante el tiempo establecido, de igual forma se muestran las repeticiones y el promedio general de las tres repeticiones. Como se observa en el promedio de severidad, el tratamiento 6 (aplicación del extracto cada siete días) fue el mejor resultado por tener 26.88% de severidad a diferencia de los demás tratamientos.

Tabla 17 Valores promedio de severidad por cada uno de los tratamientos evaluados.

TRATAMIENTO SEVERIDAD	APLICACIÓN	RI	RII	RIII	PROMEDIO DE SEVERIDAD
1	---	54.49	44.63	45.89	48.33
2	15 DDDAR	41.28	56.81	42.44	46.84
3	10 DDDAR	40.08	50.19	53.46	47.91
4	5 DDDAR	41.66	34.13	43.13	39.64
5	1 DDDAR	31.90	30.58	28.69	30.39
6	Cada 7 DDDAR	24.74	24.38	31.51	26.88

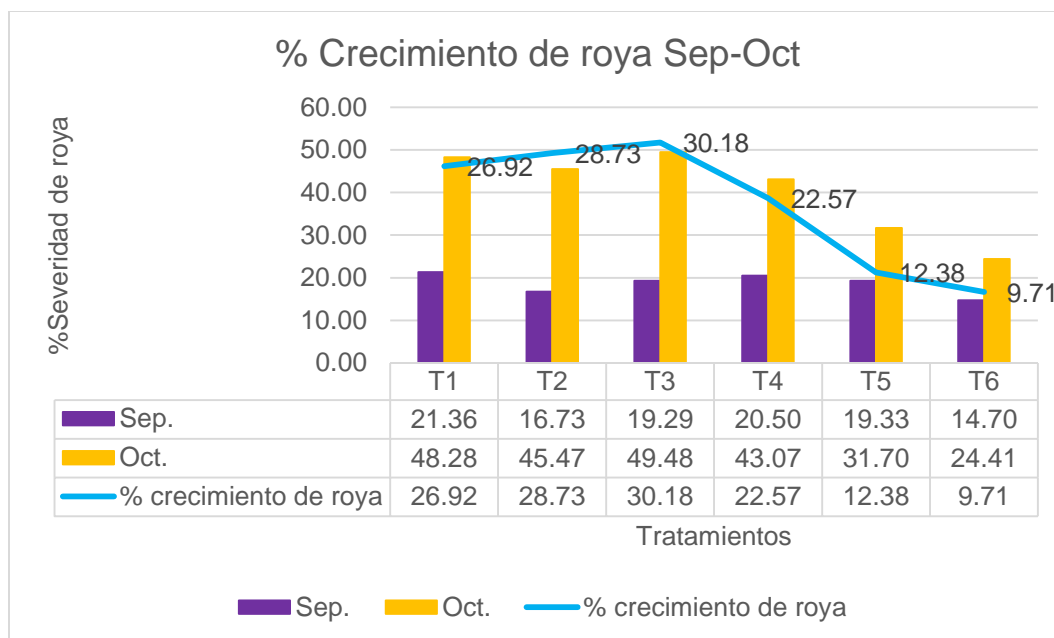
En la Tabla 18 se presentan los promedios de las 8 lecturas y el porcentaje de crecimiento que tuvo el patógeno de la roya durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2019; el mes de septiembre se considera como punto de partida ya que fue donde se inició con la toma de lecturas y con la aplicación del extracto de encino, octubre y noviembre

fueron decisivos para conocer el comportamiento que tuvo la roya en respuesta a la aplicación del extracto y saber si incremento o disminuyó su severidad.

Tabla 18 Valores promedio de lecturas de severidad por cada tratamiento durante la evaluación.

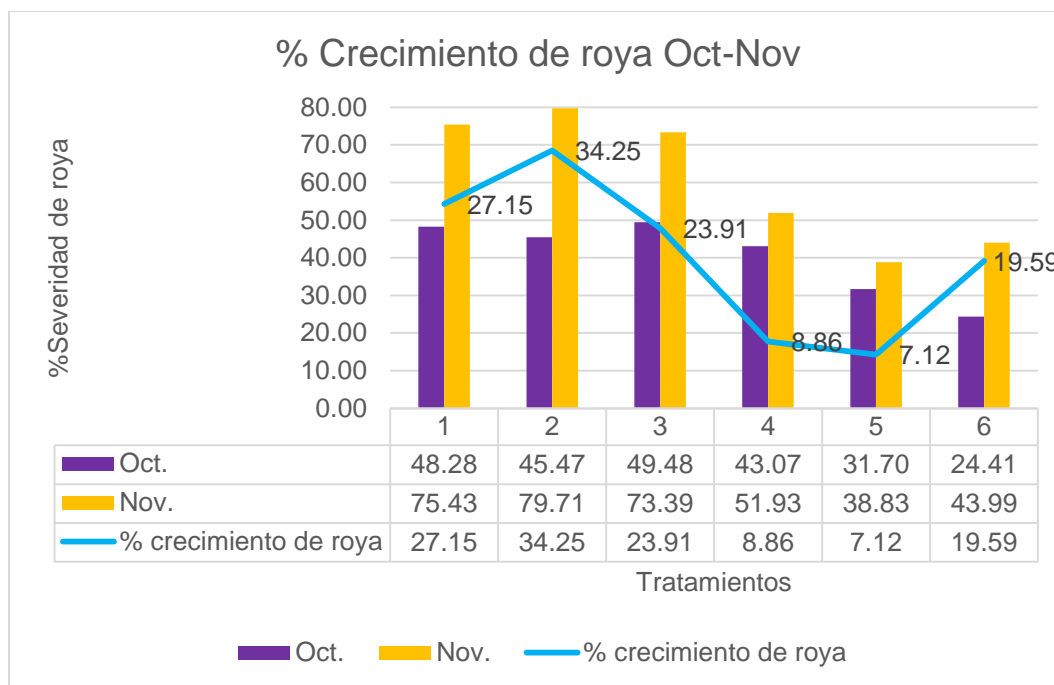
<b>Tratamientos</b>	<b>Sep. %</b>	<b>Porcentaje de crecimiento de roya</b>	<b>Oct. %</b>	<b>Porcentaje de crecimiento de roya</b>	<b>Nov. %</b>
T1	21.36	26.92	48.28	27.15	75.43
T2	16.73	28.73	45.47	34.25	79.71
T3	19.29	30.18	49.48	23.91	73.39
T4	20.50	22.57	43.07	8.86	51.93
T5	19.33	12.38	31.70	7.12	38.83
T6	14.70	9.71	24.41	19.59	43.99

En la Gráfica 7 se presenta el porcentaje de crecimiento de roya por cada tratamiento durante los meses de septiembre y octubre de 2019; después de la aplicación del extracto de encino, el tratamiento que presentó mayor porcentaje de incremento de severidad de roya fue el tratamiento 3 (aplicación del extracto 10 días después de aparecer la roya) el cual tuvo un valor de 30.18%. Hay que tomar en cuenta que los valores reflejan en el mes de septiembre como inició la severidad de roya y en el mes de octubre y noviembre el crecimiento o comportamiento, además el tratamiento 2 (aplicación del extracto 15 días después de aparecer la roya) manifestó el mayor porcentaje de incremento de severidad el cual tuvo un valor de 28.73%



Gráfica 7 Porcentaje de crecimiento de severidad de roya en los meses de septiembre y octubre de 2019.

En la Gráfica 8 se observa el porcentaje de crecimiento de roya por cada tratamiento en octubre y noviembre de 2019; el tratamiento que presentó un incremento en la severidad de roya fue el tratamiento 2 (aplicación del extracto de encino 15 días después de aparecer la roya) con un valor de 34.25% en cuanto a la severidad en octubre estuvo a 45.47% y noviembre a 79.71% además se presenta el tratamiento 1 o tratamiento testigo al cual no se le hizo ninguna aplicación con un incremento de 27.15% y con una severidad de octubre 48.28% noviembre 75.43%, en el caso del tratamiento 5 (aplicación del extracto 1 día después de aparecer la roya) tuvo una severidad en octubre de 31.70% noviembre de 38.83% y con un incremento de 7.12% siendo este valor el más bajo a diferencia de los demás tratamientos. En el caso del tratamiento 6 tuvo una severidad en octubre de 24.41% noviembre de 43.99% y con un incremento de 19.59%.



