

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

EVALUACIÓN DE ACCESORIOS PARA LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS  
EN EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)

TESIS DE GRADO

**DOUGLAS ROBINSON GÓMEZ MIX**

CARNET 63249-99

JUTIAPA, DICIEMBRE DE 2015  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

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

EVALUACIÓN DE ACCESORIOS PARA LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS  
EN EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)

TESIS DE GRADO

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

POR  
**DOUGLAS ROBINSON GÓMEZ MIX**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO

JUTIAPA, DICIEMBRE DE 2015  
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

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

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, 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  
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

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

MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA  
MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN  
LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

Guatemala, 03 de noviembre 2015.

Honorables miembros  
Comisión de Trabajos de Graduación  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente

Estimados profesionales:

Tengo el honor de dirigirme a ustedes, deseándoles éxito en su laudable labor, para hacer de su conocimiento que he trabajado en conjunto con el estudiante Douglas Robinson Gómez Mix carné No. 6324999 en la tesis titulada **"EVALUACIÓN DE ACCESORIOS PARA LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix* Berkeley y Broome)"**.

A mi criterio el documento reúne los requisitos exigidos por ésta Casa de Estudios para someterse a su evaluación y aprobación final, recomiendo que el estudiante avance en su proceso de evaluación.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'L' followed by a vertical line and a series of loops and strokes.

**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. 06407-2015**

### **Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante DOUGLAS ROBINSON GÓMEZ MIX, Carnet 63249-99 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06162-2015 de fecha 11 de noviembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE ACCESORIOS PARA LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS  
EN EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)**

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 3 días del mes de diciembre del año 2015.

  
\_\_\_\_\_  
**ING. REGINA CASTANEDA FUENTES, SECRETARIA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar**



## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios que me ha regalado el milagro de la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

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

Ing. Luis Moisés Peñate Munguía, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Roni Osman Carrillo Aguilar, por su apoyo en el trayecto de mi carrera, orientación y consejos.

Beneficio de Café Húmedo el Molino, por brindarme el apoyo necesario para desarrollar la presente investigación.

Colaboradores y trabajadores, por su esfuerzo y dedicación en la ejecución de la investigación.

## DEDICATORIA

A:

Dios Quién siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de mi vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis padres Carlos Augusto Gómez Cruz y María Elvira Mix Del Cid, a quienes amo mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos y por su ejemplo a seguir.

Mis hermanos Marvin Augusto, Marilyn Varinia y Carlos Mélinton, que de una u otra forma han contribuido en mi formación académica, con cariño y respeto.

Mis sobrinos Jacqueline Varinia, Leonardo Amílcar, Carlos Ignacio y Carlos Alejandro, por su cariño incondicional y formar parte de mi alegría.

Mis amigos Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
SUMMARY .....	ii
1 INTRODUCCIÓN .....	1
2 MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 ORIGEN DEL CAFÉ.....	3
2.2 IIMPORTANCIA DEL CULTIVO A NIVEL MUNDIAL .....	3
2.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA ROYA DEL CAFÉ .....	4
2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DEL CAFÉ.....	5
2.5 MORFOLOGÍA DEL CULTIVO .....	5
2.5.1 Sistema radicular .....	5
2.5.2 Tallo .....	5
2.5.3 Hojas.....	5
2.5.4 Floración .....	6
2.5.5 Fruto.....	6
2.5.6 Propagación.....	6
2.6 ROYA DEL CAFÉ.....	6
2.6.1 Descripción taxonómica .....	7
2.6.2 Distribución geográfica .....	7
2.6.3 Hospedantes.....	8
2.6.4 Ciclo biológico.....	8
2.6.5 Morfología.....	9
2.6.6 Sintomatología de la Roya del cafeto.....	9
2.6.7 Sobrevivencia .....	10
2.6.8 Multiplicación .....	10



2.7	EPIDEMIOLOGÍA DELA ROYA .....	10
2.7.1	Dispersión .....	10
2.7.2	Diseminación a través del viento .....	10
2.7.3	Diseminación a través del agua .....	11
2.7.4	Diseminación a través de insectos .....	11
2.7.5	Otros medios de diseminación .....	11
2.7.6	Temperatura .....	11
2.7.7	Humedad .....	12
2.7.8	Comportamiento de la Roya .....	12
2.8	CONTROL DE LA ROYA .....	13
2.8.1	Manejo de tejidos.....	13
2.8.2	Fertilización equilibrada.....	13
2.8.3	Uso de resistencia genética .....	14
2.8.4	Control químico.....	14
2.9	EQUIPO DE APLICACIÓN .....	15
2.9.1	Bombas de aspersión manuales .....	15
2.9.2	Componentes de la bomba de aspersión manual.....	15
2.9.3	Presión del equipo .....	17
2.10	TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN .....	17
2.11	EFICIENCIA EN LA APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS Y FOLIARES .....	18
2.11.1	Aplicación en forma líquida .....	18
2.11.2	Tensión superficial .....	19
2.11.3	Evaporación .....	19
2.12	LANZAS APLICADORAS .....	20
2.13	URLANZA .....	20

2.13.1	Boquillas.....	21
2.13.2	Boquillas de energía hidráulica.....	21
2.13.3	Formas de distribución y tipo de boquillas.....	21
2.13.4	Boquilla extended range (XR).....	22
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	23
4	OBJETIVOS.....	25
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	25
4.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	25
5	HIPÓTESIS.....	26
5.1	HIPÓTESIS ALTERNA.....	26
6	METODOLOGÍA.....	27
6.1	LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	27
6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	27
6.2.1	Variedad de café.....	27
6.2.2	Alto 10 SL (Cyproconazole).....	27
6.3	FACTOR A ESTUDIAR.....	28
6.4	DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	28
6.5	DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	28
6.6	MODELO ESTADÍSTICO.....	29
6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	29
6.7.1	Parcela bruta.....	29
6.7.2	Parcela neta.....	29
6.7.3	Croquis de campo.....	30

