

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE TÉ DE LOMBRICOMPOST EN SUSTITUCIÓN A UNA APLICACIÓN QUÍMICA  
SOBRE ROYA DEL CAFÉ  
TESIS DE GRADO

**RICARDO JOSÉ CHACÓN BOSCH**  
CARNET 10630-13

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2017  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

EVALUACIÓN DE TÉ DE LOMBRICOMPOST EN SUSTITUCIÓN A UNA APLICACIÓN QUÍMICA  
SOBRE ROYA DEL CAFÉ  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**RICARDO JOSÉ CHACÓN BOSCH**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2017  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA  
MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN  
ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL

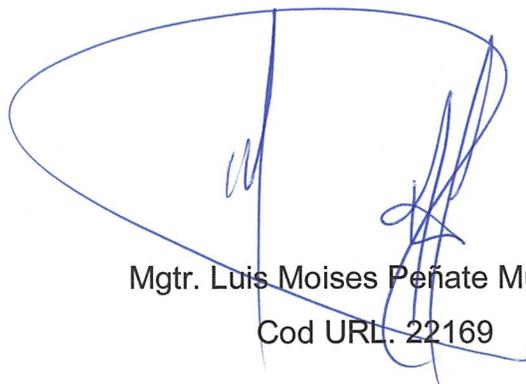
Guatemala, 06 de noviembre de 2017

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por esto medio hago constar que he asesorado el trabajo de tesis del estudiante Ricardo José Chacón Bosch, que se identifica con carné 1063013, titulado: **“EVALUACIÓN DE TÉ DE LOMBRICOMPOST EN SUSTITUCIÓN A UNA APLICACIÓN QUÍMICA SOBRE ROYA DEL CAFÉ”** el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, sweeping oval shape on the left and a more complex, scribbled signature on the right.

Mgr. Luis Moisés Peñate Munguía

Cod URL. 22169

**Ing. Luis Moisés Peñate Munguía M.A.**  
**Especialista en Protección Vegetal**  
**Colegiado 5495 CIAG**



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06826-2017

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante RICARDO JOSÉ CHACÓN BOSCH, Carnet 10630-13 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06186-2017 de fecha 30 de octubre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE TÉ DE LOMBRICOMPOST EN SUSTITUCIÓN A UNA APLICACIÓN  
QUÍMICA SOBRE ROYA DEL CAFÉ

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 2 días del mes de noviembre del año 2017.



LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ, VICEDECANA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar

## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios que me dio la vida y la oportunidad de estudiar lo que me apasiona.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Al Ing. Julio García por su asesoría, revisión y corrección en el anteproyecto del presente trabajo.

Al Ing. Luis Peñate por su asesoría, revisión y corrección del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

A:

Dios: Que me dio la bendición necesaria para culminar una etapa académica más en mi vida y me permitió estar rodeado de las personas que me apoyaron durante esta etapa.

Mis padres: Ricardo Chacón y Evelyn Bosch a quienes amo y agradezco por su apoyo incondicional y tiempo.

Mi Familia: Abuelos y hermanas que siempre me han apoyado y alentado.

Mis amigos: Por su apoyo, compañía y por formar parte de una experiencia única.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	i
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	2
2.1 CULTIVO DEL CAFETO EN EL MUNDO.....	2
2.1.1 Importancia del Café en Guatemala .....	6
2.2 ROYA DEL CAFÉ (Hemileia vastatrix) .....	9
2.2.1 Taxonomía.....	11
2.2.2 Morfología.....	11
2.2.3 Ciclo de Vida.....	11
2.2.4 Hospederos.....	12
2.2.5 Daños y Síntomas.....	12
2.2.6 Métodos de Control de la Roya del Café .....	13
2.3 LOMBRICOMPOST.....	17
2.3.1 Composición Química.....	17
2.4 ANTECEDENTES .....	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	22
4. OBJETIVOS.....	24
4.1 GENERAL .....	24
4.2 ESPECÍFICOS .....	24
5. HIPÓTESIS.....	25
6. METODOLOGÍA .....	26
6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	26
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	26
6.3 FACTOR A ESTUDIAR .....	26

6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS .....	26
6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	27
6.6	MODELO ESTADÍSTICO .....	27
6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL .....	28
6.8	CROQUIS DE CAMPO.....	28
6.9	MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	29
6.9.1	Preparación de Terreno .....	29
6.9.2	Marcado de Parcelas .....	29
6.9.3	Preparación de los tratamientos .....	29
6.9.4	Aplicación de lixiviado de lombricompost.....	30
6.10	VARIABLES DE RESPUESTA.....	30
6.10.1	Lecturas de Severidad de Roya por Hoja .....	30
6.10.2	Lectura de Severidad de Roya por Planta .....	31
6.10.3	Lectura de Defoliación .....	32
6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	33
6.12	CRONOGRAMA DE TRABAJO .....	34
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
7.1	CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO.....	35
7.2	DEFOLIACIÓN .....	38
7.3	DESCRIPCIÓN DE COSTOS .....	39
11.	ANEXO .....	45

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Exportaciones de café mundialmente de 1999/2010 (ITC, 2013). .....	2
Cuadro 2. Composición química del lombricompost. (Ávila, 2010).....	18
Cuadro 3. Tratamientos .....	26
Cuadro 4. Cronograma 2017. ....	34
Cuadro 5. P-Valor para las lecturas de severidad en planta y hoja. ....	37
Cuadro 6. P-Valor para las lecturas de defoliación. ....	39
Cuadro 7. Descripción de costos de aplicación por hectárea. ....	39
Cuadro 8. Análisis de varianza por tratamiento. ....	45
Cuadro 9. Análisis de varianza general. ....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación promedio de las exportaciones de café en los ingresos totales de exportación. (ITC, 2013) .....	3
Figura 2. Consumo mundial de café grano 2009 a 2015 (CEDRSSA, 2014).....	4
Figura 3. Principales países importadores de café 2009 a 2015 (CEDRSSA, 2014).....	5
Figura 4. Principales países exportadores de café grano 2009 a 2015 (CEDRSSA, 2014)...	5
Figura 5. Ingreso de divisas por exportaciones de café en Guatemala (SIB, 2011b). .....	7
Figura 6. Volumen de exportaciones de café en Guatemala (SIB, 2011b). .....	7
Figura 7. Valor FOB de las exportaciones de café de Guatemala (SIB, 2011b). .....	8
Figura 8. Destino de exportaciones de café de Guatemala 2015/2016 (Anacafé, 2016).....	9
Figura 9. Distribución mundial de la roya del café con fechas primer reporte (Schumann, 1991).....	10
Figura 10. Ciclo de vida de la roya de café (Calderón, 2013).....	13
Figura 11. Derivados del híbrido timor (Anzueto, 2013).....	14
Figura 12. Calendario de aplicación de fungicidas (Anacafé, 2013). .....	15
Figura 13. Guía de fungicidas sistémicos y de contacto (Anacafé, 2013).....	16
Figura 14. Unidad experimental. ....	28
Figura 15. Croquis de campo.....	28
Figura 16. Escala de severidad de roya en hoja (SAGARPA, 2014). .....	30
Figura 17. Escala de severidad de roya en planta (SAGARPA, 2014). .....	32
Figura 18. Escala de defoliación (SAGARPA, 2014). .....	33
Figura 19. Severidad de roya (Hemileia vastatrix) en planta. ....	35
Figura 20. Severidad de roya (Hemileia vastatrix) en hoja. ....	36
Figura 21. Defoliación causada por roya del café.....	38
Figura 22. Registro de temperatura y lluvia de Fraijanes. (Climate Data Organization, 2017) .....	49

# **EVALUACIÓN DE TÉ DE LOMBRICOMPOST EN SUSTITUCIÓN A UNA APLICACIÓN QUÍMICA SOBRE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)**

## **RESUMEN**

El siguiente trabajo de investigación evaluó el efecto sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*) de la sustitución de la segunda aplicación de fungicida sistémico en un programa fitosanitario nacional que cuenta con tres aplicaciones de fungicida sintético. El estudio se llevó a cabo en Finca San Antonio en Fraijanes, Guatemala donde utilizaron tres concentraciones de lixiviado de lombricompost (5%,10% y 15%), las concentraciones se utilizaron para sustituir la segunda aplicación de fungicidas sintéticos que se aplicaron a parcelas de quince plantas por cuatro surcos. Se realizaron cuatro lecturas, una mensual, en las cuales se evaluaron treinta plantas por parcela. Se determinó que no existe diferencia significativa entre el plan nacional y el plan con la sustitución de una aplicación sintética por tres aplicaciones de lixiviado de lombricompost. Los índices de severidad en planta y hoja, y el índice de defoliación mostraron comportamiento similar en las cuatro aplicaciones evaluadas. Los resultados demostraron que la aportación de nutrientes provenientes del lixiviado de lombricompost no influyen en la retención y creación de nuevo follaje. Se recomienda sustituir la segunda aplicación de fungicida sintético del plan nacional por tres aplicaciones de lixiviado de lombricompost.

# 1. INTRODUCCIÓN

El cafeto (*Coffea arabica*) nativo de Etiopía, es la especie que mayor cantidad de café produce en el mundo. El café ha sido importante para Guatemala desde principios de 1800 y en 1915 la calidad del café guatemalteco fue reconocido por primera vez, desde entonces ha sido altamente cotizado por su calidad. El café es uno de los productos de mayor producción y exportación de Guatemala, siendo uno de los pilares de la economía guatemalteca ya que más de 90,000 productores, 500,000 mil trabajadores y sus familias dependen directamente de su producción, proceso y comercialización. (SIB, 2011a) (MAGA, s.f) (Anacafé, s.f.)

En el año 2011 el país cae en una crisis de producción causada por la roya del café (*Hemileia vastatrix*), esta crisis continúa empeorando y en 2013 la ANACAFÉ declara el problema de la roya como una emergencia nacional. Para ese año de producción se dio una pérdida del 15% y en 2014 del 40% a nivel nacional, estas pérdidas de producción representaron aproximadamente dos mil millones de quetzales que no circularon en la economía nacional. La crisis se ha reducido en años recientes como resultado de programas de control fitosanitario químico, los cuales tienen un alto costo económico y un resultado a corto y mediano plazo. (Anacafé, 2013)

Para Guatemala es de suma importancia solucionar el problema de la roya del café a largo plazo, es por esta razón que se evaluaron los efectos de los microorganismos sobre la roya. Ya han sido aisladas cepas de hongo y bacteria que presentan características antagonistas a la roya, estudios han sido realizados in vitro y han dado resultados alentadores. Es por esta razón que esta investigación se realizó en cafetos en campo, para aplicar el conocimiento teórico y resultados in vitro en condiciones de campo. Como fuente de microorganismos se utilizó el lombricompost, el cual ya ha demostrado tener altas poblaciones microbianas y fúngicas, como un agregado el lombricompost presenta nutrientes que el cafeto necesita. (Haddad *et al.*, 2014)

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CULTIVO DEL CAFETO EN EL MUNDO

El café es uno de los productos más importantes económicamente a nivel mundial, como se observa en el cuadro 1, en 2009/2010 el café produjo US. \$15.4 billones lo cual representa 5.6 millones de toneladas. (ITC, 2013)

Cuadro 1. Exportaciones de café mundialmente de 1999/2010 (ITC, 2013).