Gráfica 8 Porcentaje de crecimiento de severidad de roya en los meses de octubre y noviembre de 2019.

En la Tabla 19 se observan los valores de severidad en la toma de lecturas durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2019 por cada tratamiento, se observa que los tratamiento 1 al tratamiento 3 presentaron los mayores valores de severidad a diferencia de los demás tratamientos, ya que el T1 inició con una severidad de 19.01% que durante la toma de lecturas estuvo ascendiendo hasta tener en la última lectura 80.87% en el caso del tratamiento 3 empezó con una severidad de 15.83% y en la última lectura 72.11% se observa también que en el tratamiento 2 en la última lectura la severidad llegó a estar a 80.02% similar al tratamiento 1 mientras que el tratamiento 4, 5 y 6 tuvieron valores por debajo al 50% de severidad. En el caso del tratamiento 6 durante las 8 lecturas presentó valores mínimos ya que inició con una severidad de 14.14% y en la última lectura presentó 40.15% el cual es mínimo ya que el tratamiento testigo dobló su valor al terminar con las lecturas.

Tabla 19 Severidad de roya por cada lectura realizada en septiembre, octubre y noviembre.

Tratamiento	Aplicación	Lec. 1 Sep-21	Lec. 2 Sep-28	Lec. 3 Oct-5	Lec. 4 Oct-12	Lec. 5 Oct-19	Lec. 6 Oct-26	Lec. 7 Nov-2	Lec. 8 Nov-9
T1	---	19.01	23.70	35.38	44.48	56.96	56.29	69.98	80.87
T2	15 DDDAR	13.37	20.10	24.47	37.42	52.87	67.10	79.41	80.02
T3	10 DDDAR	15.83	22.76	30.47	47.96	56.36	63.13	74.66	72.11
T4	5 DDDAR	17.90	23.09	29.87	43.84	50.36	48.20	54.76	49.09
T5	1 DDDAR	18.77	19.88	28.99	32.53	34.83	30.45	40.35	37.30
T6	Cada 7 DDDAR	14.14	15.25	15.25	24.51	25.49	32.38	47.84	40.15

DDDAR (Días Después De Aparecer Roya)

A través de la toma de lecturas previas y al finalizar con la aplicación del extracto de encino, se obtuvieron resultados los cuales se analizaron por medio del programa infostat. En la tabla 20 se presenta el análisis de varianza para la variable de severidad, el cual tuvo un coeficiente de variación de 24.39, es importante mencionar que por el comportamiento de la enfermedad, factores bióticos (microorganismos del entorno, genética) y abióticos (temperatura, radiación solar, humedad, precipitación y viento) se obtuvo un coeficiente de variación superior al 20% por esa razón los datos representados en la tabla 20 tienen un variación de 24.39 entre cada uno, dicho dato influye para determinar si el extracto actuó sobre la severidad de roya. En el análisis de varianza se presenta el valor de p con  $<0.0001$ , como p es menor que 0.05 se determina que si existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 20 Análisis de varianza para severidad de roya en los tratamientos.

SEV					
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
SEV	144	0.79	0.77	24.39	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	47742.06	14	3410.15	35.72	<0.0001
Rep	84.72	2	42.36	0.44	0.6426
Tratamiento	10668.56	5	2133.71	22.35	<0.0001
Lectura	36988.78	7	5284.11	55.35	<0.0001
Error	12315.50	129	95.47		
Total	60057.56	143			

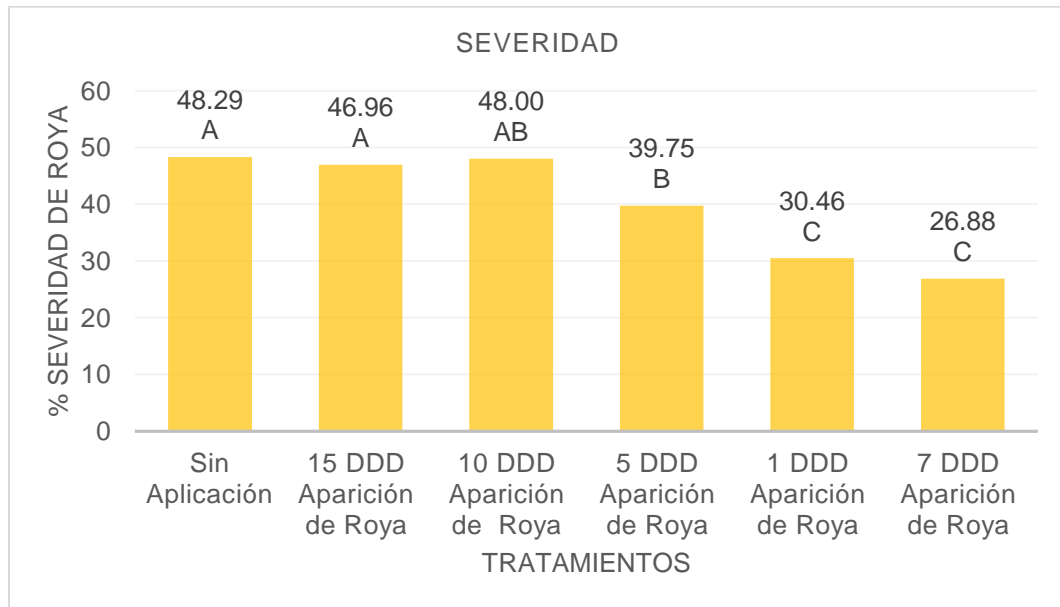
En la Tabla 21 se observan los niveles de diferencia significativa de la prueba de Tuckey para el análisis de severidad, observando tres grupos, con diferencia estadísticamente significativa entre las medias de cada tratamiento. En el caso del tratamiento 1,2 y 3 tuvieron valores similares entre sí, quedando de la siguiente forma T1 48.29%, T2 48.00% y T3 46.96%, el promedio de estos tratamientos es de 47.75% de severidad de roya, es importante recalcar que el T3 no tuvo diferencia significativa con el T4 ya que el T4 tiene un valor de 39.75%, el promedio de los tratamientos T3 y T4 es de 43.35% mientras que los tratamientos 5 y 6 tuvieron valores que se acercan entre sí, el T5 30.46% y T6 26.88%, el promedio de estos tratamientos es de 28.67%, es decir el mejor promedio de los tratamientos evaluados por mantener baja la severidad de roya fue el promedio 28.67% de los tratamientos 5 y 6 a diferencia de los demás tratamientos, como se observa en la tabla 21 estos tratamientos mostraron diferencia estadísticamente significativa a comparación de los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5.

Tabla 21 Prueba de Tuckey para la variable de severidad de roya en los tratamientos.

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=8.05350				
Error:95.4690	gl:129					
Tratamiento	Medias	N	E.E			
1	48.29	24	1.99	A		
2	48.00	24	1.99	A		
3	46.96	24	1.99	A	B	
4	39.75	24	1.99		B	
5	30.46	24	1.99			C
6	26.88	24	1.99			C
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (<math>p &gt; 0.05</math>)</i>						

En la Gráfica 9 se muestran las medias de severidad de roya en las plántulas de café variedad Caturra que se obtuvieron por cada uno de los tratamientos por medio del programa infostat, se observa que el tratamiento 6 tiene el mejor resultado y que el tiempo de aplicación se considera como un factor que influye para mantener baja la severidad de la roya. Como se observa en la gráfica los tratamientos evaluados se encuentran en tres grupos (A, B y C) que muestran diferencia estadísticamente significativa, el T1 no mostró diferencia significativa con el T2 y T3 ya que tienen la letra A en común, la cual se determina a través de la DMS que tiene un valor para este análisis de severidad de 8.05, esto quiere decir que habrá diferencia estadística si los tratamientos muestran una diferencia que sea mayor al valor indicado, además el T4 y T3 son tratamientos similares entre sí por tener la letra B en común, mientras que el T5 y T6 de igual forma no mostraron diferencia significativa por tener la letra C en común; en la gráfica se observa que los resultados reflejan que hay severidad de roya aun así cuando se haya aplicado el extracto de encino, pero es importante recalcar que el T5 30.46% tiene una diferencia

enmarcada entre las medias de los demás tratamientos al igual que el T6 26.88%, por lo tanto se determina que el T5 es otra opción como control para la roya por mantener a un nivel menor de 30% la severidad de roya.