6.8	VARIABLES DE RESPUESTA .....	30
6.8.1	Análisis de la cobertura .....	30
6.8.2	Muestreo y observación de gotas .....	31
6.8.3	Severidad.....	33
6.8.4	Postura de aplicación .....	35
6.8.5	Análisis estadístico .....	35
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	36
7.1	ANALISIS DE LA COBERTURA .....	36
7.1.1	Cobertura en envés .....	36
7.1.2	Diámetro de gotas en envés.....	37
7.1.3	Cobertura en haz .....	37
7.1.4	Diámetro de gotas en haz .....	38
7.2	CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO BIOLÓGICO DE LA COBERTURA .....	39
7.2.1	Severidad pre aplicación .....	40
7.2.2	Severidad post aplicación.....	40
8	CONCLUSIONES.....	42
9	RECOMENDACIONES .....	43
10	BIBLIOGRAFÍA.....	44
11	ANEXOS.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución mundial de <i>H. vastatrix</i> EPPO (2013). .....	7
Figura 2: Ciclo de la enfermedad de la Roya del café causada por <i>Hemileia vastatrix</i> (Agris, 2008). .....	9
Figura 3: Curva de desarrollo de la Roya del café variedad Caturra, Alotenango, Sacatepéquez, ciclo 2009-2010 Revista el Cafetal (Orozco <i>et al</i> , 2011). .....	13
Figura 4: Papel hidro sensible utilizado para la cuantificación de la cobertura de aplicación (CEDICAFE, 2012). .....	18
Figura 5: Lanza de aspersión modificada para envés de la hoja, URLANZA.....	20
Figura 6: Boquillas en el mercado para aspersión de agroquímicos (CEDICAFE, 2012). .....	22
Figura 7: Boquilla utilizada en URLANZA, extended range XR (CEDICAFE, 2012). .....	22
Figura 8: Detalle de unidad experimental, parcela bruta y parcela neta. ....	29
Figura 9: Croquis, distribución de bloques, parcelas y tratamientos. ....	30
Figura 10: Colocación de papel hidro sensible empleado para conteo de gotas – cuantificación de cobertura de aspersión.....	31
Figura 11: Observación de gotas en laboratorio. ....	32
Figura 12: Sitios en los que se cuantifico la enfermedad en la planta.....	33
Figura 13: Escala Pictórica de severidad de Roya (SAGARPA, 2013). ....	34
Figura 14: postura de aplicación sugerida por tecnología para hacer aspersiones eficientes en el cultivo de café (Peñate, 2012). ....	35
Figura 15: Dispersión de cobertura en haz y envés con un intervalo de confianza del 95%.....	39
Figura 16: Área donde se estableció el ensayo. ....	48
Figura 17: Evento de floración principal (18/05/2015). ....	48
Figura 18: Niveles de severidad en hoja pre aplicación (16/07/2015). .....	49
Figura 19: Aplicación de tratamientos (17/07/2015). ....	49
Figura 20: Papel hidro sensible marcado por las aspersiones en haz y envés (17/07/2015). ....	50
Figura 21: Severidad post aplicación (08/08/2015).....	50
Figura 22: Partes de una bomba de aspersión manual (MATABI, 2015). .....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Recomendaciones de control químico para la Roya del Café. ....	14
Cuadro 2: Características de la bomba de aspersión manual. ....	17
Cuadro 3: Materiales y especificaciones de la URLANZA. ....	21
Cuadro 4: Características y recomendaciones de Alto 10 SL ....	28
Cuadro 5: Descripción de tratamientos evaluados para el control de Roya del Café. ..	28
Cuadro 6: Densidad y tamaño de gotas y sus % de recuperación para fungicidas. ....	33
Cuadro 7: Escala con que se evaluó la severidad en hojas por planta. ....	34
Cuadro 8: Análisis de varianza de cobertura en envés de las hojas. ....	36
Cuadro 9: Prueba de Tukey envés Impactos. ....	36
Cuadro 10: Análisis de varianza, diámetro (gotas), envés de las hojas. ....	37
Cuadro 11: Análisis de varianza cobertura en haz de las hojas. ....	37
Cuadro 12: Análisis de varianza, diámetro (gotas), haz de las hojas. ....	38
Cuadro 13: Análisis de varianza, severidad pre aplicación. ....	40
Cuadro 14: Análisis de varianza severidad post aplicación. ....	40
Cuadro 15: Prueba de Tukey severidad post aplicación. ....	41
Cuadro 16: Resumen del nivel de severidad pre y post aplicación. ....	41
Cuadro 17: Datos de cobertura de los tratameintos evaluados. ....	51
Cuadro 18: Datos de severidad de los tratamientos evaluados. ....	52

## **EVALUACIÓN DE ACCESORIOS PARA LA APLICACIÓN DE FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix*)**

### **RESUMEN**

El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar accesorios desarrollados por la Universidad Rafael Landívar y accesorios convencionales para la aspersión de fungicidas en el cultivo de café y sus implicaciones en el control de Roya del café. La evaluación se realizó en finca el Molino del Municipio de Mataquescuintla, Jalapa. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos consistieron en la aplicación del fungicida Cyproconazole con el accesorio URLANZA + boquilla Teejet XR11001VS, lanza convencional + boquilla Teejet XR11001VS, lanza convencional + boquilla convencional y un testigo con implementos convencionales sin fungicida. Se tomaron como variables de respuesta: cobertura de la aplicación en haz y envés (impactos y diámetros de gota), y severidad de roya en hoja. Se obtuvo como resultado que la mejor cobertura en envés la obtuvo el tratamiento con la URLANZA + boquilla Teejet XR11001VS que por consiguiente también mostró menor severidad de roya en hojas. No existieron diferencias en la cobertura de aplicación en el haz de la hoja. Se recomienda utilizar URLANZA + boquilla Teejet XR11001VS en bombas de aspersión manuales, como herramienta para la aspersión eficiente de fungicidas en el control de Roya del Café.

# EVALUATION OF FUNGICIDES APPLICATION ACCESSORIES TO CONTROL COFFEE (*Hemileia vastatrix*) RUST

## SUMMARY

The objective of this research study was to evaluate the accessories developed by Universidad Rafael Landívar and the conventional ones used for fungicide spraying in coffee and its repercussions in coffee rust control. The evaluation was carried out in El Molino farm, municipality of Mataquescuintla, Jalapa. A randomized complete block design (RCBD) with 4 treatments and 4 replicated was used. The treatments consisted of the application of the Cyproconazole fungicide with the URLANZA accessory + Teejet XR11001VS nozzle, conventional lance + Teejet XR11001VS, conventional lance + conventional nozzle and a check with conventional agricultural implements and no fungicides. The response variables were: fungicide application coverage on the front and back of the leaf (impacts and drop diameters), and severity of rust in leaves. It was concluded that the best coverage in the back of the leaf is obtained with the URLANZA + Teejet XR11001VS nozzle, which also showed less rust severity in leaves. No differences were shown regarding the application coverage in the front of the leaf. It is recommended to use URLANZA + Teejet XR11001VS nozzle when using hand sprayer pumps as a tool to efficiently apply fungicides in controlling coffee rust.