---

Exportaciones mundiales de café, por valor y volumen,  
1999/00 – 2009/10

Año cafetero	US\$ miles de millones	Millones de sacos*	Cts/lb FOB**
1999/00	8.7	89.4	74
2000/01	5.8	90.4	49
2001/02	4.9	86.7	43
2002/03	5.5	88.2	47
2003/04	6.4	88.8	55
2004/05	8.9	89.0	76
2005/06	10.1	87.9	87
2006/07	12.5	98,4	96
2007/08	15.0	96.1	118
2008/09	13.5	97.4	105
2009/10	15.4	93.4	125

---

Mundialmente existen 70 países productores de café, los países con mayor producción se encuentran situados en América en su mayoría. En América la producción de café representa una gran cantidad de trabajo, ya que casi 20 millones de empleos provienen de la misma. (FAO, 2010)

Para muchos países, la exportación de café no solo constituye un elemento esencial de ingresos en divisas, sino que contribuyen también con una proporción significativa de los ingresos fiscales y la producción bruta nacional. Los ingresos promedios percibidos por las exportaciones de café en siete países fueron superiores al 10 % durante el período 2000-2010, como lo ilustra la Figura 1, aunque la importancia del café en la economía de varios países decrece con el tiempo. Esto puede ser demostrado por el hecho de que durante el periodo 1996 al 2000, hubo 15 países que presentaron este criterio, es decir que los ingresos de divisas derivadas de las exportaciones de café excedieron el 10%. (ITC, 2013)

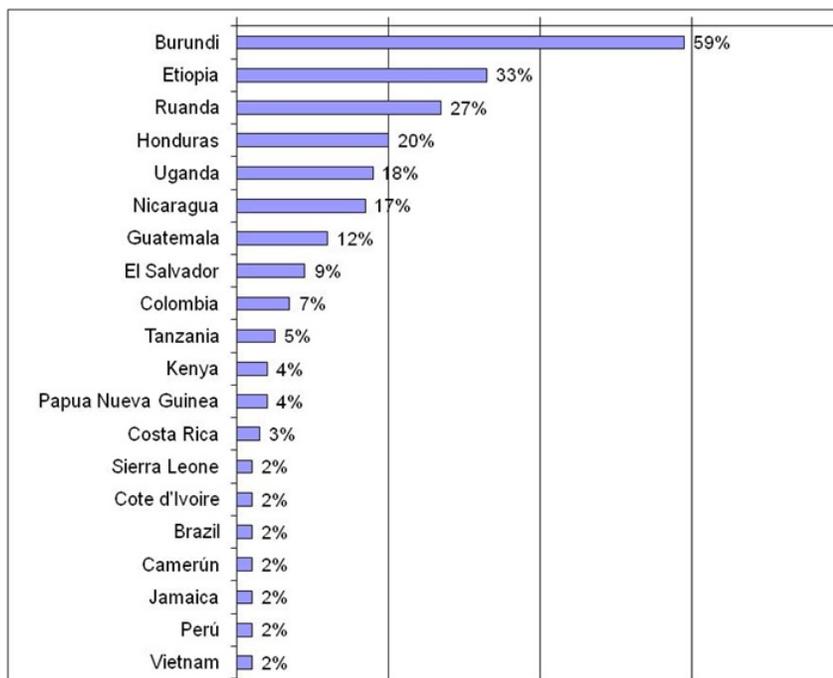


Figura 1. Participación promedio de las exportaciones de café en los ingresos totales de exportación. (ITC, 2013)

En la figura 2 se puede apreciar como en las últimas décadas el crecimiento del consumo del café ha sido constante como. Las proyecciones indican que el consumo mundial de café aumentará anualmente en 0,4 por ciento, de 6,7 millones de toneladas (111 millones de sacos) en 1998-2000 a cerca de 9 millones de toneladas (117 millones de sacos) en 2016. En el presente año la tasa de aumento en el consumo se reducirá en los países desarrollados y en los países en transición, sin importar esto el café continuará teniendo una de las tasas de crecimiento más importantes económicamente a nivel mundial. Uno de los consumidores más grandes reducirá su crecimiento, la unión europea, a excepción de Rusia que continuará aumentando su consumo estabilizando el consumo en Europa. (FAO, 2010)

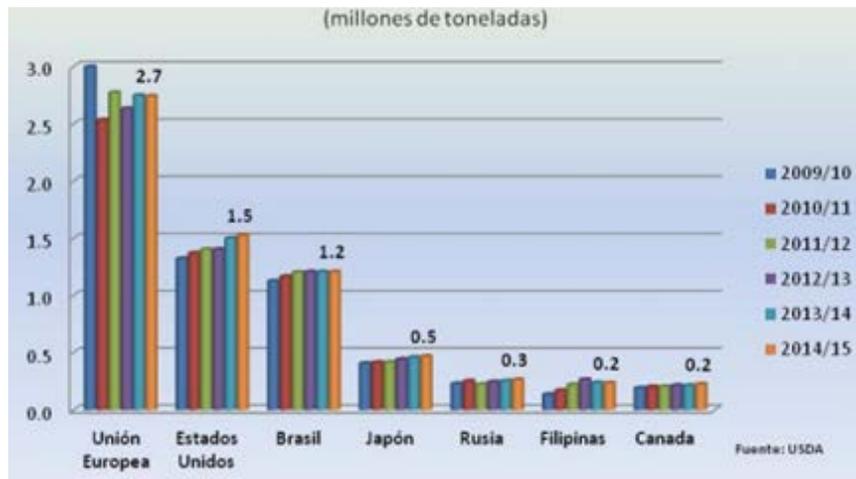


Figura 2. Consumo mundial de café grano 2009 a 2015 (CEDRSSA, 2014).

La misma fuente señala que el 69% de las importaciones en el periodo 2014/15 se concentraron en la Unión Europea (45%) y en Estados Unidos (24%). Por su parte, los países con los mayores niveles de importaciones en los últimos cinco ciclos se mostraron estables en cuanto a sus volúmenes de compra (figura 3), no como los países con menores niveles, pero ubicados dentro de los primeros 10 lugares, que presentaron incrementos sustanciales en sus importaciones en el ciclo 2014/15 en relación con los volúmenes que presentaron en el ciclo 2013/14, tal es el caso de: Australia, China, Malasia y Corea del Sur. (CEDRSSA, 2014)

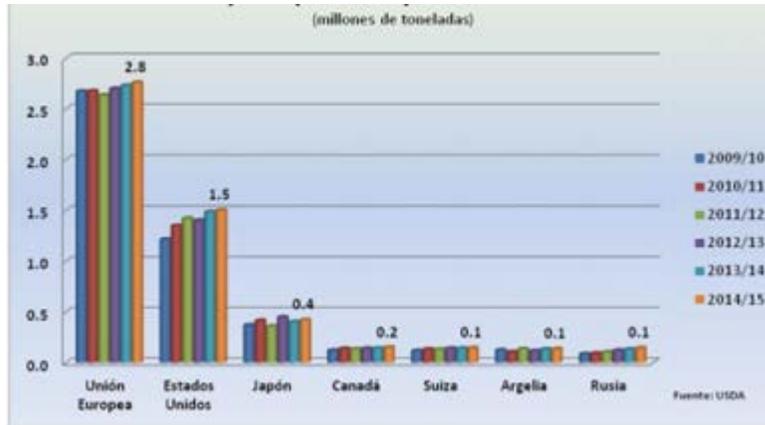


Figura 3. Principales países importadores de café 2009 a 2015 (CEDRSSA, 2014).

Los países con mayores exportaciones actualmente son Brasil, Colombia y Vietnam, combinados exportan más del 66% de las exportaciones totales a nivel mundial (figura 4), de este 66% Brasil aportó el 31%, Colombia el 16% y Vietnam el 19%. Las exportaciones del sector suramericano se reducirán por condiciones climáticas, lo que brindará una oportunidad de mercado a los países centroamericanos para aumentar su porcentaje de exportaciones. (ICO, 2017)

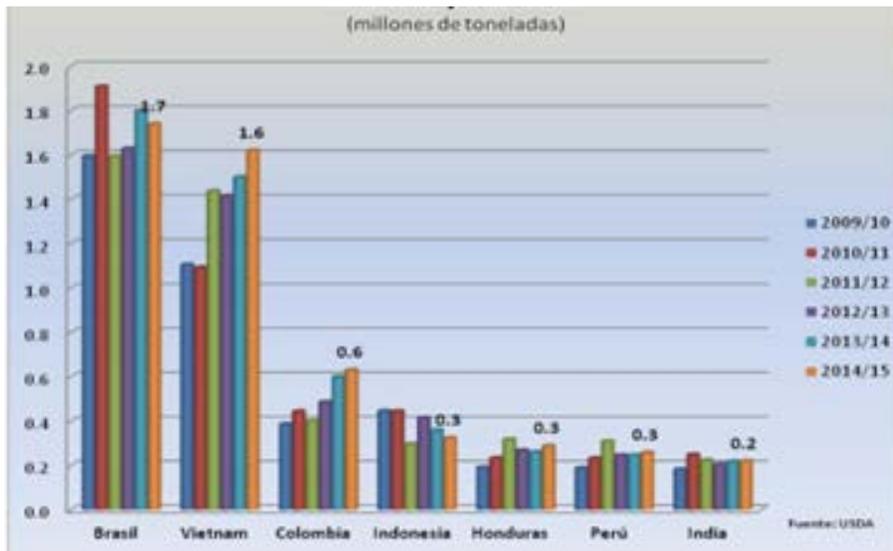


Figura 4. Principales países exportadores de café grano 2009 a 2015 (CEDRSSA, 2014).

Existen diferentes especies de Coffea, la planta del café, arbusto de hoja perenne perteneciente a la familia botánica de las Rubiáceas. La calidad más preciada, el Arabica, representa el 59% de la producción mundial de café. Tiene origen en las regiones montañosas de Etiopía, es sensible al calor y a la humedad, crece en alturas superiores a los 900 metros y llega incluso a alcanzar los 2000-2500 metros. Cuanto mayor la altura mejores las cualidades organolépticas del grano tostado. (CEDRSSA, 2014)

El grano de café no es otra cosa que la semilla de la planta, que se encuentra en el interior de la baya. La baya contiene dos semillas envueltas por una membrana llamada pergamino y un mucílago que es una capa de pulpa azucarada. El grano de Arabica es más bien plano y alargado, con un surco ondulado. Genéticamente el Arabica es la única especie de Coffea con 44 cromosomas. Desde el punto de vista químico el contenido de cafeína varía del 0,9% al 1,7%. (Illy, 2010)

### **2.1.1 Importancia del Café en Guatemala**

Desde sus inicios, el sector caficultor ha sido parte importante de la historia y de la economía del país. La caficultura ha logrado ser por muchos años la base de la actividad agrícola de Guatemala impulsando el desarrollo del país y de todas aquellas personas que viven del cultivo del café. En Guatemala se encuentran plantaciones en todo el territorio nacional ya sea en terrenos quebrados, laderas o montañas. (Javora, 2004)

Según cifras de exportación acumuladas a julio de cada año, el café representó el 10.5% del valor total de las exportaciones de Guatemala en 2010 y el 13.9% en 2011, en la figura 5 se aprecia el ingreso de exportaciones en millones de dolares; asimismo, representa aproximadamente 1.7% del PIB en dólares del país. Para el año cafetalero 2010/2011, Guatemala fue el séptimo exportador mundial de café, detrás de Brasil, Vietnam, Colombia, India, Indonesia y Honduras. (SIB, 2011b)

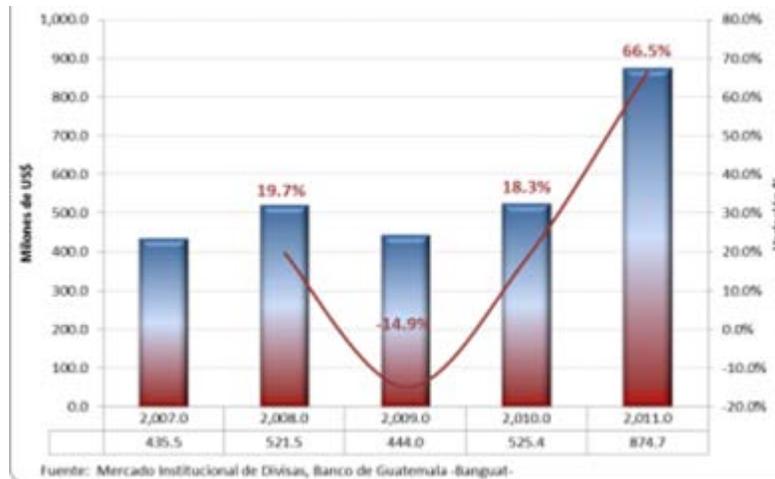


Figura 5. Ingreso de divisas por exportaciones de café en Guatemala (SIB, 2011b).

Guatemala siempre ha participado en el mercado mundial del café, en la última década su participación se ha mantenido cerca del 3.2 % con variaciones, las cuales pueden ser observadas en la figura 6. La clasificación del café producido en Guatemala se encuentra dentro de la más alta calidad. En la cosecha 2016/2017 la exportación de Guatemala disminuyó en un 0.3 % con relación a la cosecha anterior. (ICO, 2017)

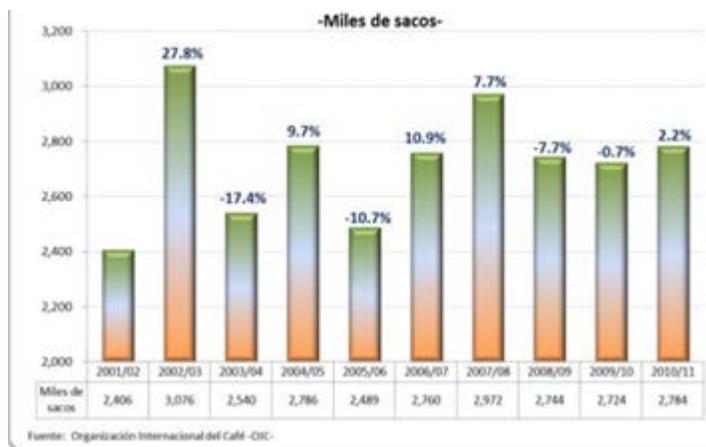


Figura 6. Volumen de exportaciones de café en Guatemala (SIB, 2011b).