Gráfica 9 Tratamientos con evaluación de severidad de roya.

## VIII. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A través de un análisis de varianza y prueba de Tuckey en InfoStat, se obtuvieron resultados que determinan estadísticamente si el extracto de encino funciona como control y asimismo establecer la mejor forma de aplicar el extracto para el control de incidencia y severidad de roya.

### A. Incidencia de la roya

En la Tabla 22 se presentan los datos de incidencia obtenidos por cada uno de los tratamientos, se observa que el tratamiento 6 tuvo una media de 17.42% esto quiere decir que las medias entre los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 fueron similares en respuesta a la aplicación del extracto de encino para la variable de incidencia por lo tanto el T6 aplicación del extracto cada 7 días después de la aparición de roya influyó para mantener baja la incidencia de roya a comparación de los demás tratamientos, es importante mencionar que la aplicación del extracto de encino para el control de la roya del café, puede interferir en gran parte a mantener baja la incidencia, pero no se debe de olvidar que el comportamiento de la enfermedad puede estar influido por factores bióticos (plantas débiles por falta de manejo agronómico) y abióticos (humedad, temperatura, precipitación y radiación solar), por lo tanto la aplicación de un tratamiento para el control de enfermedades debe de ir acompañada de la aplicación correcta de buenas prácticas agronómicas desde la etapa de semillero hasta la etapa reproductiva, dentro de las practicas agronómicas en el cultivo de café está el manejo de sombra, poda y una adecuada fertilización entre otras.

Según MONTEJO (2018) los datos obtenidos en su investigación indican que la aplicación de los productos evaluados para el control de roya de café, pueden evitar una defoliación desmedida, pero no se debe desatender que el comportamiento de las enfermedades fungosa, obedecen a las condiciones ambientales enmarcados por mayor humedad.

Tabla 22 Descripción de los tratamientos con cada una de las medias para incidencia de roya.

TRATAMIENTOS	APLICACIÓN	MEDIAS DE INC %
T1	Sin Aplicación	24.58
T2	15 DDD Aparición de Roya	22.75
T3	10 DDD Aparición de Roya	22.71
T4	5 DDD Aparición de Roya	21.08
T5	1 DDD Aparición de Roya	20.75
T6	7 DDD Aparición de Roya	17.42

(DDD Días Después De)

Hay que tomar en cuenta que la aplicación del extracto de encino se realizó en los meses de época lluviosa (septiembre, octubre y noviembre), siendo los factores climáticos influyentes en el comportamiento de la enfermedad ya que en época lluviosa la incidencia incrementa, por lo tanto, el comportamiento de la incidencia de roya en el transcurso de las lecturas fue variable de modo que conforme pasaba el tiempo ascendiera y en otros puntos decreciera o se mantuviera en su porcentaje de incidencia. Dentro de los efectos que tuvieron los tratamientos T4, T5 y T6 fue que las hojas presentaron una quemadura en el área afectada por la roya, lo cual hizo que el patógeno disminuyera y evitará que las hojas infectadas continuaran realizando fotosíntesis, pero teniendo como respuesta inmediata el rebrote de hojas en la planta.



Ilustración 29 Efecto de la aplicación del extracto de encino.

Montejo (2018) indica en su investigación que los productos que evaluó caldo bordelés T1, caldo sulfocalcico T2, te de árbol T3 y testigo absoluto T4, mostraron en el mes de mayo un porcentaje de incidencia inicial con un rango de 10 a 20% y que el efecto de los tratamientos de caldo sulfocalcico y te de árbol provocaron una necrosis en el tejido foliar, además el caldo bordelés provocó una defoliación de hojas infectadas y su renovación foliar. Indica también que, al haber mayor presencia de humedad relativa en las plantaciones, el borde de las hojas en los tratamientos té de árbol y caldo sulfocalcico surge nuevamente la infección del hongo incrementando la incidencia de la enfermedad, mientras que el efecto en el caldo bordelés fue que la infección se generó de manera moderada en las hojas bajas de mayor edad, sin infectarse los brotes. Según Roza Peña (2010) evalúa el efecto de tres productos como control preventivo y curativo para la roya del café, siendo el ingrediente activo para T1 (cyproconazol), T2 (propiconazol) y T3 (*Bacillus subtilis*) definiendo así que, el tiempo, el control de desarrollo de la enfermedad se evidencia también a través de la variable de porcentaje de lesiones ya que en las plantas asperjadas con los productos se obtuvo la inhibición de la esporulación ante la aplicación preventiva mostrando como reacción de control la necrosis en el tejido foliar.



Ilustración 30 Quemadura resultado de la aplicación del extracto de encino.

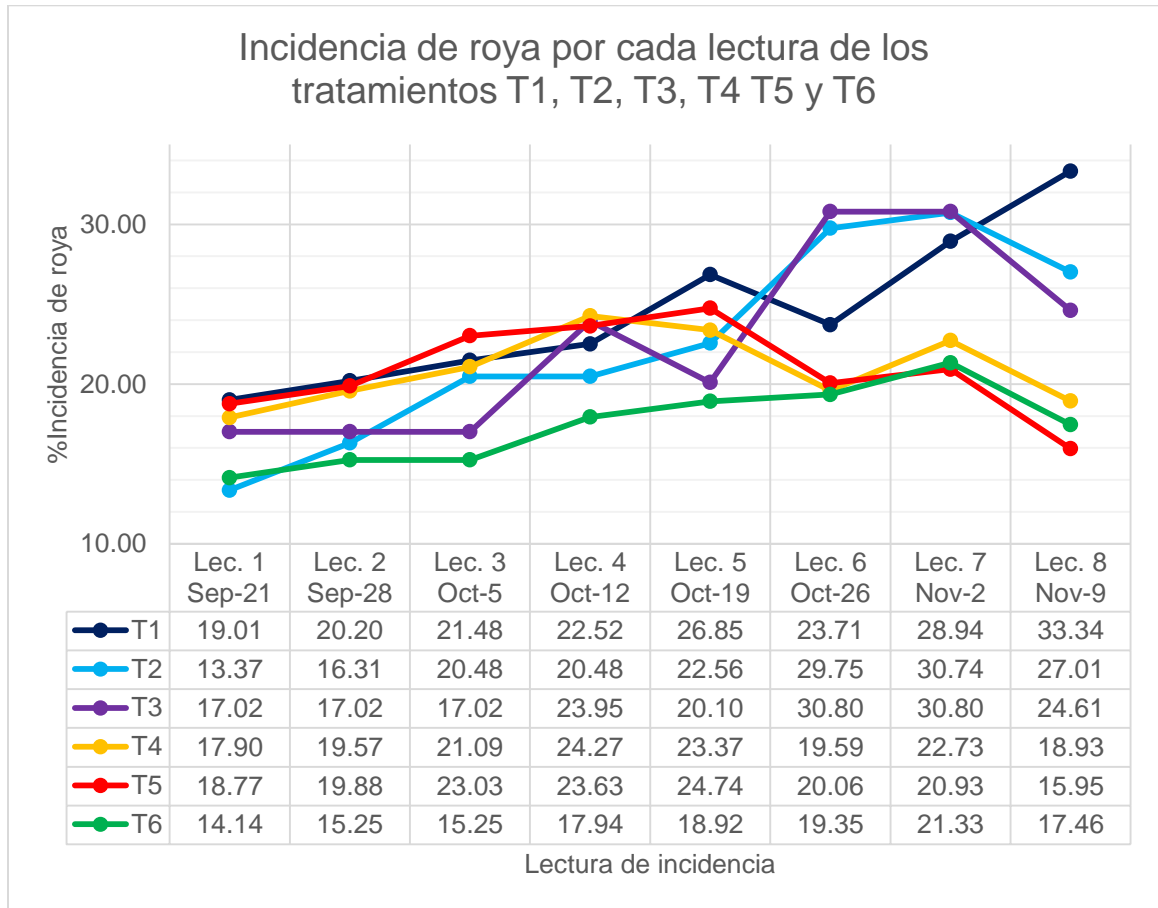
Para tener una idea más clara acerca del comportamiento de roya observado durante la evaluación se presenta la gráfica 10, las lecturas que se realizaron a partir del 21 de septiembre (lectura 1) hasta el 9 de noviembre (lectura 8) de 2019, son valores promedios que se obtuvieron de las repeticiones de cada uno de los tratamientos, además en la gráfica se muestran los valores de como inicio y finalizo la incidencia de roya; la lectura 1 se toma como punto de partida por presentar el valor inicial de la incidencia que se encontraba en las plantas de café previo a iniciar con la aplicación del extracto de encino, cabe mencionar que el tratamiento 6 inicio con la aplicación el 21 de septiembre posterior a esto se realizaron las aplicaciones en los demás tratamientos según el intervalo de tiempo establecido. Octubre y noviembre se toman como puntos de referencia para determinar el comportamiento de roya con respuesta a la aplicación del extracto y como se observa en la Gráfica 10 todos los tratamientos mostraron durante la toma de lecturas un incremento del patógeno, se observa que la lectura 5 que se realizó el 19 de octubre de 2019, el tratamiento 4 bajo su incidencia con un valor de 23.37% al igual que el tratamiento 3 con un valor de 20.10%, posteriormente el T3 tuvo una abrupta pendiente llegando en la siguiente lectura (lec. 6) a 30.80% por otra parte los tratamientos 4 y 5 descendieron T4 a un valor de 19.59% y T5 de 20.06%.