# 1 INTRODUCCIÓN

Según la Organización Internacional del Café (OIC, 2013), el café tiene su origen en Etiopía. Fue en el decenio de 1720 cuando empezó a cultivarse por primera vez en las Américas. Llegando en 1825 a América Central, siendo relevante para la economía de muchos países en desarrollo.

En Guatemala, el café tiene un papel importante en el país por las divisas y empleo que genera. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística, genera beneficios económicos a 1.7 millones de personas (Calderón, 2012).

La Roya del Café fue reportada en Guatemala en 1980, afecta principalmente hojas maduras. Puede provocar defoliación y reducción de la productividad, aunque típicamente afecta café cultivado en altitudes bajas (menos de 1,000 msnm), durante los últimos años se ha observado en plantaciones de alturas mayores a los 1,200 msnm (ANACAFE, 2013).

Muchos agricultores en Guatemala, necesitan del uso de plaguicidas para producir cosechas económicamente rentables. Los fungicidas empleados para el control de la Roya, tienen algunas limitantes, deben ejercer su efecto sobre un micro organismo, lo que a nivel tecnológico representa un reto de distribución sobre la superficie del café.

Algunos de los siguientes puntos limitan alcanzar una cobertura adecuada durante la aspersion de los fungicidas: Uso de equipo en mal estado, lanza, mala elección del tipo de boquilla, técnica o metodología inapropiada de aplicación, volumen de agua incorrecto, arquitectura de la planta y factores climáticos adversos, como condiciones ventosas o altas temperaturas.

Para lograr la mejor cobertura posible, se deben seguir las recomendaciones de uso de equipos, tipo de boquilla y metodología de aplicación que logren el tamaño de gotas apropiado y la mejor distribución de acuerdo al tipo de fungicida. Aunque se desconoce la opinión general de la importancia de la cobertura, se considera que la mayoría de caficultores, particularmente los pequeños, no analizan la cobertura de aspersion y el efecto biológico que ocasiona en sus cafetales sobre la Roya del Café, probablemente



porque carezcan de medios y/o información para medir tal cobertura y/o dicho efecto biológico (control).

Por lo anterior expuesto se realizó una evaluación de accesorios para la aplicación de fungicidas en el control de Roya del Café. Con el objetivo de generar información aplicable a la mejora de los procesos de aspersión, se evaluó una lanza modificada (URLANZA), diseñada por estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Diseño, de la carrera de Diseño Industrial, pre evaluada por estudiantes de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, ambas de la Universidad Rafael Landívar.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 ORIGEN DEL CAFÉ

Según la Organización Internacional del Café (OIC, 2013), en Etiopía, el cafeto tuvo su origen, probablemente en la provincia de Kaffa. La primera referencia de que se tomaba café en Norteamérica data de 1668. Fue en el decenio de 1,720 cuando el café se empezó a cultivar por primera vez en las Américas, y en 1,726 se hizo la primera cosecha. Está registrado que en 1,777 había entre 18 y 19 millones de cafetos en la Martinica. Había quedado establecido el modelo para un nuevo cultivo comercial que podía darse en el Nuevo Mundo.

Fueron los holandeses, los que primero empezaron a propagar el cafeto en América Central y del Sur, donde hoy en día es el principal cultivo con fines comerciales del continente. El café llegó primero a la colonia holandesa de Surinam en 1718, y después se plantaron cafetales en la Guyana francesa y el primero de muchos en Brasil, en Pará. En 1730 los británicos llevaron el café a Jamaica, donde hoy en día se cultiva el café más famoso y caro del mundo, en las Blue Mountain, llegando en 1825 a América Central y del Sur que estaban en ruta hacia su destino cafetero (OIC, 2013).

### 2.2 IIMPORTANCIA DEL CULTIVO A NIVEL MUNDIAL

Según la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2010), el café reúne características que lo convierten en un cultivo con impacto desde el punto de vista económico y social. Por una parte, este producto fue por muchos años el segundo *commodity* más comercializado, a nivel internacional, después del petróleo, convirtiéndolo en fuente de ingresos por exportación para más de 30 países del mundo. Los ingresos generados por este producto han sido considerados tradicionalmente como una fuente de estabilidad económica y social para más de 25 millones de familias campesinas de las zonas tropicales y subtropicales del mundo.

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 caficultores y en los países cuyas economías son totalmente dependientes de las exportaciones del café (OIC, 2013).

En Guatemala se cultivan cerca de 276,000 ha de café, que constituyen el 2.5% del área total del país, generadas y establecidas por más de 90,000 productores, que generan 500,000 empleos y 1,136 millones de dólares (USD) en ingreso de divisas (Aguirre, 2011).

Según OIC (2013), el golpe más reciente para la caficultura nacional sucedió en el año 2012, con la aparición de la Roya, debido a la incidencia de este hongo en un 70% de sus bosques de café. Guatemala fue el segundo país más afectado en Centroamérica, precedido por El Salvador (74%) y seguido por Costa Rica (64%), Nicaragua (37%) y Honduras (25%) con pérdidas por US\$550 millones y la merma de 374 mil empleos en el istmo, esta epifitía se cataloga como la peor plaga desde que la Roya fue detectada en Latinoamérica en la década de 1970.

### **2.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA ROYA DEL CAFÉ**

La OIC (2013), menciona que la actual epidemia de la Roya que afecta a todos los países de la región, con una incidencia del 53%, es lo peor visto desde que esta plaga apareció en América Central en 1976. Ha llevado a algunos de los países afectados para declarar una emergencia fitosanitaria y así activar las medidas necesarias para combatir la Roya.

La Asociación Nacional del Café (2013), reporta que la Roya del Café ha devastado la producción cafetalera en Centro América afecta la calidad de vida de más de 2 millones de personas y ha causado la pérdida de aproximadamente 500,000 empleos. Centroamérica es responsable del 14% de la producción mundial del aromático.

En Guatemala para la cosecha 2012-2013 se estimó la pérdida en producción en un 15% y para 2013-2014 se estimó en un 40%. El café representa alrededor del 30% del valor total de las exportaciones de Guatemala y el 12% del producto interno bruto PIB (ANACAFE, 2013).