A julio de 2011, el valor FOB de las exportaciones acumuladas de café ascendieron a US\$873.6 millones, lo que significa un aumento de US\$341.9 millones, equivalente a un crecimiento de 64.3%, respecto al mismo período del año anterior (figura 7). Por otro lado, el ingreso de divisas por exportaciones de café, de forma acumulada a julio 2011, ascendió a US\$874.7 millones, cifra mayor en US\$349.3 millones (66.5%) con respecto al mismo período del año anterior; atribuido principalmente al mayor volumen exportado y a los altos precios internacionales del grano. (SIB, 2011b)



Figura 7. Valor FOB de las exportaciones de café de Guatemala (SIB, 2011b).

Como lo ilustra la figura 8 para la cosecha 2015/2016 los destinos de exportación de café más importantes para Guatemala fueron, Estados Unidos con un 32%, Japón importó un 20%, Canadá un 13%, Bélgica 8%, Alemania e Italia un 5% respectivamente, el resto de Europa un 8% y el resto del mundo el 9% restante. (Anacafé, 2016)

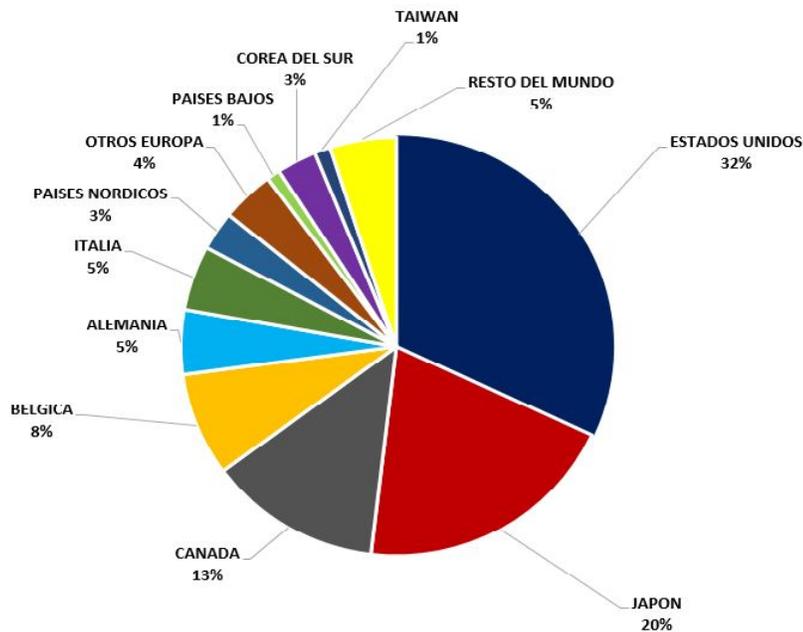


Figura 8. Destino de exportaciones de café de Guatemala 2015/2016 (Anacafé, 2016).

## 2.2 ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)

La Roya es un hongo fitoparásito obligado del cafeto. Pertenece a la subdivisión de los Basidiomicetos, del orden Uredinales, familia Pucciniaceae. Existen 32 razas de Roya *Hemileia vastatrix* que atacan a especies del género *Coffea* especialmente a las plantas de la especie Arábica y también a otras del mismo género, pero con diferentes grados de virulencia. 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, 2015)

A su vez, el cultivo de café es considerado como el producto agrícola más importante en el comercio internacional, y una mínima reducción en el rendimiento o un ligero aumento en los costos de producción de este cultivo por efecto de *H. vastatrix*, puede tener un gran impacto en los cafecultores y en los países cuyas economías son totalmente dependientes de las exportaciones. (SENASICA, 2016)

La figura 9 ilustra como la roya del café (*Hemileia vastatrix*) se reportó por primera vez en Ceilán en 1861, cuando el hongo se manifestó en 1970 cerca de 160,000 hectáreas estaban cubiertas con árboles de café. En el momento no existían fungicidas eficaces para proteger el follaje, por lo tanto, el hongo colonizó las hojas y un gran porcentaje de los árboles fueron defoliados. En 1870, Ceilán era el mayor exportador de café del mundo, con una producción que excedía el millón y medio de sacos (60 libras) 19 años después de los primeros indicios del hongo la producción se redujo en un 95% y la mayoría de las plantaciones fueron abandonadas o destruidas.

La enfermedad llegó a América en 1970, fue encontrada por primera vez en Brasil y de ese punto se dispersó a Suramérica, luego Centroamérica en 1976 y finalmente México en 1979. En América ha tenido impactos importantes en la producción y economía ya que las producciones de ciertos países se han reducido en hasta un 30%. (Schumann, 1991)

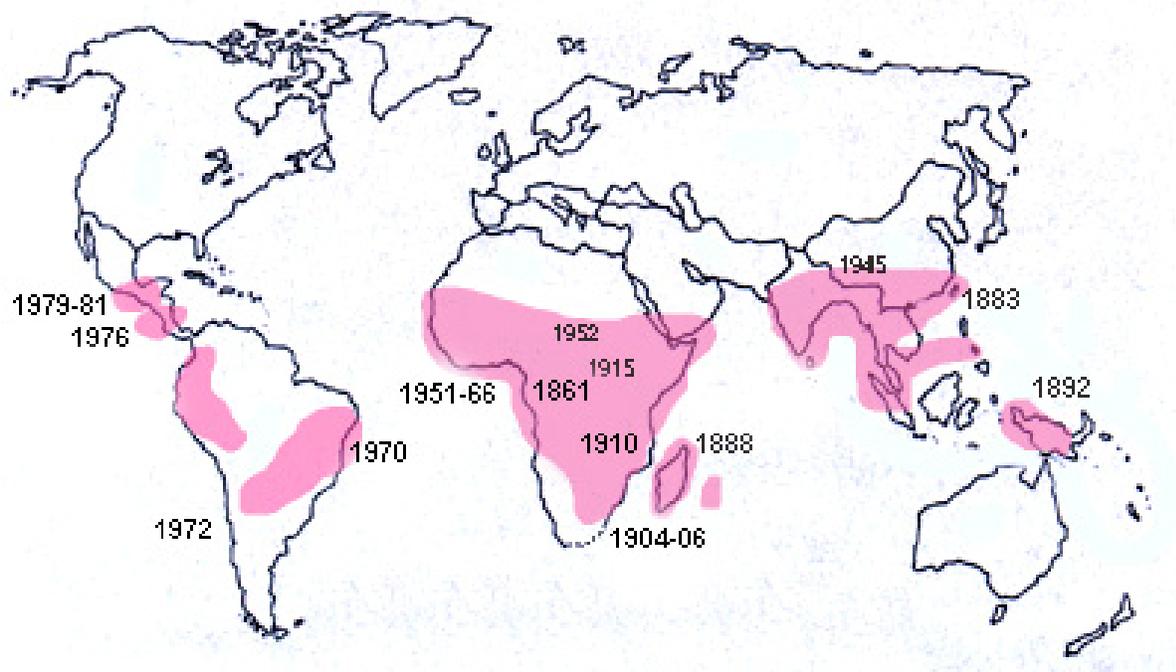


Figura 9. Distribución mundial de la roya del café con fechas primer reporte (Schumann, 1991).

### **2.2.1 Taxonomía**

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

(SENASICA, 2016)

### **2.2.2 Morfología**

Las esporas son de tamaño microscópico (30µm de largo x 20µm de ancho) de forma reniforme, lisas en la cara interna y rugosas en la externa, denominadas urediniósporas, y son producidas en grandes cantidades, y corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y es característico de esta enfermedad (Figura 3). Las teliósporas, cuya ocurrencia es muy baja, son de forma redondeada de 20-25µm. (SENASICA, 2016)

### **2.2.3 Ciclo de Vida**

Para que la infección tenga éxito, se requiere agua libre y se deriva generalmente de la lluvia. Las esporas germinan en 2-4 horas en condiciones óptimas. Después de que las uredosporas germinan a través de los poros del germen en la espóra, se produce apresaría que a su vez produce una vesícula desde la cual se obtiene la entrada a la cavidad substomatal. Dentro de 24-48 horas, la infección se completa. (Ferreira & Boley, 1991)

Como consecuencia, la propagación de la enfermedad y el desarrollo suele limitarse a la temporada de lluvias, y la incidencia de óxido es muy baja durante los periodos secos. El período de incubación o el tiempo entre la infección y el desarrollo de la lesión es de aproximadamente 3-6 semanas de duración por lo que la enfermedad es a menudo evidente en las estaciones más secas. La temperatura es el factor más importante aparte de la humedad para influir en la germinación y la infección posterior por las esporas.

La esporulación o la producción de uredosporas está muy influenciada por la temperatura, la humedad y la resistencia del huésped. Una sola lesión produce 4-6 cultivos de esporas durante un periodo de 3-5 meses liberando 300-400.000 esporas. Los hongos hiperparásitos tales como *Verticillium haemiliae* y *V. psalliotae*, se asocian frecuentemente con lesiones y reducen la viabilidad de uredosporas significativamente. Sin embargo, su uso como agentes de control biológico sigue siendo subutilizado o no es práctico. (Ferreira & Boley, 1991)

#### **2.2.4 Hospederos**

El café es el único hospedero conocido de la *Hemileia vastatrix*, debido a la variabilidad genética de la roya de café es capaz de atacar a todas las especies de *Coffea*. (Ferreira & Boley, 1991)

#### **2.2.5 Daños y Síntomas**

Los daños severos, mayores al 60 %, causan defoliación. Si la infección ocurre en etapas tempranas se puede presentar una reducción en el rendimiento. Pero si se presenta en etapas tardías el efecto se observará en los niveles de amarre de fruto del siguiente ciclo del cultivo.

En la figura 10 se puede apreciar como los síntomas inician como pequeñas manchas de 1-3 mm, traslucidas y de color amarillo claro. La lesión crece en tamaño y puede unirse con otras manchas, hasta formar grandes parches con abundante polvo amarillo (esporas), en el envés de las hojas y que en el lado opuesto se observan como manchas amarillas.

Las lesiones viejas se necrosan, pero la esporulación puede continuar en el margen de la lesión. (SENASICA, 2016)

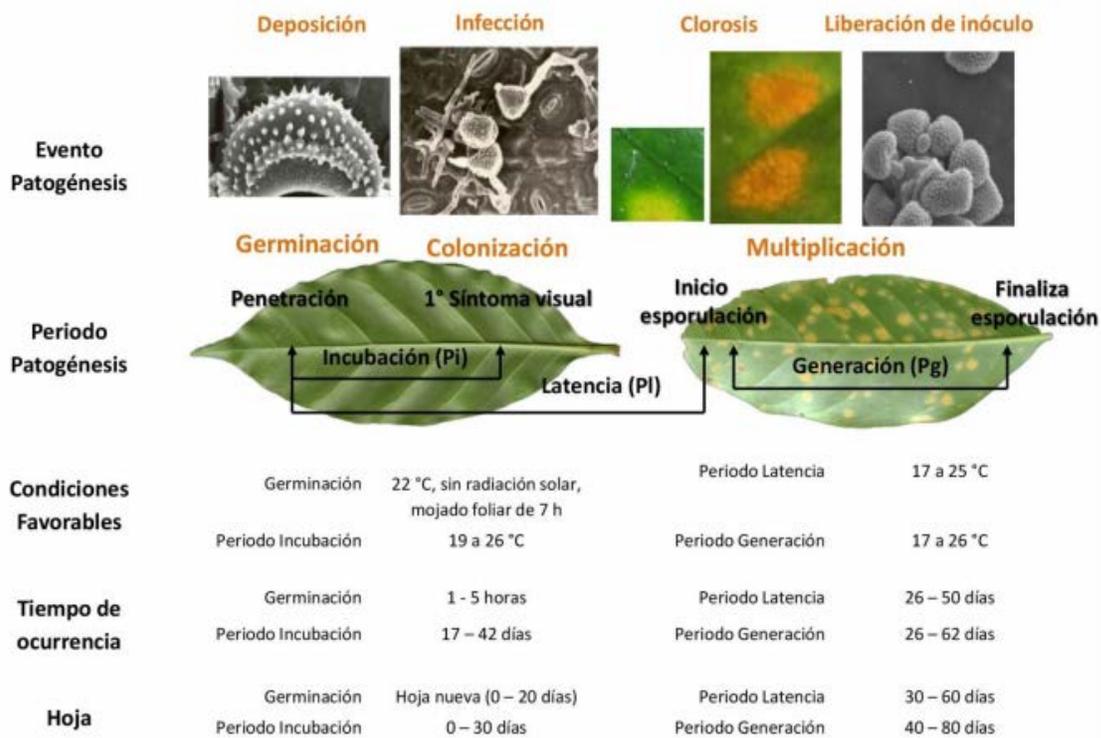


Figura 10. Ciclo de vida de la roya de café (Calderón, 2013).