En la lectura 8 los tratamientos descendieron como se observa en la gráfica, pero en el caso del tratamiento T4, T5 y T6 descendieron por debajo del 20% mientras que el tratamiento T1, T2 y T3 descendieron, pero el nivel de incidencia estuvo por encima del 24% lo cual indica que hay una gran diferencia de valores entre tratamientos en respuesta a la aplicación del extracto de encino.

Montejo (2018) Indica que en los meses de noviembre y diciembre los tratamientos que evaluó tuvieron su cúspide o mayor grado de infección con un rango de 30 a 80% de incidencia. Además, indica que el comportamiento de roya para la variable de incidencia en un punto durante las lecturas realizadas llega a un nivel menor a 10% en todos los tratamientos incluyendo en el tratamiento testigo, pudiendo explicar este fenómeno como un descenso natural

de la roya por consecuencia de la caída de hojas enfermas y viejas, así como el nuevo crecimiento vegetativo del café.

A partir de lo anterior y al observar el comportamiento de incidencia roya según la Tabla 22 se define que los tres mejores tratamientos, por mantener a un nivel menor de 22% la incidencia de roya fue: Tratamiento 4 aplicación 5 DDAR (21.08), Tratamiento 5 aplicación 1 DDAR (20.75) y Tratamiento 6 aplicación cada 7 DDAR (17.42).



Gráfica 10 Incidencia de roya en cada lectura de los tratamientos.

## B. Severidad de la roya

En la Tabla 23 se muestran los datos de severidad obtenidos por cada uno de los tratamientos, se observa que el tratamiento 6 tuvo una media de 26.88%, siendo este el valor mínimo para la severidad de roya a comparación de los demás tratamientos, al observar la tabla los resultados de los tratamientos T1, T2 y T3 fueron similares en respuesta a la aplicación del extracto de encino, mientras que los tratamientos T4 y T5 tienen una diferencia entre medias siendo T4 39.75% y T5 30.46% por otra parte el T6 tuvo un valor de 26.88%, pero como se observa en la Tabla 21 para la prueba de Tuckey, los tratamientos T5 y T6 fueron similares entre si puesto que no hay diferencia estadística entre los mismos; pero si se compara los resultado de los demás tratamientos con el T5 (aplicación del extracto de encino 1 día después de aparecer la roya) y T6 (aplicación del extracto de encino cada 7 días después de aparecer la roya) se puede inferir que la aplicación de estos dos tratamientos, disminuyen la severidad en respuesta a la aplicación del extracto de encino, por otra parte es importante recalcar que no hay que dejar por un lado el manejo agronómico y que hay que tomar en cuenta el comportamiento de la enfermedad con relación a las condiciones climáticas en las que se encuentran las plantaciones de café, por esta razón se debe de suministrar a la planta todo lo necesario durante su desarrollo para que así el efecto del extracto infiera sobre la severidad de la roya.

Tabla 23 Descripción de los tratamientos con cada una de las medias para severidad de roya.

<b>Tratamiento</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>MEDIAS DE SEV</b>
<b>1</b>	Sin Aplicación	48.29
<b>2</b>	15 DDD Aparición de Roya	46.96
<b>3</b>	10 DDD Aparición de Roya	48.00
<b>4</b>	5 DDD Aparición de Roya	39.75
<b>5</b>	1 DDD Aparición de Roya	30.46
<b>6</b>	7 DDD Aparición de Roya	26.88

(DDD Días Después De)

Para conocer más acerca de cómo fue el comportamiento de roya durante la evaluación se plantea la Gráfica 11 en la que se observa la severidad de roya por cada una de las lecturas que se realizaron. Los valores fueron los promedios que se obtuvieron de las repeticiones de cada uno de los tratamientos, además en la gráfica se observan los valores de cómo inició y finalizó la severidad. La lectura 1 realizada el 21 de septiembre se toma como punto de partida por presentar el inicio de la severidad en las plantas de café previo a dar inicio con las aplicaciones del extracto de encino, en el caso del tratamiento 6 la aplicación se inició el día con que se realizó la lectura 1, posterior a esto se realizaron las aplicaciones de los demás tratamientos según el intervalo de tiempo establecido. Octubre y noviembre se toman como meses significativos para determinar el comportamiento que tuvo la roya en respuesta a la aplicación del extracto y como se observa en la gráfica todos los tratamientos iniciaron con una

severidad baja situada en un rango de 14% a 19% conforme paso el tiempo la severidad fue ascendiendo o se mantuvo en su valor para algunos tratamientos, al llegar a la última lectura en el caso del tratamiento T1, T2 llegaron a ascender a una severidad de hasta 80% esto debido a que en el caso del tratamiento T1 no se efectuó ninguna aplicación, en el caso del T2 se realizó la aplicación pero hay que considerar que el extracto de encino no tuvo ningún efecto para inhibir la severidad de roya mientras que el tratamiento T4, T5 y T6 tuvieron una severidad menor al 50% siendo el T5 37.30% y T6 40.15% los dos mejores valores a diferencia de los demás tratamientos.

Osorio (2015), sostienen que para el manejo adecuado de una enfermedad se deben de considerar cuatro factores que determinan su aparición que son: hospedero, patógeno, ambiente y manejo agronómico actuando de manera que puedan romperse o disminuirse las interacciones entre ellos y así afectar el desarrollo de la epidemia, demorando su aparición en el tiempo o reduciendo su expansión en el espacio.