Según OIC (2013), Guatemala y otros países han declarado estado nacional de emergencia. Se estima que la pérdida total de la región es de un 20-30 % y podría incrementarse hasta un 50 % para la actual cosecha 2014-2015, a menos que se establezca una estrategia enfocada y coordinada.

## **2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CULTIVO DEL CAFÉ**

EL café pertenece al género *Coffea*. No obstante, únicamente tres de estas se mencionan como cultivadas comercialmente: *Coffea arábica* C. (especie donde se llevó a cabo el ensayo), *Canephora*, *C. Libérica*.

Familia: Rubiaceae  
Sub. Familia: Ixoroideaceae  
Género: *Coffea*  
Especie: *C. arábica* (USDA, 2015).

## **2.5 MORFOLOGÍA DEL CULTIVO**

### **2.5.1 Sistema radicular**

Está constituido por una raíz principal o pivotante que puede alcanzar 50 o más centímetros de profundidad, de la cual se originan las raíces secundarias que ejercen la función de anclaje y las raíces terciarias de las que emergen las raicillas, que sirven a la planta para la absorción de agua y nutrientes (PROCAFE, 2006).

### **2.5.2 Tallo**

El cafeto es un arbusto que está formado por un tallo central en cuyo extremo se encuentra la yema terminal u ortotrópica, que es la responsable del crecimiento vertical, formando nudos y entrenudos. De los nudos se forman las ramas laterales o bandolas y las crinolinias o palmillas (crecimiento plagiotrópico). A través de ambos tipos de crecimiento se conforma la arquitectura del cafeto, es decir su sistema vegetativo y productivo (PROCAFE, 2006).

### **2.5.3 Hojas**

Las hojas nacen en la parte terminal del tallo y en las ramas o bandolas laterales. Crecen en disposición opuesta, son de forma elíptica. Su tamaño, color y cantidad varía

de acuerdo a la especie y variedad. La función principal de las hojas está asociada a la fotosíntesis y foto respiración, procesos indispensables para regular la actividad productiva (PROCAFE, 2006).

#### **2.5.4 Floración**

Las yemas que dan origen a las inflorescencias están distribuidas en forma axilar en las ramas laterales, en la base de las hojas de cada nudo y en variedades altamente productivas pueden encontrarse 40 a 45 flores por nudo, quedando al final de 15 a 20 frutos por nudo. Los botones crecen lentamente unos meses hasta alcanzar el tamaño de 5 a 8 mm y detienen su crecimiento iniciando un periodo de reposo. Las flores son hermafroditas y auto fértiles, los cafetos de todas la variedades de *Coffea* tienen un alto porcentaje de autofecundación con una polinización cruzada baja (ANACAFE, 2006).

#### **2.5.5 Fruto**

El fruto del cafeto es una drupa, de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada. Contiene normalmente dos semillas plano convexas separadas por el tabique (surco) interno del ovario. Pueden presentarse tres semillas o más en casos de ovarios tricelulares o pluricelulares o por falsa poliembrionía (cuando ovarios bicelulares presentan más de un óvulo en cada célula). A causa del aborto de un óvulo se puede originar un fruto de una sola semilla (Monroig, 2013).

#### **2.5.6 Propagación**

El café puede propagarse por métodos sexuales o asexuales. El primer método incluye el uso de la semilla en grano y el segundo la utilización de estacas, esquejes o injertos. La especie *C. arábica*, normalmente se propaga por semillas ya que la fecundación de la flor ocurre por autopolinización y se mantienen las características de la variedad en un 90% (Monroig, 2013).

### **2.6 ROYA DEL CAFÉ**

En general todas las especies de café son atacadas en mayor o menor grado por *H. vastatrix*. La planta de café es susceptible al ataque de la Roya durante todas las etapas de desarrollo (ANACAFE, 2006).

### 2.6.1 Descripción taxonómica

Dominio: Eukaryota  
Reino: Fungi  
Phylum: Basidiomycota  
Subphylum: Pucciniomycotina  
Clase: Pucciniomycetes  
Orden: Puccionales  
Género: *Hemileia*  
Especie: *Hemileia vastatrix* (SAGARPA, 2013).

### 2.6.2 Distribución geográfica

De Acuerdo a la Organización Europea y del Mediterráneo para la Protección Fitosanitaria EPPO (2013), la Roya del cafeto se encuentra distribuida en la mayoría de los países productores de café en el mundo (figura 1).