## 2.2.6 Métodos de Control de la Roya del Café

### a. Prevención y Erradicación

Las primeras medidas que se han realizado para evitar la presencia de la roya del café han sido las de prevención y erradicación. El desarrollo de estrategias de prevención, erradicación y combate con el objetivo de impedir la introducción de la roya y en caso de detectarse un foco intentar su erradicación y preparar al personal para controlar la enfermedad han sido tareas de primer orden en cada país. (Krings, 2013)

## b. Control Genético

Se han identificado fuentes de resistencia genética a la roya dentro de las especies *C. arabica* (Arábicas), *C. liberica* y *C. canephora* (Robustas), siendo esta última la más utilizada para crear variedades resistentes, en particular el Híbrido Timor que tuvo su origen en un cruzamiento espontáneo entre la variedad Típica de *C. arabica* y Robusta de *C. canephora*, identificada alrededor de 1917 en una plantación de Arábicas en la isla de Timor Oriental (Océano Índico). La probabilidad que ocurra un cruzamiento espontáneo entre ambas especies es mínima. (Anzueto, 2013)

Existen tres grupos creados como la figura 11 ilustra, a partir de cruzamientos de tres diferentes cafetos del Híbrido de Timor (resistentes a la roya), con variedades susceptibles de porte bajo (Caturra, Villa Sarchí y Caturra Amarillo). El objetivo era desarrollar variedades de porte bajo, productivas y resistentes a la roya, al concluir una selección en 5 - 6 generaciones. (Anzueto, 2013)

La resistencia del Híbrido de Timor y sus derivados es del tipo completa, que es menos duradera en el tiempo. Los futuros programas de mejoramiento genético deberán considerar nuevas fuentes de resistencia a la roya para la creación varietal. (Anzueto, 2013)

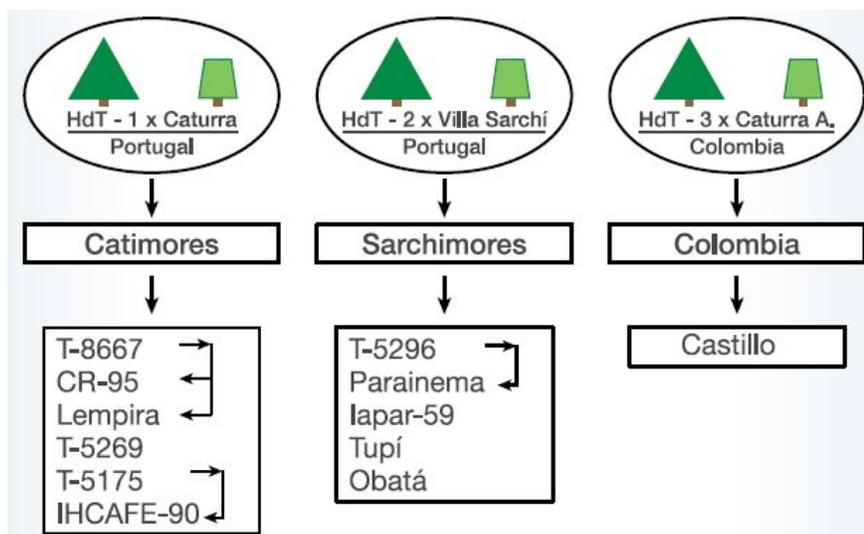


Figura 11. Derivados del híbrido timor (Anzueto, 2013).

### c. Control Químico

La base racional para el manejo químico de la roya del café involucra la fenología de la planta, para lo cual se requiere entender e identificar los periodos de mayor susceptibilidad y los factores de manejo que más impactan en la enfermedad. La incidencia de la roya se incrementa en los meses correspondientes al desarrollo y maduración del fruto y en la época de cosecha. En marzo-abril del siguiente año hay un descenso por condiciones de clima adverso al hongo, caída de hojas durante la cosecha, vientos de la estación seca y defoliación inducida por la enfermedad. Por lo tanto, el momento oportuno para empezar con la aplicación de fungicidas es antes de que se inicie la estación de lluvias, las fechas recomendadas para aplicaciones en cada región se observan en la figura 12. (Virginio & Astorga, 2015)

REGIONES	ÉPOCA DE APLICACIÓN		
	Primera	Segunda	Tercera
Suroccidente	1ª. quincena de mayo	2ª. quincena de junio	1ª. quincena de agosto
Suroriente y Nororiente	1ª quincena de mayo	2ª. quincena de junio	1ª. quincena de agosto
Noroccidente	2ª. quincena de mayo	1ª. quincena de julio	2ª. quincena de agosto
Centro y Norte	2ª. quincena de abril	1ª. quincena de junio	2ª. quincena de julio

Figura 12. Calendario de aplicación de fungicidas (Anacafé, 2013).

Los fungicidas para el control de la roya se han utilizado con éxito durante un buen número de años. Los fungicidas metálicos de cobre han sido los menos costosos y más eficaces, siendo las formulaciones de oxiclورو de cobre las mejores, en la figura 13 se encuentran las dosis recomendadas. Los fungicidas protectores de ditiocarbamato han sido útiles, pero su corta vida residual e inestabilidad a altas temperaturas y humedad han limitado su adopción generalizada. Su rendimiento es mejor cuando se mezcla con fungicidas de cobre. Los inhibidores sistémicos de la biosíntesis de los esteroides de triazol han sido eficaces, pero se han observado altos costos y problemas ocasionales con defoliación severa. Entre los sistemáticos, el triademifon ha sido el mejor hasta ahora. (Ferreira & Boley, 1991)

El grupo de fungicidas denominados triazoles son los que han mostrado mejor actividad en el control de la roya. Estos fungicidas inhiben la formación de una sustancia esencial para el hongo llamada ergosterol, en la figura 13 se observan las dosis recomendadas para su uso. En el grupo de los triazoles se encuentran los siguientes fungicidas: Tebuconazole, Difenoconazole, Epoxiconazole, Cyproconazole, Triadimenol, Propiconazole, Tetraconazole y Flutriafol.

Más recientemente ha surgido un nuevo grupo de fungicidas sistémicos para el control de la roya del café denominado estrobilurinas, cuyo modo de acción consiste en inhibir la respiración de la mitocondria de la célula. Entre los fungicidas que pertenecen a este grupo están: Piraclostrobina, Azoxystrobina, Trifloxystrobina, Picoxystrobina y Kresoxim-methyl. (Virginio & Astorga, 2015)

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis por manzana
<b>FUNGICIDAS DE CONTACTO</b>		
Caldo Bordelés	sulfato de cobre + hidróxido de calcio	4 - 5 libras
Hidróxido de cobre	cobre	4 libras
Óxido de cobre	cobre	4 libras
Oxicloruro de cobre	cobre	5 libras
Timorex Gold	<i>Melaleuca alternifolia</i>	1000 cc
Vigilante	azufre + cobre	1000 cc
<b>FUNGICIDAS SISTÉMICOS CON UN INGREDIENTE ACTIVO</b>		
Opus 12.5 SC	epoxiconazole	350 cc
Alto 10 SL	cyproconazole	280 cc
Caporal 25 DC	triadimenol	350 - 500 cc
Atlas 25 EW	tebuconazole	400 - 560 cc
<b>FUNGICIDAS SISTÉMICOS EN MEZCLAS DE DOS INGREDIENTES ACTIVOS</b>		
Silvacur Combi 30 EC	tebuconazole + triadimenol	350 - 500 cc
Duett 25 SC	epoxiconazole + carbendazim	350 cc
Amistar Xtra 28 SC	azoxystrobin + cyproconazole	350 - 400 cc
Opera	epoxiconazole + pyraclostrobin	350 a 400 cc

Figura 13. Guía de fungicidas sistémicos y de contacto (Anacafé, 2013).

## **2.3 LOMBRICOMPOST**

Es una técnica agropecuaria que tiene como objetivo la crianza de lombrices de la especie *Eisenia foetida* para la producción de humus; el cual sirve para mejorar las condiciones de los suelos. La lombriz se conoce como lombriz de California o coqueta roja, especie que se caracteriza porque requiere de abundante materia orgánica para su desarrollo. (Mérida & Hua, 2012)

El proceso de producción consiste en el paso por el intestino de las lombrices de la materia orgánica a la que aporta microorganismos y fermentos. El humus es de color pardo oscuro, inodoro y no deja residuos al tacto. Se trata de un producto de alta calidad, con una gran riqueza orgánica, carente de fitotoxicidad y muy fácil de manipular. El humus de lombriz es prácticamente neutro (pH entre 6.8 y 7.8) y contiene abundante flora bacteriana y fauna fúngica, miles de millones de colonias por gramo de producto. (Ávila, 2010)

Presenta las siguientes propiedades: es apto para todo tipo de cultivo, contiene un gran contenido de extracto húmico y elementos minerales, también enriquece los suelos gracias a la formación de complejos arcillo-húmicos. Otra propiedad muy importante es que ayuda a la reestructuración de suelos degradados y, estimula y acelera la humificación de la materia orgánica, debido a su alta carga de microorganismos aumenta la actividad biológica de los suelos. El exceso en su utilización no perjudica el cultivo de plantas, ni siquiera en los brotes más tiernos y contiene cuatro veces más nitrógeno, veinticinco veces más fósforo, y dos veces y media más potasio que el mismo peso del estiércol de bovino. (Ávila, 2010)

### **2.3.1 Composición Química**

En el cuadro 2 se muestra la composición química del vermicompuesto o lombricomposto de una manera general, aunque la calidad nutritiva del mismo va a depender del tipo y la calidad del sustrato que se utiliza para producir este tipo de abono.

Lo que es característico del vermicompuesto, es su tendencia, respecto a la escala de Hidrógenos, que va de neutra a alcalina (cuadro 2), lo que le permite una propiedad aceptable en uso sólo o combinado con otros medios de fertilización. Posee un alto contenido de materia orgánica (de 45 a 50 %), por su naturaleza de formación, y se equipara con otros abonos orgánicos como los abonos de tipo fermentados. (Ávila, 2010)

Cuadro 2. Composición química del lombricompost. (Ávila, 2010)

Componente	Cantidad
pH	7.1
Materia Orgánica %	50
Nitrógeno %	2.1
Fósforo %	2.3
Potasio %	2.4
Humedad %	53
Hierro %	1.15
Cobre ppm	170
Zinc ppm	750
Manganeso ppm	550
Cobalto ppm	20

## 2.4 ANTECEDENTES

Se realizó un experimento en el cual se aislaron cuatro cepas de bacterias (*Brevibacillus choshinensis*, *Bacillus megaterium*, *Microbacterium testaceum* y *Cedecea davisae*) de cafetos sanos, las cuales están relacionadas con el control biológico de la roya del café. Soluciones con estas bacterias fueron aplicadas a hojas tres días antes de la inoculación del patógeno, la actividad enzimática y las lesiones de las hojas fueron evaluadas luego de 7 y 18 días.