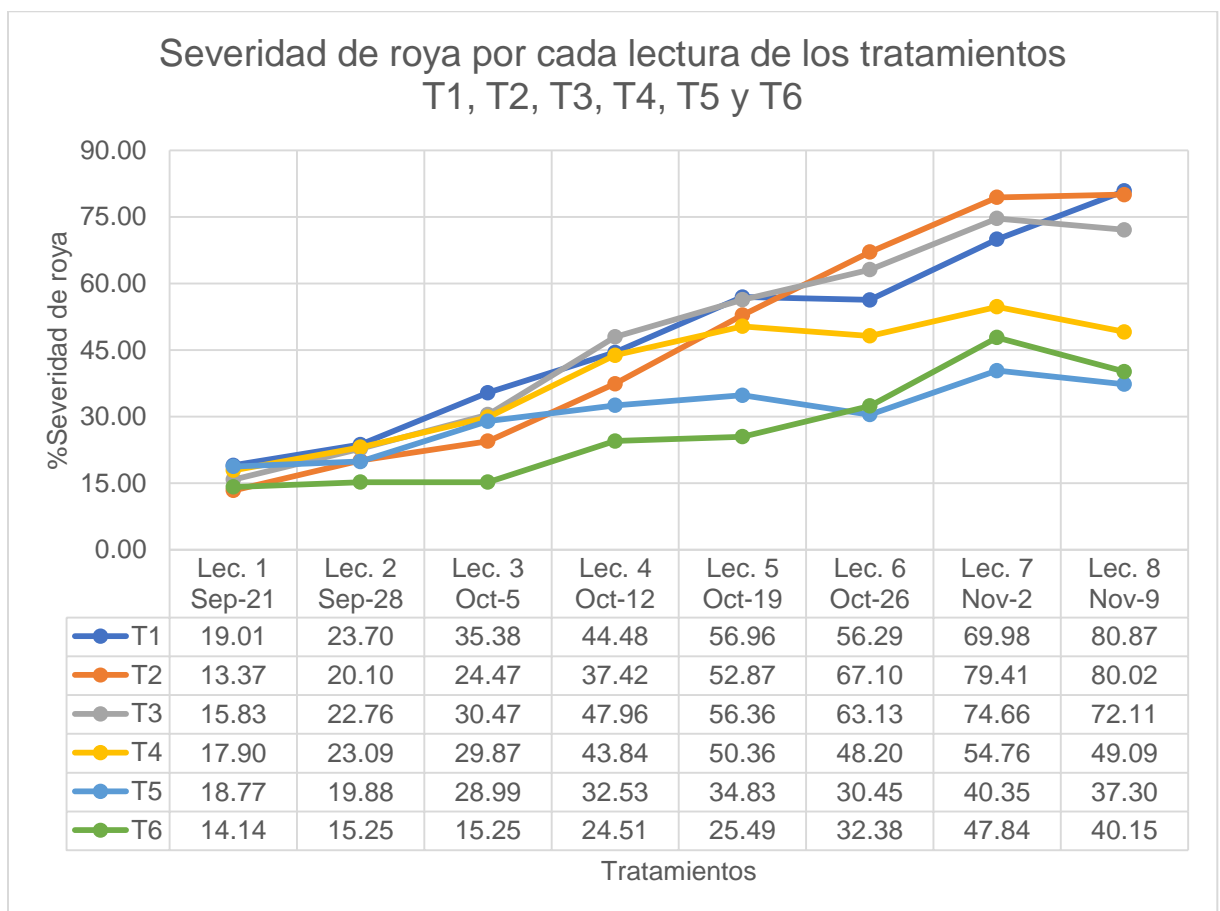
Hay que tomar en cuenta que la lectura 6 de los tratamientos T1 (56.29%), T4 (48.20%) y T5 (30.45%) descendieron, por lo tanto en este punto hay que considerar que posiblemente el efecto del extracto de encino fue positivo influyendo sobre el patógeno de la roya, lo cual se contradice ya que posteriormente en la lectura 7, los tratamientos aumentaron su crecimiento de severidad T1 (69.98%), T4(54.76%) y T5 (40.35%), es decir que por las condiciones climáticas en las que se encontraba la evaluación (época lluviosa) influyeron para la reactivación del patógeno de la roya lo que se hizo que se incrementará en la lectura 7 y no se mantuviera en sus porcentajes.

Cavallini (2017) define que los fungicidas tienen la capacidad de destruir las estructuras del hongo presentes en la superficie de la planta eliminando la esporulación, más estos pueden no controlar el patógeno presente dentro del tejido y aunque sean curativos si las condiciones son idóneas para el desarrollo de la enfermedad se puede presentar una reactivación del patógeno.

Esto demuestra que en condiciones climáticas favorables el incremento de la severidad puede ser acelerado, por lo tanto el clima es un factor clave para el comportamiento de la enfermedad o reactivación de la misma, ya que en época seca la severidad es baja mientras que en época lluviosa la severidad incrementa, hay que tomar en cuenta que la aplicación del extracto de encino se realizó en los meses de época lluviosa, por lo tanto, el comportamiento de la severidad de roya en el transcurso de las lecturas fue variable de modo que conforme pasaba el tiempo ascendiera y en otros puntos decreciera o se mantuviera con su porcentaje.

Pinochet (2016) indica que al haber presencia de la enfermedad y mezclarse con condiciones propicias de humedad alta propias del invierno y temperaturas entre 18 °C y 25 °C se da un ambiente idóneo para la germinación de esporas, las cuales en periodos de cinco horas pueden estar germinando bajo estas condiciones. Por lo tanto, el agua es esencial para la germinación y el progreso de una epidemia de roya dependerá de la lluvia.

A partir de lo anteriormente y al observar el comportamiento de roya, se determina que los dos mejores tratamientos para el control de roya, según la Tabla 23 por mantener baja la severidad de roya, durante la toma de lecturas fueron: Tratamiento 5 aplicación 1 DDAR (30.46) y Tratamiento 6 aplicación cada 7 DDAR (26.88). (DDAR Días Después De Aparición De Roya).



Gráfica 11 Severidad de roya en cada lectura de los tratamientos.

## IX. CONCLUSIONES

El efecto de la aplicación del extracto botánico obtenido de broza del árbol de encino (*Quercus spp*) refleja una inhibición de la esporulación ante la aplicación del extracto ya que como resultado se muestra una necrosis en el tejido foliar, por esa razón se concluye que si hay efecto sobre la roya de café *Hemileia vastatrix* en las plantas de almacigo.

Al evaluar el efecto de la aplicación del extracto botánico de broza del árbol de encino (*Quercus spp*) sobre las variables de incidencia y severidad, se concluye que en todos los tratamientos se mantuvo el avance de la roya (*Hemileia vastatrix*), pero el que mejor resultado obtuvo al mantener la incidencia y severidad, fue el tratamiento 6 (Cada 7 días después de aparecer la roya) con 17.42% incidencia y 26.88% severidad de roya.

Los valores obtenidos a partir del análisis estadístico de varianza y la prueba de Tuckey determinan que hay diferencia significativa entre tratamientos lo que induce a pensar que la frecuencia de aplicación influye para el control de roya en las plántulas de café variedad caturra, es decir que la mejor alternativa para el control curativo de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) para la finca Florencia, Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez, en el año 2019 con condiciones climáticas de 22 °C y una humedad relativa de 80% fue la aplicación del tratamiento 6 (Aplicación de extracto cada siete días después de aparecer la roya) ya que obtuvo los mejores resultados por tener valores por debajo del 25% de roya siendo para la variable de incidencia 17.42% y severidad 26.88% de roya estos valores comparados a los demás tratamientos.

El tratamiento T1 sin ninguna aplicación en la última lectura obtuvo hasta un 80% de severidad mientras que el tratamiento T6 obtuvo 26.88% de severidad, por lo tanto, los valores muestran una gran diferencia entre sí, por lo que se infiere que al no aplicar ningún tratamiento y las condiciones sean óptimas para el desarrollo de la enfermedad los valores de incidencia y severidad serán mayores.

## X. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la aplicación del extracto de encino, en la dosis evaluada, según lo describe el tratamiento seis: cada siete días después de aparecer la roya

En la investigación se infirió que el tiempo de aplicación influye sobre la incidencia y severidad de roya, hay que considerar también que el factor clima influye en el comportamiento de la roya ya que puede decrecer o ascender, por lo que es recomendable realizar esta investigación en una zona del estrato medio, en donde las condiciones climáticas son distintas a las de la presente investigación, ya que esta se llevó a cabo en un estrato alto (1900 metros sobre el nivel del mar).

En la investigación se evaluó un extracto botánico elaborado a partir de broza del árbol de encino (*Quercus spp.*) con una concentración de 39.59 taninos; se recomienda realizar el análisis fitoquímico del extracto botánico de broza de encino (*Quercus spp.*), para identificar cada uno de los metabolitos secundarios que pueden estar presentes en el extracto botánico y así realizar otro tipo de investigación evaluando otro tipo de metabolitos secundarios como los flavonoides, saponinas, aminoácidos no proteicos, etc.