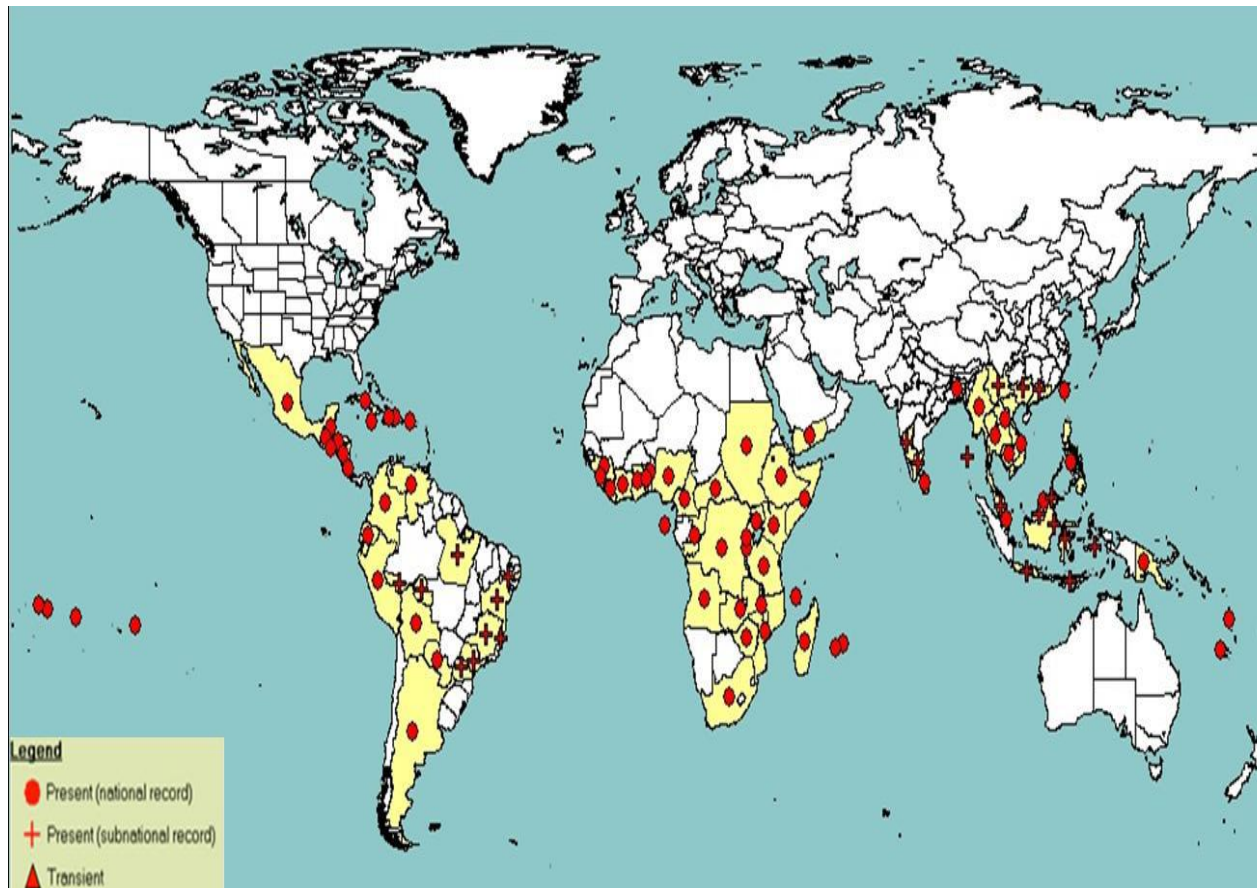


Figura 1: Distribución mundial de *H. vastatrix* EPPO (2013).

### **2.6.3 Hospedantes**

La Roya ataca exclusivamente a diferentes especies del género *Coffea* Sp. Como: *Coffea arábica*, *Coffea canephora* y *Coffea liberica* (CABI, 2013).

### **2.6.4 Ciclo biológico**

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, Revista el cafetal (Rivillas, Serna, Cristancho, y Gaitán, 2011).

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 poca luminosidad. El apresorio para formarse requiere de un periodo de 5.3-8.5 horas. La germinación se inhibe por la luz y cuando se evapora el agua de la hoja, ya que afecta el crecimiento de los tubos germinativos. 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 (Rayner, 1972).

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 transcurridos 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 uredosporas, (figura 2).

El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia, el periodo de latencia puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra (Rivillas *et al*, 2011).

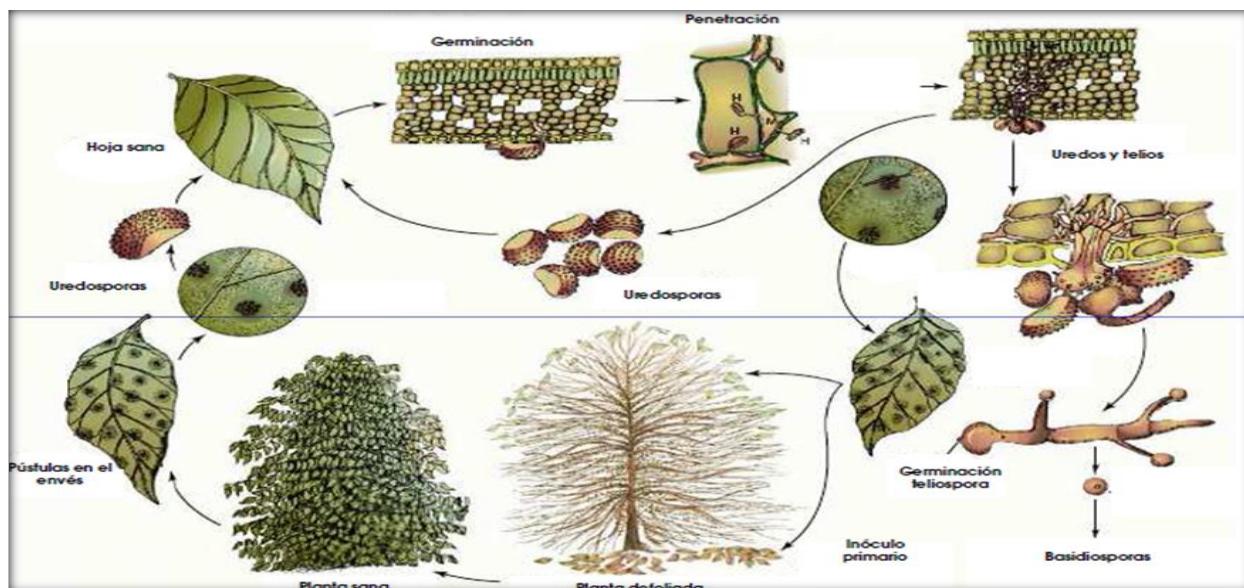


Figura 2: Ciclo de la enfermedad de la Roya del café causada por *Hemileia vastatrix* (Agrios, 2008).

### 2.6.5 Morfología

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 uredosporas, 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. Las teliosporas, cuya ocurrencia es muy baja, son de forma redondeada de  $20\text{-}25\mu$  (Rivillas *et al*, 2011).

### 2.6.6 Sintomatología de la Roya del cafeto

La enfermedad se caracteriza por presentar pequeñas manchas redondeadas conocidas como pústulas, de color amarillo naranja y polvoriento en el envés de las hojas. Inicialmente, el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm o más y tiende a unirse con otras infecciones para formar una lesión más o menos irregular que a veces puede abarcar gran parte de la superficie foliar (Rayner, 1972).

En los estados muy tempranos se nota sólo una mancha pálida, amarillenta, en el envés de la hoja. Esta mancha es traslúcida y si se examina contra la luz se observa la apariencia de una gota de aceite. Uno o dos días después de su aparición, la mancha toma un color anaranjado y la superficie se torna polvoriento (Rayner, 1972).



### **2.6.7 Sobrevivencia**

*H. vastatrix* es un parásito obligado y sobrevive únicamente en tejido vivo del hospedante, las uredosporas pueden sobrevivir hasta por 6 semanas bajo condiciones ambientales secas. No se han reportado hospedantes alternos y no sobrevive en restos del cultivo (Rayner, 1972).