La cepa *Cedecea davisae* dio como resultado una reducción en la cantidad de lesiones en las hojas producidas por la plaga, las hojas libres de lesiones mostraron una actividad enzimática más alta que las que mostraban lesiones. (Silva *et al.*, 2008)

Múltiples investigaciones han demostrado que el hongo *Lecanicillium lecanii* ataca la roya del café; un estudio plurianual dio como resultado que las plantas con altas poblaciones del hongo entomopatógeno presentan menor incidencia y las plantas con aplicaciones presentan una supresión del hongo *Hemileia vastatrix*. (Jackson *et al.*, 2012)

En Brasil debido al incremento en la producción orgánica de café, la roya del café representa una fuerte amenaza. Se realizó un estudio en el cual se aislaron 17 microorganismos de la microflora del café que reducían la frecuencia de la roya del café por hoja en más del 70%, los microorganismos aislados fueron; nueve hongos y ocho bacterias. Los microorganismos fueron aplicados a plantas en campo en un rango de 0 a 16 días antes de ser inoculadas con *Hemileia vastatrix*, los mejores resultados se obtuvieron al aplicar los microorganismos con anterioridad a la inoculación de la roya del café. (Haddad *et al.*, 2014)

La roya del café es la enfermedad con mayor importancia en Brasil, debido al incremento de producciones orgánicas en el país, se han desarrollado muchos programas de investigación destinados a desarrollar alternativas al control químico de esta enfermedad. En este estudio se aislaron siete bacterias en plantaciones orgánicas y se seleccionaron bajo condiciones controladas al ser evaluadas bajo condiciones orgánicas comerciales. Se llevaron a cabo diez tratamientos que consistían de las siete bacterias aisladas, hidróxido de cobre, silicato de cobre y agua; estas se aplicaron de tres y cuatro veces mensualmente respectivamente en el experimento 1 y 2. La severidad e incidencia de la roya se evaluaron mensualmente, en el experimento 1 se comenzaron las aplicaciones cuando la incidencia era del 23% y no se evidenciaron cambios significativos.

Mientras que el segundo experimento comenzó cuando la incidencia era del 7% y los menores índices de incidencia y severidad se presentaron en la aplicación de hidróxido de cobre y la de *Bacillus sp.* (Haddad *et al.*, 2009)

Un estudio en Cuba tuvo como objetivo la selección en condiciones de laboratorio de aislamientos promisorios de *Lecanicillium lecanii* como agente de control biológico, a través de la aplicación del método heurístico que determina el peso de los valores biológicos y fisiológicos de cada aislamiento, tomando como plaga diana a *Hemileia vastatrix* causante de roya de café.

Este método novedoso en este tipo de estudio permitió seleccionar el aislamiento VI-01 como el de mejores atributos atendiendo a su crecimiento micelial en diferentes medios de cultivos, temperaturas y humedad relativa estudiadas, mejor esporulación en medios sólidos, porcentaje de parasitismo y deformación de uredosporas del fitopatógeno, por lo que resultó exitoso como herramienta de análisis para la selección. La cepa VI-01 mostró un 100% de uredosporas y un 99.99% de parasitismo a la roya de café, por lo que antagoniza de manera significativa a la plaga ya que restringe la dispersión de la roya de café y se alimenta de la misma. (González & Surís, 2007)

La supresión de enfermedades de las plantas debido a la acción de microorganismos endófitos se ha demostrado en varios patosistemas. Se realizaron experimentos bajo condiciones controladas, involucrando bacterias endófitas aisladas de hojas y ramas de *Coffea arabica* L y *Coffea robusta* L con el objetivo de evaluar la inhibición de la germinación de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., Raza II, uredosporas y el control del desarrollo de la roya de la hoja del café en ensayos con discos foliares, hojas desprendidas, y en plántulas en maceta de cv. Mundo Novo.

Los aislados bacterianos endófitos probados resultaron eficaces en la inhibición de la germinación de uredosporas. Los aislados endófitos TG4-Ia, TF2-IIc, TF9-Ia, TG11-IIa y TF7-IIa demostraron un mejor control de la roya de la hoja del café en discos foliares, hojas separadas y pruebas de café en planta.

Los aislados endófitos se identificaron como *Bacillus lentimorbus* Dutky y *Bacillus cereus* Frank. & Frank., Respectivamente. Algunos aislados bacterianos endófitos fueron eficaces en el control de la roya de la hoja de café, aunque algunos aumentaron la gravedad de la enfermedad. Aunque se probó un número relativamente pequeño de bacterias endófitas, se obtuvieron resultados prometedores con respecto a la eficacia del biocontrol de la roya de la hoja del café. (Shiomi *et al.*, 2006)

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El café es uno de los productos de mayor producción y exportación en Guatemala, más de 600,000 trabajadores y sus familias dependen de esta producción, es por esta razón que la crisis de la roya ha tenido un impacto económico en tantas familias. La razón por la que esta enfermedad afecta tanto la producción, se debe a que disminuye la cantidad producida y la calidad del café. (MAGA, s.f)

Los métodos de control más utilizados son el químico y las variedades resistentes a la roya, el control químico es una solución a corto y mediano plazo ya que la roya tiene la capacidad de desarrollar resistencia, lo que significa que llegará un momento en el que el control químico sea ineficiente. El uso de productos químicos también tiene impactos ambientales que reducen la productividad del suelo, contaminan suelo y fuentes de agua, y crean un desbalance en la microflora y fauna de los lugares en los cuales es utilizado. El control químico también tiene la desventaja de tener un costo elevado, por lo que los productores a pequeña escala no pueden costearlo y pierden grandes porcentajes de su producción. (Cristancho *et al.*, 2012)

La siembra de variedades resistentes es una solución sin embargo el problema de la resiembra con variedades resistentes es que requiere una inversión alta y tiempo, de una resiembra son necesarios al menos tres años para que el cafeto inicie su ciclo productivo, es por esta razón que muchos de los productores han optado por no resembrar ya que significarían años sin cosecha. (Cristancho *et al.*, 2012)

Otro problema de la resiembra es la obtención de semilla de variedades resistentes, conseguirlas es complicado, tiene un costo elevado y no hay certeza de la resistencia de las semillas ya que no son certificadas, sino que provienen de fincas con plantaciones resistentes.

Se ha demostrado que existen bacterias y hongos dentro de la microflora del cafeto que tienen las características necesarias para antagonizar a la roya del café.

Es por esta razón que es importante ver el efecto que tienen estas bacterias y hongos sobre la roya en hospederos vivos, por esta razón el experimento se realizara en cafetos vivos bajo condiciones controladas.

El lombricompost es una rica fuente de microorganismos, un gramo de este puede contener hasta 2 millones de bacterias, por lo que se espera que tengan un efecto sobre la incidencia y severidad de la roya sobre el cafeto. Experimentos han demostrado que se reduce la incidencia y severidad en plantaciones cuando el té de lombricompost es aplicado antes de la llegada de la roya. Estos efectos están relacionados a que la nutrición de las plantas mejora por los compuestos del lombricompost y la población de microorganismos que posee. (Ávila, 2010)

El lombricompost es fácil de producir y tiene un costo bajo, es por esta razón que si los resultados del control de roya con poblaciones de microorganismo provenientes del lombricompost son exitosos tendría un gran efecto en la producción cafetalera del país. Pequeños productores que tenían pérdidas a causa de la roya y no podían combatirla por limitaciones económicas, estarían en la capacidad de producir su propia fuente de microorganismos antagonistas a un costo bajo; los productores medianos y grandes reducirían costos de control químico y mejorarían así sus márgenes de rendimiento y utilidad.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

- Evaluar el efecto de la aplicación de té de lombricompost sobre la roya en el cultivo de café en sustitución a una aplicación química conforme a plan fitosanitario recomendado.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

- Cuantificar el efecto del té de lombricompost sobre el nivel de severidad de roya en hoja y planta de café.
- Cuantificar el efecto del té de lombricompost sobre la defoliación.
- Describir costos de aplicación dentro del plan fitosanitario de cada concentración de té de lombricompost.

## **5. HIPÓTESIS**

Al menos una de las concentraciones de lixiviados de lombricompost aplicadas a la planta de café tendrá un efecto significativo sobre el daño de roya.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La evaluación de microorganismos provenientes de lombricompost se realizó en la Finca San Antonio, la cual se encuentra afectada por roya y está ubicada en el km. 24.5 de la carretera a Fraijanes, Guatemala con las coordenadas 14°29'12.13" latitud norte y 90°27'31.11" longitud oeste.

### 6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

La evaluación se llevó a cabo en una plantación establecida de variedad Caturra de 8 años de edad. Se utilizaron microorganismos obtenidos del té de lombricompost elaborado con residuos del manejo y cultivo de la plantación.

- Cafetos de variedad Caturra.
- Lombricompost elaborado con residuos vegetales del sistema productivo de café.
- Microorganismos obtenidos del té de lombricompost.

### 6.3 FACTOR A ESTUDIAR

- Concentraciones de té de lombricompost.

### 6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Cuadro 3. Tratamientos

Tratamiento	Concentración de Té de Lombricompost	Dosificación por Planta
Testigo	Testigo	Testigo
2	5%	0.2 L
3	10%	0.2 L
4	15%	0.2 L

Las aplicaciones 2,3 y 4 (cuadro 3) sustituirán la segunda aplicación de tres aplicaciones de fungicida sistémico con la cual contará el testigo, las tres aplicaciones son las recomendadas como control de roya a nivel nacional.

## **6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

## **6.6 MODELO ESTADÍSTICO**

Se utilizó para la evaluación el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + L_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Severidad en planta, hoja y defoliación asociada a la ij-ésima unidad experimental.

$\mu$  = media general de severidad en planta, hoja y defoliación.

$L_i$  = efecto de la i-ésima concentración de té lombricompost.

$B_j$  = efecto del j-ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental asociada a la ij-ésima unidad experimental.

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La figura 14 ilustra que la unidad experimental consistió en una parcela compuesta de 4 surcos distanciados a 1.65 m y en cada surco 15 plantas distanciadas a 0.84 m, esto equivale a 60 plantas por unidad experimental (equivalente a 63 m<sup>2</sup>).



Figura 14. Unidad experimental.

## 6.8 CROQUIS DE CAMPO

Como se observa en la figura 15, el experimento contó con tres repeticiones, las cuales se realizaron en bloques estos contaban con los cuatro tratamientos evaluados.

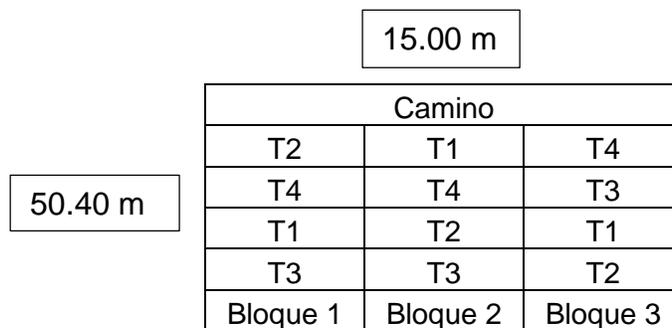


Figura 15. Croquis de campo.

## **6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.9.1 Preparación de Terreno**

Se realizó un reconocimiento del área, asegurándose que el terreno se encontrara libre de malezas y las plantas a evaluar contaran con las condiciones recomendadas para el cultivo.

### **6.9.2 Marcado de Parcelas**

Luego de la selección de del área se procedió a marcar las parcelas, se identificaron las parcelas con rótulos que indican el número de parcela, tratamiento y cantidad de plantas en la parcela. Se seleccionó esta área debido a las condiciones homogéneas con las que cuenta y que se encuentra separada del resto de la plantación por una calle.

### **6.9.3 Preparación de los tratamientos**

En un recipiente se vertieron 4 litros de agua en ellos se agrega el lombricompost solido en la dosificación para cada tratamiento, se agita el contenido 4 veces al día y durante 24 horas. Al finalizar las 24 horas se cuela por tela y se utilizó el lixiviado de lombricompost en menos de 24 horas para asegurarse que los microorganismos estén activos y vivos al momento de aplicación.

#### **a. Testigo**

- Primera y segunda aplicación fungicida “Maxidor” del grupo de estrobulinas.
- Tercera aplicación fungicida “Soprano” del grupo de triazoles.

#### **b. Tratamiento 2 Té de lombricompost al 5%**

- 12 litros de agua
- 600 gramos de lombricompost

#### **c. Tratamiento 3 Té de lombricompost 10%**

- 12 litros de agua
- 1,200 gramos de lombricompost

#### d. Tratamiento 4 Té de lombricompost 15%

- 12 litros de agua
- 1,800 gramos de lombricompost

#### 6.9.4 Aplicación de lixiviado de lombricompost

Se realizaron tres aplicaciones con intervalos de treinta días cada una. La dosis por planta fue de 0.2 L, previo a las aplicaciones se calibró el equipo para asegurarse que las aplicaciones fueran homogéneas y cada planta recibiera la misma cantidad de microorganismos.

El equipo que se utilizó fue:

- Bomba de mochila de 16 L.
- Boquilla de cono.
- Equipo de protección para el aplicador.