Por otro lado, el presente trabajo es uno de los primeros en este campo para el estudio de la eficacia biológica del extracto de encino en el control de la roya del cafeto en Guatemala, por lo que debe considerarse una primera aproximación a su uso. En este sentido, los resultados de este trabajo deben servir para una evaluación más adelante en términos de dosis del extracto. Así mismo, el presente trabajo debe considerarse como una base para continuar estudios sobre los términos generales y específicos de la preparación del extracto.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, R. A. (2016). *Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del cafeto*. Obtenido de Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del cafeto:  
[https://agritrop.cirad.fr/581152/1/Reporte%201\\_Sombra%20y%20Plagas%20y%20E\\_RV\\_%20JA\\_BV\\_RV.pdf](https://agritrop.cirad.fr/581152/1/Reporte%201_Sombra%20y%20Plagas%20y%20E_RV_%20JA_BV_RV.pdf)
- Álvarez, J. M. (2007). *Enología*. Obtenido de Enología:  
[http://www.acenologia.com/aeb/pdf/info\\_taninos\\_jmalvarez.pdf](http://www.acenologia.com/aeb/pdf/info_taninos_jmalvarez.pdf)
- ANACAFE. (2019). ANACAFE. Obtenido de ANACAFE:  
<https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%c3%ada-de-variedades-Anacaf%c3%a9.pdf>
- Anacafé. (2019). *MEMORIA DE LABORES*. Obtenido de MEMORIA DE LABORES:  
<https://www.anacafe.org/uploads/file/3241c9b7cb67498b858594447dad865b/Memoria-Anacafe-2019-.pdf>
- Café Cielo Tostado Colombia. (2013). *Café Cielo Tostado*. Obtenido de Café Cielo Tostado:  
<https://cafecielotostado.wordpress.com/tag/caracteristicas-cafe-caturra/>
- Café de Colombia. (2010). *Café de Colombia*. Obtenido de Café de Colombia:  
[http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre\\_el\\_cafe/el\\_cafe/el\\_arbol\\_y\\_el\\_entorno/](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/el_arbol_y_el_entorno/)
- Café Las Flores . (2019). *Café Las Flores* . Obtenido de Café Las Flores :  
<https://cafelasflores.com/es/2018/08/11/coffee-flowering/>
- Cavallini, L. F. (2017). *Fitopatología un enfoque agroecológico* . Obtenido de Fitopatología un enfoque agroecológico :  
[https://books.google.com.ni/books?id=I6jDW5HI9BAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ni/books?id=I6jDW5HI9BAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- CEDICAFÉ. (2019). *Boletín Roya Febrero 2019*. Obtenido de Boletín Roya Febrero 2019:  
<https://www.anacafe.org/uploads/file/d764ae9f10f448819d9039c5fb89a004/Boletin-Roya-Febrero-2019.pdf>
- CEDICAFÉ. (2019). *Informe sobre Monitoreo Nacional de Variedades*. Obtenido de Informe sobre Monitoreo Nacional de Variedades:

<https://www.anacafe.org/uploads/file/79ca030eae3640399eda011cdc27d546/Boletin-CEDICAFE-Agosto-2019.pdf>

- CentralAmérica. (2016). *Guatemala: Cifras del café cosecha 2015/16*. Obtenido de Guatemala: Cifras del café cosecha 2015/16:  
[https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Guatemala\\_Cifras\\_del\\_caf\\_cosecha\\_201516](https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Guatemala_Cifras_del_caf_cosecha_201516)
- CentralAmérica. (2018). *Nueva alerta por amenaza de roya en cafetales*. Obtenido de Nueva alerta por amenaza de roya en cafetales:  
[https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Nueva\\_alerta\\_por\\_amenaza\\_de\\_roya\\_en\\_cafetales](https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Nueva_alerta_por_amenaza_de_roya_en_cafetales)
- Centro de Comercio Internacional. (2002). *Forum de Comercio Internacional*. Obtenido de Forum de Comercio Internacional: <http://www.forumdecomercio.org/Qu%c3%a9-es-la-agricultura-org%c3%a1nica/>
- CESVVER. (2013). *CESAVE VERACRUZ*. Obtenido de CESAVE VERACRUZ :  
<http://www.cesvver.org.mx/roya-del-cafe-hemileia-vastatrix/>
- Chacón, J. Y. (2019). *Lifeder.com*. Obtenido de Lifeder.com: <https://www.lifeder.com/quercus-rugosa/>
- Chirinos, J., Olivares, B., & Guevara, E. (2013). Efectividad Biológica de Extractos Vegetales en el Control In Vitro de la Bacteria Fitopatógena Xanthomona. *Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portuga*, 110-121. Obtenido de  
<https://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/904/90428841002/6>
- CLIMATE-DATA.ORG. (2019). *CLIMATE-DATA.ORG*. Obtenido de CLIMATE-DATA.ORG:  
<https://es.climate-data.org/america-del-norte/guatemala/sacatepequez-2369/>
- Coffea diversa. (2013). *Coffea diversa*. Obtenido de Coffea diversa: <http://es.coffeadiversa.com/>
- CropLife. (2018). *Roya del cafeto (Hemileia vastratrix)*. Obtenido de  
<https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/roya-del-cafeto>
- Endless, M. (2014). *Abc del cafe*. Obtenido de Abc del cafe:  
<https://es.slideshare.net/moonendlessmyth/abc-del-cafe1>
- Estrada, G. D. (2012). *EPIDEMIOLOGÍA DE LA ROYA DEL CAFÉ*. Obtenido de EPIDEMIOLOGÍA DE LA ROYA DEL CAFÉ.:  
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6441/1/EPIDEMIOLOG%3%8DA%20DE%20LA%20ROYA%20DEL%20CAF%3%89%20IIA.pdf>

- FAO. (2011). *Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana*. Obtenido de Biopreparados para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura urbana y periurbana: <http://www.fao.org/3/as435s.pdf>
- FAO. (2018). *FAO*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/ad818s/ad818s03.htm>
- Filho, E. d. (2015). *Manual\_Roya\_Completo*. Obtenido de Manual\_Roya\_Completo: [https://worldcoffeeresearch.org/media/documents/Manual\\_Roya\\_Completo.pdf](https://worldcoffeeresearch.org/media/documents/Manual_Roya_Completo.pdf)
- Flores, J. (2017). *Blog Esah*. Obtenido de Blog Esah: <https://www.estudiahosteleria.com/blog/enologia-cocteleria/los-taninos>
- Fórum del Café. (2018). *El café de Guatemala*. Obtenido de <http://www.forumdelcafe.com/noticias/cafe-guatemala>
- FUNDESYRAM. (2010). *Fundacion para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental*. Obtenido de Fundacion para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2730>
- Galván, J. V., González Díaz, C. A., & González Hernández, R. (2014). Efecto de los extractos acuosos de hojas de plantas de gobernadora (*Larrea tridentata*), hojasesn (*Flourensia cernua*) y encino (*Quercus pungens*), sobre el crecimiento micelial in vitro de hongos fitopatógenos. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 13-17.
- Gómez, G. C. (2018). *Diseminación de Hemileia vastatrix Berk y Br*. Obtenido de Diseminación de Hemileia vastatrix Berk y Br: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/741/7/6%20Diseminaci%C3%B3n%20de%20Hemileia%20vastatrix%20Berk%20y%20Br.pdf>
- Gómez, O. (2010). *FUNDESYRAM*. Obtenido de FUNDESYRAM: <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2729>
- González Hernández, A., Llorens, E., & García Agustín, P. (2018). *Efecto de extracto de Mimosa tenuiflora y Quercus robur en lechuga (Lactuca sativa L.) frente a la infección causada por el hongo Sclerotinia sclerotiorum*. Obtenido de <https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/295-enero-2018/efecto-de-extracto-de-mimosa-tenuiflora-y-quercus-robur-en-lechuga-lactuca-sativa-l-frente-a-la-infeccion-causada-por-el-hongo-sclerotinia-sclerotiorum>

- Google Earth. (s.f.). *Google Earth*. Obtenido de Google Earth:  
<https://earth.google.com/web/@14.565276,-90.6790837,1944.29682361a,476.2948459d,35y,135.73469693h,0t,0r>
- infoAgro. (2006). *infoAgro*. Obtenido de infoAgro:  
<https://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe2.htm>
- Javora, J. (2002). *IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ DE GUATEMALA*. Obtenido de IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ DE GUATEMALA:  
<http://glifos.unis.edu.gt/digital/tesis/2004/9631.pdf>
- MAGA. (2017). *Informe generado utilizando el Sistema SATCAFE, auspiciado por FAO*. Obtenido de Informe generado utilizando el Sistema SATCAFE, auspiciado por FAO:  
<https://visar.maga.gob.gt/visar/2017/sv/Roya2017ag.pdf>
- Manzo, R. A. (2016). *Ruta del ácido shikímico*. Obtenido de Ruta del ácido shikímico:  
<https://www.slideshare.net/xiuhts/farma-3-59142867>
- Molido y servido. (s.f.). *Molido y servido*. Obtenido de Molido y servido:  
<https://www.molidoyservido.com/fases-del-cultivo-de-cafe/>
- MONTEJO, L. A. (2018). *EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (Hemileia vastatrix) EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA; JACALTENANGO, HUEHUETENANGO*. Obtenido de EVALUACIÓN DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (Hemileia vastatrix) EN PRODUCCIÓN ORGÁNICA; JACALTENANGO, HUEHUETENANGO.:  
<http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2018/06/14/Montejo-Lenny.pdf>
- Mora, J. (2013). *ENOARQUÍA*. Obtenido de ENOARQUÍA: <https://www.enoarquia.com/que-son-los-taninos-del-vino/>
- Mora, N. (2008). *Agrocadena de Café*. Obtenido de Agrocadena de Café :  
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9314.pdf>
- Moya, G. L. (1982). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare:  
<https://es.slideshare.net/gluna62/semilleros-y-almacigos-de-cafe>
- Naturalista. (2016). *Naturalista*. Obtenido de Naturalista: <https://www.naturalista.mx/taxa/328339-Hemileia-vastatrix>
- Naturalista. (2017). *Naturalista*. Obtenido de Naturalista: <https://www.naturalista.mx/taxa/167666-Quercus-rugosa>