### **2.6.8 Multiplicación**

Posterior a 30 días después de la etapa de infección y colonización del tejido de las hojas, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas uredosporas. Aproximadamente de 1.600 esporas por milímetro cuadrado (mm<sup>2</sup>) de hoja son producidas, durante un período de 4 a 5 meses, éstas serán dispersadas para iniciar el nuevo ciclo de infección (Rivillas *et al*, 2011).

En investigaciones recientes realizadas por Cenicafé, en esos mismos lugares, se apreció el efecto de las variaciones climáticas de los últimos años sobre la Roya, en particular sobre esos períodos de incubación y de latencia, los cuales transitoriamente sufren aumentos o disminuciones, comparados con los valores anteriores, dependiendo de las condiciones ambientales, como la temperatura en este caso (Rivillas *et al*, 2011).

## **2.7 EPIDEMIOLOGÍA DELA ROYA**

### **2.7.1 Dispersión**

Se lleva a cabo mediante las uredosporas, 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 mediante el salpique. La dispersión local de hoja a hoja o entre plantas, sobre todo en altas densidades de plantación, es favorecida por el salpique del agua de lluvia. A grandes distancias el viento juega el rol más importante al dispersar las uredosporas entre regiones productoras de café (Rivillas *et al*, 2011).

### **2.7.2 Diseminación a través del viento**

Las Royas en general tienen como principal mecanismo de diseminación el viento. Según Investigadores del Departamento Nacional de Meteorología de Brasil se han

dado corrientes de aire con velocidad de 20 km/h que pudieron haber traído las esporas de la Roya desde África hasta las Costas de Brasil en 15 días (Morales, 1975).

### **2.7.3 Diseminación a través del agua**

Se menciona que la dispersión de la Roya por el agua es de importancia y que las salpicaduras de la lluvia son el agente principal, no solamente para la dispersión, sino también para la liberación de esporas. Se ha determinado que la relación entre la intensidad de la lluvia y la dispersión de las uredosporas es lineal y bajo condiciones promedio, solamente las lluvias que excedían de 0.76 cm dispersaron esporas cuando el nivel de inóculo era alto, o sea, 20 a 25 pústulas activas de la Roya por hoja (Morales, 1975).

### **2.7.4 Diseminación a través de insectos**

En Brasil se han encontrado uredosporas 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 (Johnson, 1971).

### **2.7.5 Otros medios de diseminación**

La dispersión de la Roya a través de material de propagación infectado, pero con síntomas poco visibles, puede provocar un avance acelerado de la Roya en grandes áreas geográficas. También podría ser posible la propagación de la enfermedad a través de otras especies vegetales importadas de otros países (Johnson, 1971).

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 las hojas sanas del cultivo, constituyendo un riesgo de extensión de la enfermedad (Johnson, 1971).

### **2.7.6 Temperatura**

Factor importante en la incidencia de la enfermedad, ya que las esporas de *H. vastatrix* germinan mejor a 22°C, pero no ocurre germinación a 15,5°C o menos ni a 28°C o más. Según trabajos realizados, la temperatura óptima para la germinación de las uredosporas es de 23, 7°C. La temperatura también afecta el período de incubación del

hongo, después de iniciada la infección. El mayor número de pústulas por hoja está relacionada con el porcentaje de germinación a la temperatura óptima (Guerra, 2004).

### **2.7.7 Humedad**

Está comprobado que el agua es esencial para la germinación de las uredosporas y el desarrollo de la enfermedad. Se ha encontrado una estrecha relación entre el comportamiento de las lluvias y la evolución de la enfermedad. Por lo tanto, el inicio de la estación lluviosa es un indicativo para pronosticar la incidencia de la Roya del cafeto (Johnson, 1971).

Según Delgado (2012), el inóculo primario aparece con las primeras lluvias y es el que ha quedado en las hojas de la cosecha anterior y el secundario es el inicio del ciclo nuevo de la enfermedad.

### **2.7.8 Comportamiento de la Roya**

En Guatemala, el problema de Roya del café se manifiesta severamente en altitudes de 2,500 a 3,500 pies (800 a 1,000 msnm aproximadamente); arriba de 3,500 pies, la incidencia y severidad de la Roya del café es menor debido al descenso de la temperatura. Manejo Integrado de la Roya del Café, Revista el Cafetal (Orozco, Figueroa, Pacheco, Calderón, 2011).

Entre los factores más importantes para el desarrollo de la enfermedad están: variaciones de temperatura, mojado foliar, altitud, variedades de café, alta carga fructífera, edad de la planta, época de cosecha, nutrición desequilibrada, fertilización deficiente y esporas del ciclo anterior, entre otros (Orozco *et al*, 2011).

Con algunas variaciones se observa una fase de desarrollo lento de la Roya del cafeto de mayo a agosto; luego, la enfermedad se incrementa de forma rápida a partir de agosto o septiembre. La curva de la enfermedad alcanza su máximo potencial en el período de diciembre a febrero (Orozco *et al*, 2011).

En general, el mayor incremento de la enfermedad se observa durante los meses de maduración del grano y en la época de cosecha. Durante marzo y abril del siguiente año hay un descenso de la enfermedad por condiciones de clima adversas al hongo,

caída de hojas durante la cosecha, por los vientos de la estación seca o daño por la enfermedad (figura 3) (Orozco *et al*, 2011).