#### 6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

##### 6.10.1 Lecturas de Severidad de Roya por Hoja

Para cada lectura se realizó un muestreo mensual de treinta hojas al azar por parcela neta. De las hojas recolectadas se estableció la severidad con ayuda de la escala elaborada por (SAGARPA, 2014), se utilizó esta escala ya que describe la severidad de manera específica.

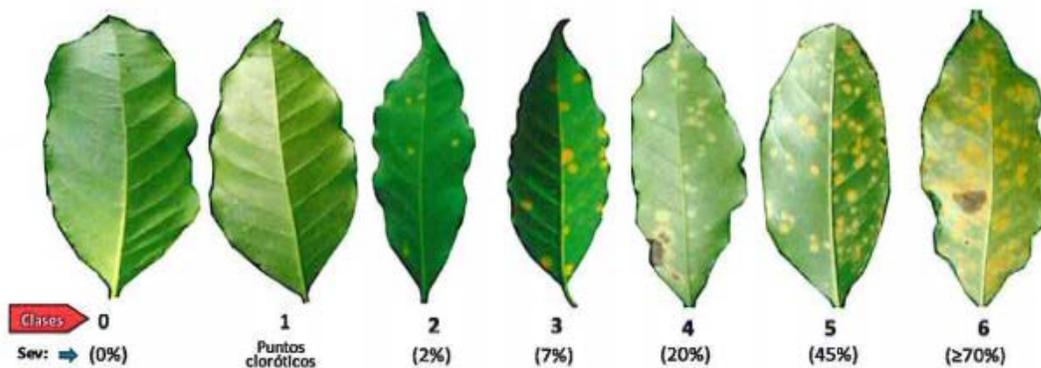


Figura 16. Escala de severidad de roya en hoja (SAGARPA, 2014).

Al obtener los datos de las sesenta hojas se calculó el porcentaje de severidad con la siguiente fórmula:

$$\% \textit{ Severidad} = \left( \frac{S0 * 0 + S1 * 1 + S2 * 2 + S3 * 3 + S4 * 4 + S5 * 5 + S6 * 6}{S * 6} \right) * 100$$

Donde:

S= Número total de hojas muestreadas.

S0 = Número de hojas con valor 0 en la escala.

S1 = Número de hojas con valor 1 en la escala.

S2 = Número de hojas con valor 2 en la escala.

S3 = Número de hojas con valor 3 en la escala.

S4 = Número de hojas con valor 4 en la escala.

S5 = Número de hojas con valor 5 en la escala.

S6 = Número de hojas con valor 6 en la escala.

### **6.10.2 Lectura de Severidad de Roya por Planta**

Se realizó una lectura mensual de severidad de afección de roya a todas las plantas de cada parcela neta con el fin de obtener un dato global de la enfermedad y relacionarlo con el efecto de los microorganismos provenientes del té de lombricompost que se obtuvo de los datos en hojas. Esto se llevó a cabo con ayuda de la escala (figura 17) establecida por SAGARPA (2014). Esta escala permite otorgar un valor cuantitativo a la severidad de la roya en planta basándose en observaciones cualitativas de una manera en el que los valores sean significativos.

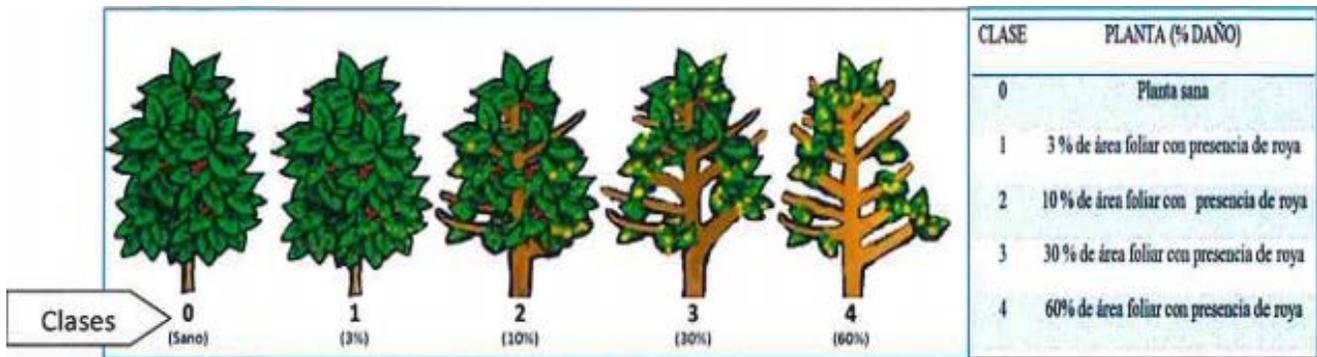


Figura 17. Escala de severidad de roya en planta (SAGARPA, 2014).

Al obtener los datos de cada parcela se calculó la severidad en porcentaje con la siguiente fórmula:

$$\% Severidad = \left( \frac{S_0 * 0 + S_1 * 1 + S_2 * 2 + S_3 * 3 + S_4 * 4}{S * 4} \right) * 100$$

Donde:

S= Número total de hojas muestreadas

S<sub>0</sub> = Número de plantas con valor 0 en la escala.

S<sub>1</sub> = Número de plantas con valor 1 en la escala.

S<sub>2</sub> = Número de plantas con valor 2 en la escala.

S<sub>3</sub> = Número de plantas con valor 3 en la escala.

S<sub>4</sub> = Número de plantas con valor 4 en la escala.

### 6.10.3 Lectura de Defoliación

Los datos de la defoliación se recabaron mensualmente, las plantas evaluadas fueron las de cada parcela neta. Estos datos se relacionaron con el beneficio nutricional del lombricompost, la retención y el aumento de biomasa ante los efectos de la roya, para evaluar la defoliación se utilizó la escala de la Figura 19.

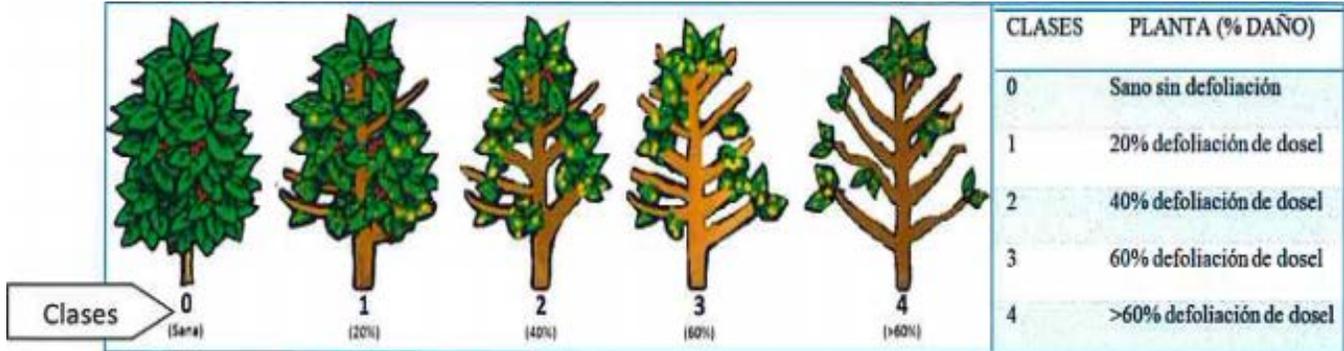


Figura 18. Escala de defoliación (SAGARPA, 2014).

Al obtener los datos de cada parcela se calculó el porcentaje de defoliación con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Defoliación} = \left( \frac{D0 * 0 + D1 * 1 + D2 * 2 + D3 * 3 + D4 * 4}{D * 4} \right) * 100$$

Donde:

D= Número total de hojas muestreadas.

D0 = Número de plantas con valor 0 en la escala.

D1 = Número de plantas con valor 1 en la escala.

D2 = Número de plantas con valor 2 en la escala.

D3 = Número de plantas con valor 3 en la escala.

D4 = Número de plantas con valor 4 en la escala.

## 6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información fue analizada mediante un análisis de varianza alfa=5%, utilizando el modelo estadístico factorial con repeticiones. Ya que no existen diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos no fue necesario utilizar una prueba de medias.

Se realizaron lecturas el 05/04/17, el 09/05/17, el 14/06/17 y el 07/08/17.

## 6.12 CRONOGRAMA DE TRABAJO

Cuadro 4. Cronograma 2017.

Mes	Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Medición del Terreno		x															
Marcado de Parcelas		x															
Toma de Datos		x					x					x					x
Aplicación Tratamiento 2						x				x				x			
Aplicación Tratamiento 3						x				X				x			
Aplicación Tratamiento 4						x				X				x			
Aplicación de Fungicida Sistémico			x												x		

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO

La severidad inicial, se presentó en todos los casos arriba de los umbrales de acción más recomendados en el país, 5 – 10%, nótese en la figura 19 que el valor más bajo se encontró en las parcelas con el tratamiento con 5% de concentración de lixiviado de lombricompost, cercano al 35%.

La diferencia entre la severidad inicial es no significativa, como se presenta en el cuadro que resume los valores de probabilidad, que se encuentra en el anexo. A medida que avanzaron los procesos epidémicos, los valores de severidad en planta se estrechan, reflejando una igualdad en el efecto final como se refleja en la figura 19, como se demostrará amplia y recursivamente.

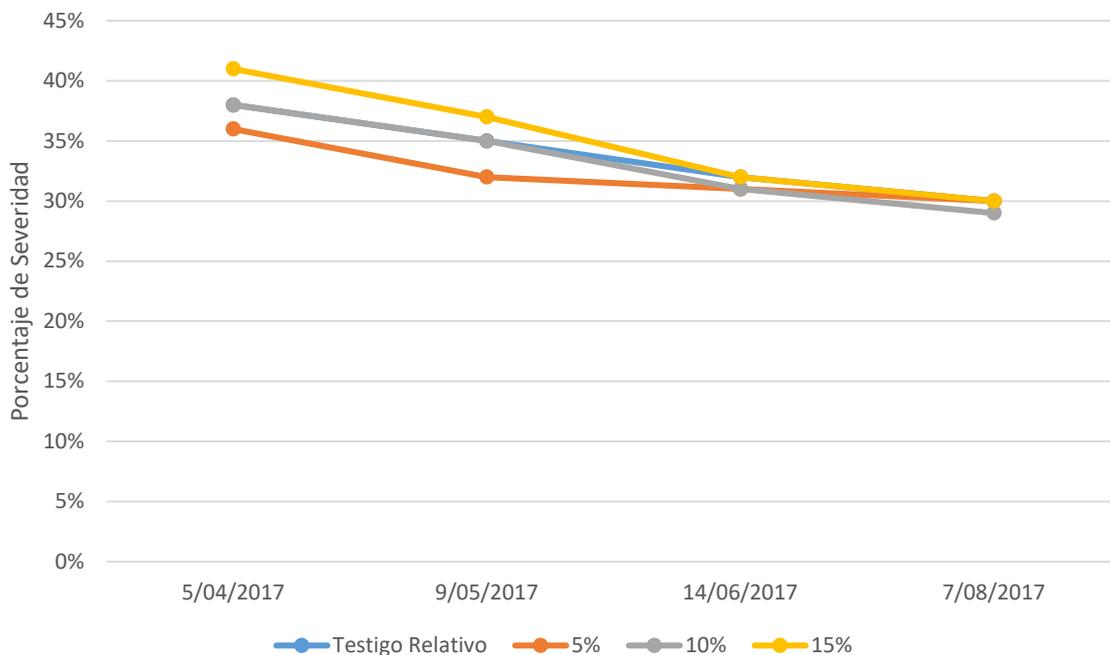


Figura 19. Severidad de roya (*Hemileia vastatrix*) en planta.

La dinámica de la enfermedad, en las hojas fue mayor, debido al proceso de renovación y defoliación que hace compleja su cuantificación.

Es natural que la variabilidad se amplíe a medida que avanzan los procesos epidémicos como se muestra en el gráfico, figura 20, cuando existe efecto de los tratamientos aplicados, sin embargo, como se muestra en el resumen de los análisis de varianza adjuntos en el anexo, tal diferencia no llega a ser significativa en ninguna de las lecturas realizadas.