- Neira, A. P. (2006). *Informe Enológico*. Obtenido de Informe Enológico :  
<http://www.gie.uchile.cl/pdf/Alvaro%20Pe%F1a/taninos.pdf>
- Oda, L. (2013). *América economía*. Obtenido de América economía:  
<https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/guatemala-perderia-hasta-40-de-la-produccion-de-cafe-por-efectos-de-las-roya-en->
- Oficina Económica y Comercial de España en Guatemala. (2019). *INFORME ECONÓMICO Y COMERCIAL*. Obtenido de INFORME ECONÓMICO Y COMERCIAL:  
[https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/odix/~edis/doc2019821159.pdf?utm\\_source=RSS&utm\\_medium=ICEX.es&utm\\_content=17-05-2019&utm\\_campaign=Informe%20econ%C3%B3mico%20y%20comercial.%20Guatemala%202019](https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/odix/~edis/doc2019821159.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=17-05-2019&utm_campaign=Informe%20econ%C3%B3mico%20y%20comercial.%20Guatemala%202019)
- Ordóñez, M. E. (2016). *APS*. Obtenido de APS:  
<https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalbasidio/pdlessons/Pages/CoffeeRustspan.aspx>
- Oscar, G. (2010). *FUNDESYRAM*. Obtenido de FUNDESYRAM:  
<http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=2730>
- Osorio, C. R. (2015). *La Roya del Cafeto en Colombia*. Obtenido de La Roya del Cafeto en Colombia: <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot036.pdf>
- Padilla, F. F. (2018). *El café guatemalteco un enfoque en el mercado mundial y su productividad*. Obtenido de El café guatemalteco un enfoque en el mercado mundial y su productividad: <http://camcig.org/userfiles/2019/01/2018.-DICE-El-caf%C3%A9-guatemalteco-un-enfoque-en-el-mercado-mundial-y-su-productividad-1.pdf>
- Pinochet, J. (2016). *Plagas\_y\_enfermedades\_de\_caracter\_epidemico*. Obtenido de Plagas\_y\_enfermedades\_de\_caracter\_epidemico:  
[http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3348/Plagas\\_y\\_enfermedades\\_de\\_caracter\\_epidemico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3348/Plagas_y_enfermedades_de_caracter_epidemico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Plataforma Nacional de Café Sostenible–SCAN. (2015). *ALMÁCIGOS*. Obtenido de ALMÁCIGOS: <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/BPA-1.Almacigos-20150914-web.pdf>
- PMH-CEG. (2013). *Boletin-2.-La-Roya-y-sus-efectos-en-el-desempleo-y-emigracion-Gt*. Obtenido de Boletin-2.-La-Roya-y-sus-efectos-en-el-desempleo-y-emigracion-Gt:  
<https://www.movilidadhumana.com/wp-content/uploads/2013/09/Boletin-2.-La-Roya-y-sus-efectos-en-el-desempleo-y-emigracion-Gt..pdf>

- PORTILLO, A. (2001). *Offarm*. Obtenido de Offarm: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-roble-quercus-robur-l-fagaceas--13021562>
- PORTILLO, R. J. (2006). *Tesis Caracterizaci\363n de Tres Variedades de Cafeto*. Obtenido de Tesis Caracterizaci\363n de Tres Variedades de Cafeto: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2266.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2266.pdf)
- Productor Agropecuario . (2017). *Unos 75.000 empleos se han perdido por la roya en Guatemala*. Obtenido de Unos 75.000 empleos se han perdido por la roya en Guatemala: <https://revistaproagro.com/unos-75-000-empleos-se-perdido-la-roya-guatemala/>
- Promecafé. (2013). *La roya del café* . Obtenido de La roya del café : <http://promecafe.net/documents/Boletines/boletin134.pdf>
- Promecafe. (2016). *El impacto de la roya de café en el sector cafetalero de América Central*. Obtenido de El impacto de la roya de café en el sector cafetalero de América Central: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/06/AMERICA-CENTRAL-Informe-Especial-sector-cafetalero-2016.pdf>
- Promecafe. (2017). *Inter-Boletín*. Obtenido de Inter-Boletín: <http://promecafe.net/wp-content/uploads/2018/04/Inter-Boletin-153br.pdf>
- Pulgarín, J. a. (2011). *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*. Obtenido de Crecimiento y desarrollo de la planta de café: <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- Pulgarín, J. a. (2011). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Obtenido de Sistemas de producción de café en Colombia: <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- Ramírez López, M. (2012). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS FUNDAMENTOS Y APLICACIONES EN AGRONOMÍA*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/103104235/Texto-diseno-analisis-experimentos-Ezequiel-Lopez>
- ROSA, I. B. (2018). *Enfermedades del cultivo del café*. Obtenido de Enfermedades del cultivo del café: <http://procagicard.com/download/46/modulo-2-taller-de-manejo-de-plagas-y-agroforesteria/1143/2-2-enfermedades-del-cultivo-del-cafe.pdf>
- Rozo Peña, Y. I. (2010). *Cenicafé*. Obtenido de Cenicafé: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc061%2804%29297-314.pdf>

- SCAN Guatemala. (2015). *LA ROYA DEL CAFÉ “Un enemigo silencioso que lo puede dejar en la ruina”*. Obtenido de LA ROYA DEL CAFÉ “Un enemigo silencioso que lo puede dejar en la ruina”.: <https://www.sustainabilityxchange.info/filesagri/BPA-3.-La-Roya-del-Caf%C3%A9-20150914.pdf>
- SENASICA. (2016). *SENASICA*. Obtenido de SENASICA:  
<http://www.cesaveson.com/files/docs/campanas/vigilancia/fichas2016/ROYAcafeto.pdf>
- Sierra, A. J. (2018). *Bioestimulantes agrícolas*. Obtenido de Bioestimulantes agrícolas:  
<http://www.bioestimulantesagricolas.net/compuestos-fenolicos/>
- SILVA, V. H. (2016). *DIAGNOSTICO DE LA CADENA DE CAFÉ*. Obtenido de DIAGNOSTICO DE LA CADENA DE CAFÉ: <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/9809.pdf>
- SINAVEF. (2013). *SINAVEF*. Obtenido de SINAVEF:  
[http://www.nuprec.com/Nuprec\\_Sp\\_archivos/CAFE/CAFETO\\_archivos/Roya\\_archivos/Literatura%20Roya/FichaT%C3%A9cnicaRoyadelCafeto.pdf](http://www.nuprec.com/Nuprec_Sp_archivos/CAFE/CAFETO_archivos/Roya_archivos/Literatura%20Roya/FichaT%C3%A9cnicaRoyadelCafeto.pdf)
- Subero, L. (2017). *La Roya del Cafeto*. Obtenido de La Roya del Cafeto:  
[https://infoagro.net/sites/default/files/migrated\\_documents/attachment/2Roya\\_del\\_cafeto.pdf](https://infoagro.net/sites/default/files/migrated_documents/attachment/2Roya_del_cafeto.pdf)
- Themes, G. (2014). *Fruto y grano de Café*. Obtenido de Fruto y grano de Café:  
<http://multiblog.educacion.navarra.es/gangsva/2012/05/14/estructura-del-fruto-y-grano-del-cafeto/>
- TUMUNDODELCAFE. (2018). *TUMUNDODELCAFE.COM*. Obtenido de TUMUNDODELCAFE.COM: <https://www.tumundodelcafe.com/morfologia-del-cafe/>
- Viveros, F. M. (2012). *La ciencia y el hombre*. Obtenido de La ciencia y el hombre:  
<https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol25num1/articulos/quimicos/>