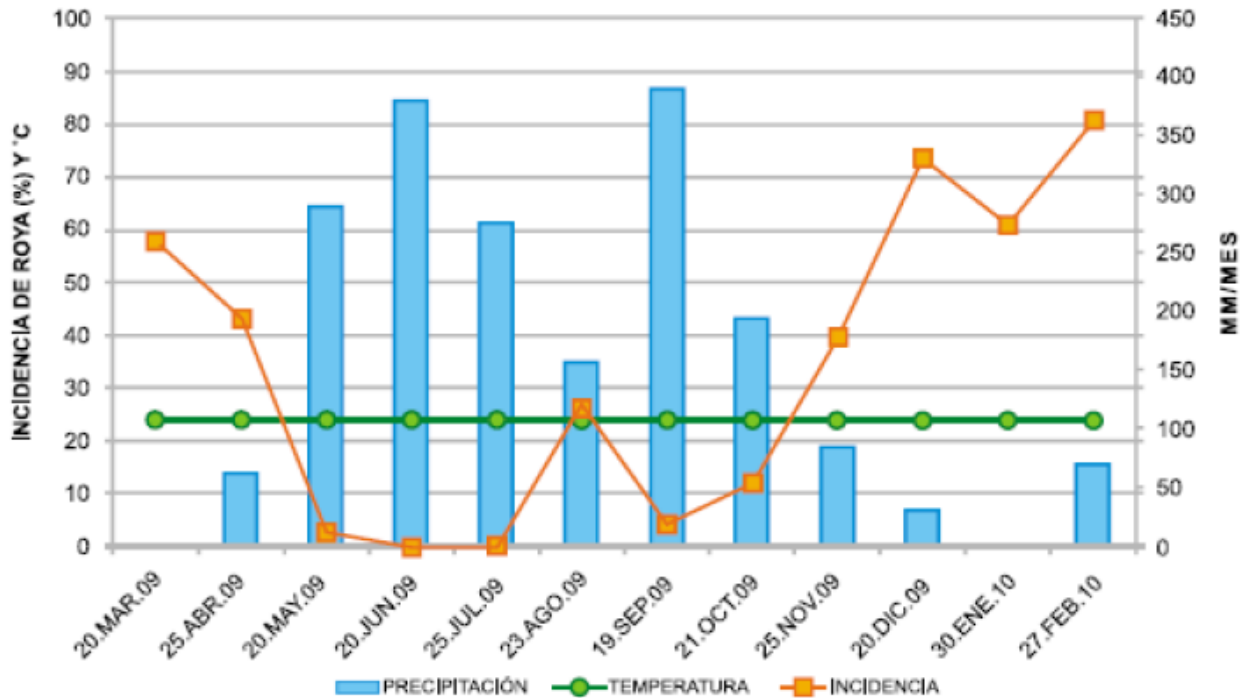


Figura 3: Curva de desarrollo de la Roya del café variedad Caturra, Alotenango, Sacatepéquez, ciclo 2009-2010 Revista el Cafetal (Orozco *et al*, 2011).

## 2.8 CONTROL DE LA ROYA

### 2.8.1 Manejo de tejidos

Con esta práctica se estimula el crecimiento y tejido productivo de la planta y se elimina parte del inóculo. Debe ser planificado y realizado de acuerdo a la edad de la plantación, registros de producción y la sanidad de tejidos, entre otros (Orozco *et al*, 2011).

### 2.8.2 Fertilización equilibrada

Los nutrientes ejercen funciones específicas en el metabolismo del cafeto en su crecimiento y producción. La fertilización mejora las condiciones de resistencia de la planta a enfermedades, se deben realizar análisis de suelo y foliar, así como aplicar materia orgánica para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Orozco *et al*, 2011).

### 2.8.3 Uso de resistencia genética

A mediano plazo sería la principal estrategia para enfrentar la Roya en aquellas zonas más propicias a su desarrollo. Se consideran resistentes a la Roya del café las líneas de Catimor y Sarchimor (Orozco *et al*, 2011).

Se encuentran en fase de validación, sin embargo debe considerarse su comportamiento frente a otras enfermedades. Todas las variedades de café tradicionales como Caturra, Bourbon, Catuaí rojo y amarillo, Pache, Villa Sarchí y Mundo Novo, no tienen resistencia a la Roya (Orozco *et al*, 2011).

### 2.8.4 Control químico

El Centro de Investigaciones en Café de Anacafé (CEDICAFE) validó fungicidas, para cada aplicación se recomienda utilizar cualquiera de los productos que se describen a continuación (cuadro 1).

Cuadro 1: Recomendaciones de control químico para la Roya del Café.

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	700 cc

(ANCAFE, 2013).

## **2.9 EQUIPO DE APLICACIÓN**

### **2.9.1 Bombas de aspersión manuales**

Según la guía técnica manejo racional de plaguicidas tecnología para su aplicación en café (CEDICAFE 2012), son los equipos de aplicación mayormente utilizados en la aplicación de plaguicidas y fertilizantes foliares en la producción de café. Todos los aspersores y pulverizadores poseen tres características en común: un tanque donde se almacena el líquido de mezcla que va a ser pulverizado, el cual es impulsado por medio una bomba (a veces por gravedad) hasta una o más salidas llamadas picos o boquillas.

### **2.9.2 Componentes de la bomba de aspersión manual**

Este tipo de equipo, es el más usado por la mayoría de caficultores, la preferencia de marca depende de la experiencia de cada uno de ellos, ya sea porque les dura más tiempo, les representa menos problema su manejo o bien porque se les facilita la adquisición de repuestos (CEDICAFE, 2012).

#### **a) Tapa o tapadera**

Este sirve para sellar el tanque y no permitir el derrame cuando se está operando. La mayoría tiene un agujero, que le sirve como respiradero.

#### **b) Filtro**

En la entrada del tanque, debe colocarse un filtro, que sirve para evitar el paso de impurezas (basura, etc.) al tanque. Es necesario que siempre esté colocado cuando se están agregando los componentes de la mezcla.

#### **c) Tanque**

Es el depósito del caldo o mezcla por aplicar. Está construido de diversos materiales, pero en la actualidad están utilizando material plástico de alta densidad, resistente al manejo y al efecto de la irradiación solar. El volumen varía desde 8 a 20 litros.

#### **d) La bomba y el depósito compresor**

Estas son las que generarán la presión final de descarga, la cual, en estos equipos manuales puede ser de 20 a 60 psi. Estas pueden ser de pistón y de diafragma, La de pistón es más resistente que las otras. Como esta sirve para generar el flujo de presión,

deberá producirse un movimiento uniforme y adecuado con la palanca, para evitar que se dañe la bomba o partes de ella. El depósito compresor mantiene la presión del líquido al estar funcionando la bomba y puede tener una válvula de presión variable incorporada, la cual producirá la presión que el operador haya elegido.

**e) Agitador**

Un agitador o paleta de agitación, que está conectada dentro del tanque a la palanca de bombeo. En algunos equipos se incluye un agitador hidráulico, para permitir el retorno de la mezcla dentro del tanque para que se mantenga una agitación constante.

**f) La varilla de bombeo**

Generalmente se encuentra a un costado (derecho o izquierdo), según la habilidad manual del operador.

**g) La manguera**

Permite conectar la salida de la bomba hacia la válvula de pulverización y la lanza.

**h) La válvula de pulverización y la lanza**

La válvula de pulverización normalmente contiene un filtro, el cual debe inspeccionarse regularmente al igual que los empaques del sistema. La lanza se utiliza para dirigir la mezcla al sitio de pulverización y dependiendo de la posición del objetivo así será la longitud de la misma, aunque cada equipo trae la lanza con una longitud similar. A esta se le pueden adaptar otras salidas para lograr un ancho de cobertura mayor.