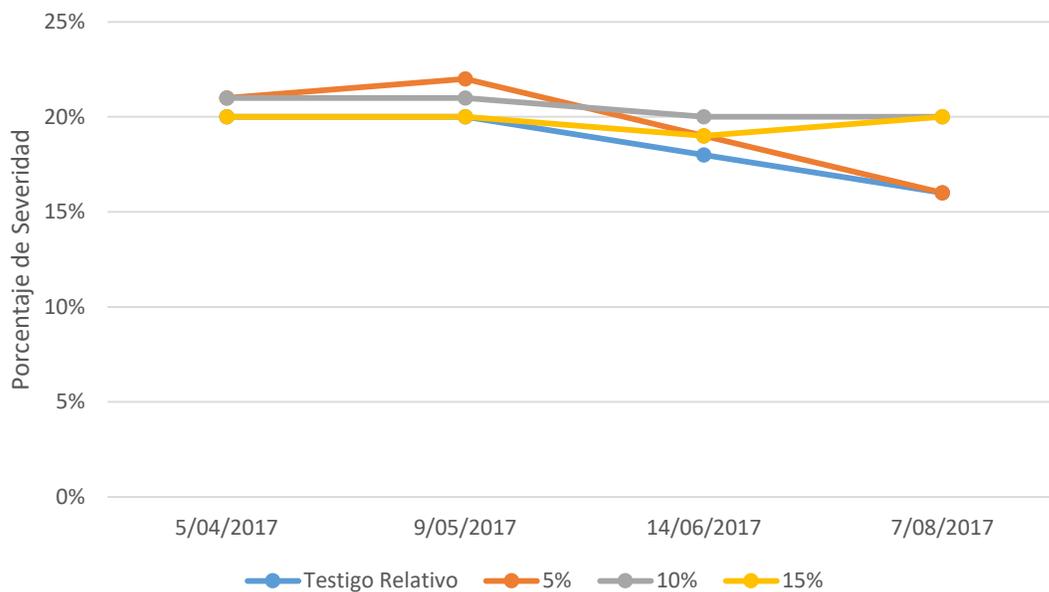


Figura 20. Severidad de roya (*Hemileia vastatrix*) en hoja.

Cabe comentar que la evaluación se realizó desde abril hasta agosto del 2017, meses considerados lluviosos, con repuntes de temperatura, condiciones ideales para observar la enfermedad, es de notarse que el valor de severidad por planta y en hojas justifica la realización de medidas de control.

Como se observa en las figuras 19 y 20, existieron diferencias puntuales observables y tendencias a la baja de severidad de la enfermedad en planta y hoja, no ha llegado a alcanzar diferencias significativas entre ellas, sin embargo, en un escenario favorable para la enfermedad, dada la precipitación, relativamente alta temperatura y variedad susceptible, el solo hecho de haber contenido la enfermedad, se podría considerar positivo, mejor aún, una reducción en los indicadores de la enfermedad.

Las figuras 19 y 20 permiten interpretar que la aspersión con lixiviados de lombricompost en primer lugar tiene efecto en el control de la enfermedad, retrasando su desarrollo epidémico, luego que cualquiera de las concentraciones evaluadas tienen el mismo efecto que el uso reiterado de fungicidas, para el caso del café, contrario a lo encontrado en la literatura, se recomiendan en el país tres aspersiones con fungicidas sistémicos, la mayoría de los programas disponibles cuentan con triazoles en dos o tres de las citadas aplicaciones.

Por su modo de acción, los fungicidas triazoles son de alto riesgo para inducir resistencia, por lo que la práctica recomendada de manera emergente, no se perfila como una alternativa técnicamente sostenible, además, el costo de la implementación de tales programas puede comprometer la rentabilidad de la empresa caficultora. Existen otros elementos a considerar para hacer un balance general, la mayoría de los fungicidas sintéticos para el control de la Roya del Café, contaminan el suelo, el agua y afectan a organismos no objetivo, algunos son carcinógenos, particularmente los triazoles, entre los que el Cyproconazol es un carcinógeno conocido.

A continuación, se presenta el cuadro 5 que resume lo descrito con los valores de p, de los análisis de varianza practicados, por lectura, sin diferencia estadística significativa a un alfa de 0.05, todos los tratamientos producen efectos estadísticamente iguales.

Cuadro 5. P-Valor para las lecturas de severidad en planta y hoja.

	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4
Severidad en Planta	0.4304	0.2755	0.9001	0.9256
CV	8.43	7.96	10.55	11.28
Severidad en Hoja	0.8695	0.4191	0.9794	0.7113
CV	5.55	8.00	26.97	28.63

## 7.2 DEFOLIACIÓN

El estado de las plantas al inicio del estudio era bastante afectado puede notarse que todos los valores estuvieron por arriba del 35% de defoliación, justificando de manera concurrente a la severidad en planta y hoja, las medidas de control supresivo propuestas.

Puede notarse en la figura 21 que los valores de defoliación se reducen por dos motivos, primero, las hojas se retienen, segundo, las plantas crecen, sin embargo, no existen diferencias estadísticamente significativas por lo que no hay efecto de los lixiviados sobre la retención de hoja.

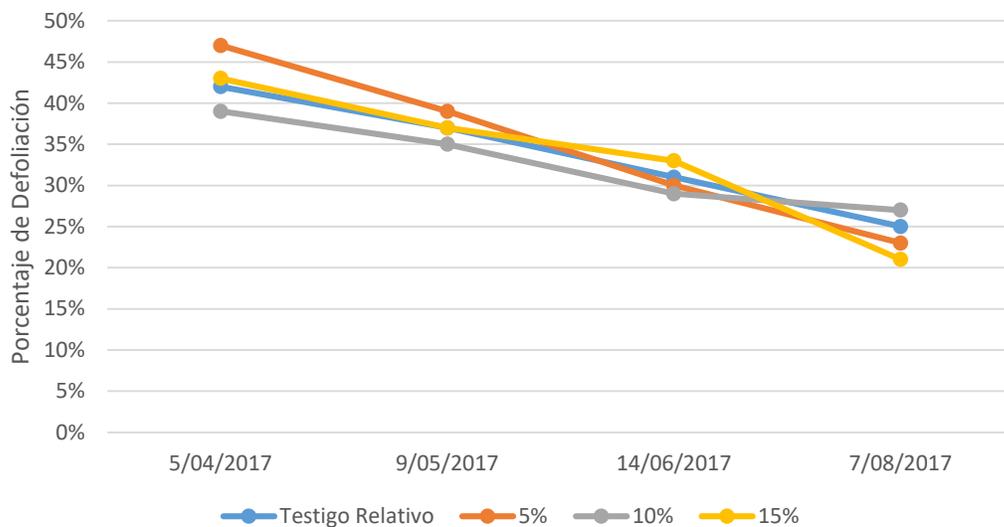


Figura 21. Defoliación causada por roya del café.

Aunque existen alusiones a que los lixiviados favorecen el desarrollo vegetativo y mejoran el color de la planta, tales aspectos subjetivos escapan los alcances de la presente investigación, no reflejándose diferencias lo suficientemente amplias estadísticamente para refrendarlas como un hecho, los valores minerales contenidos en los lixiviados podrían ser los suficientes para paliar deficiencias nutricionales mínimas, sin embargo, éstas correcciones no necesariamente implicarían una mayor resistencia a la Roya del Café, elementos como el Calcio que podrían mejorar la resistencia estructural y contribuir a la neutralización de metabolitos iniciadores de procesos defoliantes, no están presentes ni siquiera a nivel de traza en el lombricompost, otro elemento a considerar en el balance general.

El cuadro 6 presentan los valores de probabilidad, resumidos de los análisis de varianza realizados por lectura sobre la defoliación observada, no se presentan diferencias estadísticamente significativas entre los efectos de los tratamientos.

Cuadro 6. P-Valor para las lecturas de defoliación.

	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	CV
Defoliación	0.2341	0.6001	0.6796	0.1837	28.83

### 7.3 DESCRIPCIÓN DE COSTOS

Los costos de fungicidas disminuyen al sustituir una de las tres aplicaciones por tres aplicaciones de lixiviado de lombricompost, el costo del té de lombricompost en las concentraciones del 5% y el 10% representa un costo menor, mientras que la concentración del 15% tiene un costo superior. El costo total de la aplicación de lixiviado de lombricompost es mayor al del programa sugerido a nivel nacional, presentado en el cuadro 7, como resultado de un aumento de la mano de obra requerida. El incremento de mano de obra se debe a que el plan con sustitución cuenta con cinco aplicaciones mientras que el plan nacional cuenta con tres aplicaciones.

Cuadro 7. Descripción de costos de aplicación por hectárea.

	Testigo Relativo	Lombricompost 5%	Lombricompost 10%	Lombricompost 15%
Mano de Obra	Q372.43	Q620.71	Q620.71	Q620.71
Fungicida				
Sintético e Insumos	Q535.71	Q357.10	Q357.10	Q357.10
Té de Lombricompost	Q0.00	Q67.00	Q135.44	Q203.16
Total	Q908.14	Q1044.81	Q1113.25	Q1180.97

## 8. CONCLUSIONES

- Se determinó que existe el mismo efecto de control sobre la roya del café entre el plan fitosanitario recomendado a nivel nacional que consta de tres aplicaciones de fungicidas sintéticos y el plan que sustituye la segunda aplicación sintética por tres aplicaciones de lixiviado de lombricompost.
- Los nutrientes en el lombricompost no presentan una variable significativa en la defoliación, ya que los datos de defoliación del plan sintético y el plan con sustitución de lombricompost no presentan diferencia significativa.
- Se observó que la sustitución de una aplicación sintética por tres aplicaciones de lombricompost tiene un costo mayor, debido al incremento de mano de obra por el número de aplicaciones.

## 9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda sustituir la segunda aplicación de fungicidas sintéticos del plan nacional por tres aplicaciones de lixiviado de lombricompost al 5%.
- Se recomienda continuar con los estudios de los efectos del lombricompost sobre la roya del café, sustituyendo una mayor cantidad de aplicaciones sintéticas por aplicaciones de lixiviado de lombricompost. Ya que los resultados obtenidos demostraron que no existe diferencia significativa entre tres aplicaciones de fungicida sistémico y dos aplicaciones sintéticas complementadas con tres aplicaciones de té de lombricompost.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Anacafé. (1 de Febrero de 2013). *Asociación Nacional del Café*. Obtenido de <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=13NOT:Anacafe-emergencia-nacional-roya>

Anacafé. (28 de Febrero de 2013). *La Roya del Café es una enfermedad temible pero puede controlarse*. Obtenido de [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Recomendaciones\\_Control\\_Roya](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Recomendaciones_Control_Roya)

Anacafé. (2016). Obtenido de Exportaciones por destino: [https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=02EYP:Registro\\_expodestinos](https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=02EYP:Registro_expodestinos)

Anacafé. (s.f.). *Asociación Nacional del Café*. Obtenido de [http://www.coffeeseearchsystem.com/glifos/index.php?title=10CON:Historia\\_del\\_Cafe](http://www.coffeeseearchsystem.com/glifos/index.php?title=10CON:Historia_del_Cafe)

Anzueto, F. (2013). Variedades de café resistentes a la roya. *El Cafetal*.

Ávila, B. (Abril de 2010). Transferencia de la técnica de manejo y producción de lombricompost a base de pulpa de café, con pequeños caficultores de la aldea Los Coles, San Pedro Necta, Huehuetenango. Huehuetenango.

Calderón, G. (s.f.). ANACAFÉ, Guatemala.

CEDRSSA. (Noviembre de 2014). *Producción y Mercado de Café en el Mundo y México*. Obtenido de [file:///C:/Users/USER/Downloads/Reporte\\_Producci%C3%B3n\\_y\\_mercado\\_de\\_caf%C3%A9\\_-\\_Cedrssa\\_2014.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Reporte_Producci%C3%B3n_y_mercado_de_caf%C3%A9_-_Cedrssa_2014.pdf)

CESVVER. (2015). *Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Veracruz*. Obtenido de *Roya del Cafeto*: <http://www.cesvver.org.mx/roya-del-cafe-hemileia-vastatrix/>

Climate Data Organization. (Agosto de 2017). *Climate Data*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/location/873460/>

Cristancho, M., Yomara , R., Escobar, C., Rivillas, C., & Gaitán, Á. (2012). *Razas de Roya*. Caldas: Cenicafé.