## XII. ANEXOS

### A. Anexo 1. Resultado del análisis de taninos del extracto de encino -LIPRONAT-



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Laboratorio de Investigación de Productos  
Naturales –LIPRONAT-

Informe No. 003-191119

#### INFORME DE RESULTADOS

**Actividad solicitada:** Cuantificación de taninos de dos muestras de encino.

**Solicitante:** Maria José Quinteros Godoy

**Fecha de solicitud:** 4 de noviembre de 2019

#### MÉTODOS

##### Cuantificación de taninos

La cuantificación de taninos se realizó por medio de la espectrofotometría ultravioleta-visible. Para el método se utilizaron 0.5 mL de la muestra, posteriormente se agregó 1 mL del reactivo para taninos (solución tungsto-fosfomolibdico), se agitó y se dejó reposar durante 5 min, luego se añadió 0.5 mL de solución de carbonato de sodio al 20 %, se agitó y enrasó con agua destilada. Las muestras fueron leídas a 700 nm y su concentración es reportada como porcentaje de ácido tánico (Lastra, Rodríguez, Ponce y González, 2000).

#### RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los datos de la cuantificación de taninos expresados como mg/g de ácido tánico en dos muestras de encino sometidas a dos diferentes tipos de fermentación.

**Tabla 1** Cuantificación de taninos.

Muestra	mg/g de ácido tánico	Promedio	Desviación
Encino 1	265.84	264.44	5.04
	268.64		
	258.85		
Encino 2	39.77	39.59	0.32
	39.21		
	39.77		

Fuente: Datos experimentales obtenidos en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales – LIPRONAT-, laboratorio 106, edificio T10, USAC.

## DISCUSIÓN

El contenido de taninos expresado como mg/g de ácido tánico de la muestra de Encino 1 fue de 264.44 (5.04) y el de la muestra de Encino 2 fue de 39.59 (0.32). Estudios realizados indican que la concentración de taninos condensados en hojas de diferentes especies de encino se encuentra entre los rangos de 0.00 a 20.06 mg/g de ácido tánico para el árbol joven y de 3.49 a 55.28 mg/g de ácido tánico para los árboles más antiguos (Pandey y Makkar, 1991), la muestra de Encino 2 se encuentra entre dichos rangos, a diferencia de la muestra de Encino 1 que presenta un valor superior, lo que indica que el proceso de fermentación al que fue sometido la muestra influye considerablemente en el contenido de taninos.


## CONCLUSIONES


- La muestra de encino 1 presentó un porcentaje mayor de contenido de taninos que la muestra de encino 2, lo que indica que el proceso de fermentación al que fue sometido influye en el contenido de taninos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Lastra, H., Rodríguez, E., Ponce, H., y González, M. (2000). Método analítico para la cuantificación de taninos en el extracto acuoso de romerillo. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 5(1), 17-22.
- Pandey, R., y Makkar, H. (1991). Variation of tannins in oak leave. *Biochem. Physiol. Pflanzen*, 187, 392-394.

  
Lorena Rochac  
Analista

  
Dra. Sully Argote Cruz  
Coordinadora



Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT)

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe de resultados sin previa autorización.

-----FIN-----

## B. Anexo 2. Formato utilizado durante el proceso de investigación.

Tabla 24 Formato de tabla para el registro de información de hojas con roya del café durante cada lectura

Finca							
Fecha de muestreo:						Área:	
Responsable del muestreo:							
Tratamiento	Repetición	No. Planta	No. Hojas	Rebrote	Hojas/Roya	INC%	SEV%

## C. Anexo 3. Fotografías durante el proceso de investigación.



Ilustración 31 Fertilización de las plántulas de café variedad caturra.

## XIII. GLOSARIO

- **Ácido siquímico**

El ácido siquímico o más comúnmente conocido como su forma aniónica el siquimato, es un intermediario bioquímico importante en plantas y microorganismos. Su nombre deriva de la flor del shikimi japonés, fuente natural del cual fue extraído por primera vez. En la industria farmacéutica el ácido siquímico, obtenido del anís estrellado (*Illicium verum*), es utilizado para la producción del antiviral tamiflu (oseltamivir). Aunque el ácido siquímico está presente en muchos organismos autotrofos es también un intermediario biosintético y generalmente se encuentra en concentraciones muy bajas.

- **Apresorio:**

Modificación de las hifas para la infección de una célula epidérmica del huésped.

- **Coalescer**

Es la posibilidad de que dos o más materiales se unan en un único cuerpo.

- **Cumarinas**

Las cumarinas constituyen una clase de metabolitos secundarios, ampliamente distribuidos en el reino vegetal, pudiendo también ser encontrados en hongos y bacterias. A las cumarinas le son atribuidas una gran variedad de actividades farmacológicas, bioquímicas y terapéuticas, las cuales dependen de sus padrones de sustitución y ellos poseen isómeros naturales conocidos como cromonas.

- **Espigadas**

Que se deja crecer hasta la completa madurez de la semilla y que toma altura.

- **Esporas**

Designa un cuerpo microscópico unicelular o pluricelular que se forma con fines de dispersión y supervivencia por largo tiempo (dormancia) en condiciones adversas, y que generalmente es una célula haploide. En muchos seres eucariotas, es parte fundamental de su reproducción, originándose un nuevo organismo al dividirse por mitosis (especialmente en hongos) o meiosis (plantas), sin tener que fusionarse con otra célula, mientras que en algunas bacterias se trata en cambio de una etapa inactiva, resistente a la desecación y con fines de supervivencia no reproductivos.

- **Estomas**

Se denomina estoma a las dos células oclusivas que forman parte de la epidermis de la planta y que delimitan entre ellas un poro llamado ostiolo; la epidermis es impermeable al agua y

gases debido a la capa de cutícula que la cubre, que permiten comunicar el ambiente gaseoso del interior de la planta con el del exterior.

- **Flavonoides**

Los flavonoides son un grupo diverso de fitonutrientes (químicos vegetales) que se encuentran en muchas frutas, verduras y especias. Los flavonoides son poderosos antioxidantes, con características antiinflamatorias que asisten al sistema inmunológico.

- **Inflorescencias**

Se denomina Inflorescencia a aquellos sistemas de ramas de los espermatófitos que están destinados a la formación de flores y se suelen encontrar más o menos claramente delimitados respecto al área vegetativa. Constan de un eje principal llamado raquis que lleva generalmente brácteas en cuyas axilas nacen flores o inflorescencias parciales. El raquis está unido al tallo por el pedúnculo y cada flor está sostenida por el pedicelo.

- **Lignina**

Lignina. Es el constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales. Se concentra en la lámela media y funciona prácticamente como relleno para impartir rigidez al tallo de la planta. El segundo elemento en importancia de la composición vegetal.

- **Plagiotrópico**

En las descripciones de la arquitectura de las plantas puede indicarse si su tallo principal o sus ramas son ortótropos o plagiótropos. Un eje plagiótropo crece en forma paralela al suelo, es un eje horizontal.

- **Uredinales**

Las uredinales, conocidos generalmente como royas, son hongos parásitos de plantas caracterizados por la producción de esporas de resistencia, con una pared gruesa, llamadas teliosporas. Los Uredinales o royas son quizás los hongos más importantes por su interés económico, ya que las casi 4.000 especies que forman el grupo son todas parásitas de plantas y por tanto la causa de grandes pérdidas en cultivos.

- **Taninos**

Compuesto fenólico que abunda en muchas plantas y frutos. Son hidrosolubles, de sabor áspero y amargo. Su composición química es variable pero poseen una característica común, la de ser astringentes y coagular los alcaloides, albúminas y metales pesados.

- Urediniosporas

Las urediniosporas (o uredosporas) son esporas de paredes delgadas producidas por el uredio, una etapa en el ciclo de vida de las royas. Las urediniosporas se desarrollan en el uredio, generalmente en la superficie de la hoja. Las urediniosporas generalmente tienen dos núcleos dicariotas dentro de una célula. En masa, generalmente son de color marrón pálido en contraste con las teliosporas que generalmente son de color marrón oscuro.