- FAO. (2010). *FAO*. Obtenido de *Café*:  
<http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0v.htm>
- Ferreira, S., & Boley, R. (1991). *Coffee Leaf Rust*. Moana: University of Hawaii.
- González, E., & Surís, M. (2007). SELECCIÓN in vitro DE AISLAMIENTOS PROMISORIOS DE *Lecanicillium lecanii* (ZARE Y GAMS) PARA LA LUCHA BIOLÓGICA DE *Hemileia vastatrix* (BERK. ET BR.). *Protección Vegetal*, 128-130.
- Haddad, F., Maffia, L., Mizubuti, E., & Teixeira, H. (2009). Biological control of coffee rust by antagonistic bacteria under field conditions in Brazil. *Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa*, 114-119.
- Haddad, F., Saraiva, R., Mizubuti, E., Romeiro, R., & Maffia, L. (Agosto de 2014). Isolation and selection of *Hemileia Vastatrix* antagonists. *European Journal of Plant Pathology*, 139, 763-772.
- ICO. (2017). *International Coffee Organization*. Obtenido de <http://www.ico.org/prices/m3-exports.pdf>
- Illy. (2010). *Illy*. Obtenido de <http://www.illy.com/wps/wcm/connect/es/cafe/planta-cafe>
- ITC. (2013). *Centro de Comercio Internacional*. Obtenido de <http://www.intracen.org/guia-del-cafe/el-comercio-mundial-del-cafe/Exportaciones-mundiales-de-cafe-datos-basicos/>
- ITIS. (2015). *Integrated Taxonomic Information System*. Obtenido de [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSN&search\\_value=35190#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=35190#null)
- Jackson, D., Skillman, J., & Vandermeer, J. (2012). Indirect biological control of the coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix*, by the entomogenous fungus *Lecanicillium lecanii* in a complex coffee agroecosystem. *Biological Control*, 89-97.
- Javora, J. (2004). *IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ DE GUATEMALA*. Guatemala.

- Krings, C. (Agosto de 2013). EVALUACIÓN DE CUATRO AISLAMIENTOS DE *Verticillium lecanii* COMO CONTROLADOR BIOLÓGICO DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*); ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ. Guatemala.
- MAGA. (s.f). *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación*. Obtenido de [http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso\\_informacion-roya\\_del\\_cafe.pdf](http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf)
- Mérida, M., & Hua, K. (2012). *Experiencia del ICTA en la Producción de Abonos Orgánicos*. ICTA.
- SAGARPA. (2014). *Estrategias Operativas para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria de la Roya del Cafeto*. Distrito Federal: SAGARPA.
- Schumann, G. (1991). *Plant Diseases: Their Biology and Social Impact*. American Phytopathological Society.
- SENASICA. (2016). *Roya del Cafeto*. México D.F.: SENASICA.
- Shiomi, H., Alves, H., Soares de Melo, I., Vieira, F., & Bettiol, W. (Enero de 2006). Bioprospecting endophytic bacteria for biological control of coffee leaf rust. *Piracicaba*.
- SIB. (2011a). *Análisis de Sectores Economicos*. Guatemala: Super Intendencia de Bancos.
- SIB. (2011b). *Sector Cafetalero*. Guatemala: Super Intendencia de Bancos.
- Silva, H., Terrasan, C., Tozzi, J., Melo, I., & Bettiol, W. (2008). Endophytic bacteria inducing enzymes correlated to the control of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). *Tropical Plant Pathology*, 49-54.
- Virginio, E., & Astorga, C. (2015). *Prevención y control de la roya del café*. CATIÉ.

## 11. ANEXO

Cuadro 8. Análisis de varianza por tratamiento.

### Análisis de la varianza

#### Defoliación

Lectura	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L1	Defoliación	12	0.85	0.72	8.88

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.05	5	0.01	6.65	0.0195
Tratamiento	0.01	3	2.7E-03	1.88	0.2341
Bloque	0.04	2	0.02	13.81	0.0057
Error	0.01	6	1.4E-03		
Total	0.06	11			

#### Sev\_Planta

Lectura	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L1	Sev_Planta	12	0.54	0.16	8.43

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	1.5E-03	1.41	0.3399
Tratamiento	3.4E-03	3	1.1E-03	1.07	0.4304
Bloque	4.0E-03	2	2.0E-03	1.93	0.2253
Error	0.01	6	1.0E-03		
Total	0.01	11			

#### Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.0668

Error: 0.0010 gl: 6

Tratamiento Medias n E.E.

T2	0.36	3	0.02	A
T3	0.38	3	0.02	A
T1	0.38	3	0.02	A
T4	0.41	3	0.02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Sev\_hoja

Lectura	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L1	Sev_hoja	12	0.14	0.00	5.55

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.3E-04	5	2.6E-05	0.20	0.9531
Tratamiento	9.2E-05	3	3.1E-05	0.23	0.8695
Bloque	3.6E-05	2	1.8E-05	0.14	0.8744
Error	7.9E-04	6	1.3E-04		

Total 9.2E-04 11

### Defoliacion

Lectura Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
L2 Defoliacion 12 0.74 0.53 9.73

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	0.02	5	4.5E-03	3.43	0.0826
Tratamiento	2.6E-03	3	8.7E-04	0.67	0.6001
Bloque	0.02	2	0.01	7.58	0.0228
Error	0.01	6	1.3E-03		
Total	0.03	11			

### Sev\_Planta

Lectura Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
L2 Sev\_Planta 12 0.47 0.02 7.96

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	4.1E-03	5	8.2E-04	1.05	0.4672
Tratamiento	3.8E-03	3	1.3E-03	1.65	0.2755
Bloque	2.4E-04	2	1.2E-04	0.16	0.8587
Error	4.7E-03	6	7.8E-04		
Total	0.01	11			

### Sev\_hoja

Lectura Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
L2 Sev\_hoja 12 0.65 0.35 8.00

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	3.1E-03	5	6.1E-04	2.20	0.1819
Tratamiento	9.2E-04	3	3.1E-04	1.10	0.4191
Bloque	2.1E-03	2	1.1E-03	3.86	0.0836
Error	1.7E-03	6	2.8E-04		
Total	4.7E-03	11			

### Defoliacion

Lectura Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
L3 Defoliacion 12 0.29 0.00 13.49

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	4.1E-03	5	8.3E-04	0.48	0.7785
Tratamiento	2.7E-03	3	9.0E-04	0.53	0.6796
Bloque	1.4E-03	2	7.2E-04	0.42	0.6758

Error	0.01	6	1.7E-03
Total	0.01	11	

### Sev\_Planta

Lectura	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L3	Sev_Planta	12	0.39	0.00	10.55

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.2E-03	5	8.4E-04	0.76	0.6120
Tratamiento	6.3E-04	3	2.1E-04	0.19	0.9001
Bloque	3.6E-03	2	1.8E-03	1.61	0.2765
Error	0.01	6	1.1E-03		
Total	0.01	11			

### Sev\_hoja

Lectura	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L3	Sev_hoja	12	0.09	0.00	26.97

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.5E-03	5	3.0E-04	0.11	0.9848
Tratamiento	4.7E-04	3	1.6E-04	0.06	0.9794
Bloque	1.0E-03	2	5.1E-04	0.20	0.8277
Error	0.02	6	2.6E-03		
Total	0.02	11			

### Defoliacion

Lectura	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L4	Defoliacion	12	0.73	0.50	13.17

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	5	3.1E-03	3.21	0.0939
Tratamiento	0.01	3	2.2E-03	2.24	0.1837
Bloque	0.01	2	4.5E-03	4.67	0.0599
Error	0.01	6	9.7E-04		
Total	0.02	11			

### Sev\_Planta

Lectura	Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
L4	Sev_Planta	12	0.52	0.13	11.28

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	1.5E-03	1.33	0.3660
Tratamiento	5.1E-04	3	1.7E-04	0.15	0.9256
Bloque	0.01	2	3.5E-03	3.09	0.1196
Error	0.01	6	1.1E-03		

Total 0.01 11

### Sev\_hoja

Lectura Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
L4 Sev\_hoja 12 0.34 0.00 28.63

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	1.7E-03	0.63	0.6845
Tratamiento	3.8E-03	3	1.3E-03	0.47	0.7113
Bloque	4.6E-03	2	2.3E-03	0.87	0.4667
Error	0.02	6	2.6E-03		
Total	0.02	11			

### Cuadro 9. Análisis de varianza general.

#### Análisis de la varianza

##### Defoliacion

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
Defoliacion 48 0.07 0.00 26.83

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	5	0.01	0.67	0.6476
Tratamiento	2.8E-03	3	9.3E-04	0.12	0.9508
Bloque	0.02	2	0.01	1.50	0.2338
Error	0.34	42	0.01		
Total	0.37	47			

##### Sev\_Planta

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
Sev\_Planta 48 0.06 0.00 14.07

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	1.3E-03	0.58	0.7186
Tratamiento	4.8E-03	3	1.6E-03	0.72	0.5464
Bloque	1.6E-03	2	8.1E-04	0.36	0.6999
Error	0.09	42	2.2E-03		
Total	0.10	47			

##### Sev\_hoja

Variable N R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> Aj CV  
Sev\_hoja 48 0.13 0.03 17.05

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.01	5	1.4E-03	1.25	0.3041
Tratamiento	2.0E-03	3	6.7E-04	0.60	0.6209
Bloque	5.0E-03	2	2.5E-03	2.23	0.1205
Error	0.05	42	1.1E-03		
Total	0.05	47			

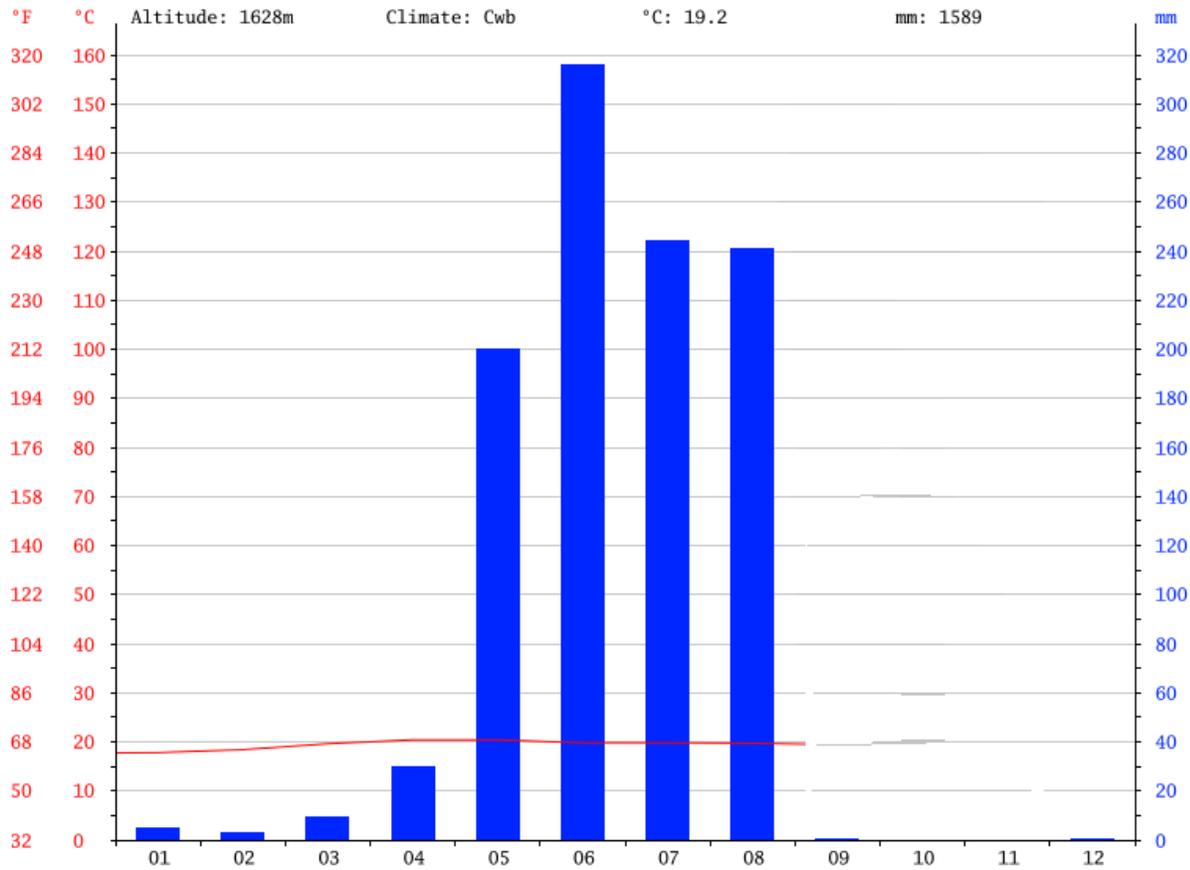


Figura 22. Registro de temperatura y lluvia de Fraijanes. (Climate Data Organization, 2017)