**i) Boquillas, picos o puntas**

Se encuentran en la parte terminal de la lanza y puede ser de dos tipos; boquillas de abanico y boquillas de cono (fijos o variables). El tipo de boquilla estará condicionada por el tipo de producto a aplicar, por la biología de la plaga y la fenología de la planta entre otros factores.

**j) Correas**

Estas pueden ser de plástico o de cuero cubiertas con algodón. Se deben colocar para que la persona que va a aplicar se sienta confortable.

Cuadro 2: Características de la bomba de aspersión manual.

---

**CARACTERISTICAS**

---

- Capacidad (total = útil): 16 litros.
  - Regulador de presión (regulable a 1,5 bar – 3 bares y paso libre).
  - Boquilla cónica regulable y adaptador de accesorios.
  - Cámara excéntrica.
  - Lanza de latón cromado.
  - Accesorio herbicidas.
  - Correas acolchadas y regulables.
- 

### **2.9.3 Presión del equipo**

La presión se consigue al accionar la palanca en movimientos ascendentes descendentes, lo que hace que el aire se comprima en la cámara de presión. Para mantener el nivel de presión con el pulverizador trabajando, es preciso accionar la palanca cada 5-15 paso, según modelos y velocidad de avance, algo fácilmente controlable con el regulador de presión (CEDICAFE 2015).

### **2.10 TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN**

Se entiende por tecnología para la aplicación de plaguicidas y fertilizantes foliares, el empleo de todos los conocimientos científicos que permitan la correcta colocación de éstos productos, en el objetivo, en la cantidad necesaria, en forma económica y con el mínimo impacto ambiental en áreas no tratadas (CEDICAFE 2012).

Los productos para la protección de cultivos constituyen una tecnología inventada y diseñada por el hombre que posee la capacidad de proteger la cantidad y la calidad de sus cosechas, controlando los organismos plaga que las afectan. El éxito del control químico de plagas, no depende únicamente de los productos recomendados; existen otros factores de igual que también es necesario considerar para no arriesgar la inversión, proteger al usuario, al consumidor y al ambiente (CEDICAFE, 2012).



## 2.11 EFICIENCIA EN LA APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS Y FOLIARES

Un control eficaz con productos plaguicidas y foliares implica también un problema de distribución, el asperjar con precisión y efectividad significa; aplicar el caldo (la mezcla) de aspersión sobre la superficie tratada de manera que se logre una repartición la más pareja posible (CEDICAFE, 2012).

La eficiencia de la aplicación se puede definir como la relación entre la dosis teóricamente requerida para el control y la dosis efectivamente utilizada, lo que generalmente se representa en porcentaje (CEDICAFE, 2012).

$$\text{Eficiencia de aplicación (\%)} = \frac{\text{dosis teóricamente requerida} \times 100}{\text{dosis realmente empleada}}$$



Figura 4: Papel hidro sensible utilizado para la cuantificación de la cobertura de aplicación (CEDICAFE, 2012).

### 2.11.1 Aplicación en forma líquida

En este método de aplicación, llamado pulverizar (asperjar), una formulación es diluida en un líquido, y es el más utilizado en la producción de café. El diluyente más empleado es el agua y las formulaciones de plaguicidas y fertilizantes foliares más utilizadas son: concentrado emulsionable (EC), emulsión aceite en agua (EW), suspoemulsión (SE) concentrado soluble (SL), dispersión en aceite (OD), suspensión concentradas (SC) y suspensión encapsulada (CS), granulo dispersable (WG), granulo soluble (SG), polvo mojable (WP) y polvo soluble (SP) (CEDICAFE, 2012).

Al resultado de la mezcla del diluyente con la formulación, se le da el nombre de caldo y este se encuentra en la concentración adecuada para su aplicación. El agua es el diluyente más comúnmente utilizado en las aplicaciones en forma líquida por ser de fácil obtención y de bajo costo (por regla, el costo del agua es muy bajo en la fuente, sin embargo debe considerarse el costo en el campo) y por contar con una amplia gama de formulaciones compatibles (CEDICAFE, 2012).

### **2.11.2 Tensión superficial**

El agua presenta alta tensión superficial. Eso hace que la gota al ser depositada sobre una superficie permanezca en forma esférica, provocando que tenga poca superficie de contacto. Para evitar ese problema, basta adicionarle algún tensoactivo que le disminuya la tensión superficial. Con esto la gota se esparce fácilmente sobre la superficie, mojando más área (CEDICAFE, 2012).

Algunos coadyuvantes, integrantes de la formulación como los agentes humectantes, dispersantes, emulsionantes, etc., son agentes tenso activos y por lo tanto la simple presencia de esas formulaciones en el caldo, son suficientes para disminuir la tensión superficial del agua, hasta los niveles deseados. Otras veces, hay necesidad de adicionar estos agentes tenso activos que en la práctica son conocidos como esparcidores adhesivos o adherentes (CEDICAFE, 2012).

### **2.11.3 Evaporación**

La superficie del líquido es enormemente aumentada cuando se fragmenta en pequeñas gotas y pierde la porción volátil por su superficie. El agua es un líquido volátil y puede evaporarse en el trayecto de la salida del agujero de descarga al objetivo. El problema de la evaporación impide que el agua sea dividida en gotas muy finas (CEDICAFE, 2012).

El fenómeno de evaporación del agua, parece no ser percibido por los caficultores. Esto porque en la mayoría de las aplicaciones tradicionales se emplean gotas grandes y la boquilla de la pulverizadora está suficientemente cerca al objetivo, de tal manera que aunque este fenómeno se manifieste, no llega a afectar el desempeño biológico del plaguicida o fertilizante foliar (CEDICAFE, 2012).

## 2.12 LANZAS APLICADORAS

Son lanzas a las cuales se les pueden agregar varias boquillas, estas se pueden colocar en la parte frontal horizontal y vertical dependiendo del objetivo a tratar y en la parte posterior, cuando no se desea caminar sobre la parte tratada (CEDICAFE 2012).

## 2.13 URLANZA

Lanza modificada para envés de la hoja URLANZA, elaborada por estudiantes: Ana Pamela De León, Daniel Leal y Martín Vásquez de la Facultad de Arquitectura y Diseño bajo la supervisión del Ing. Luis Peñate, de la Universidad Rafael Landívar (figura 5).

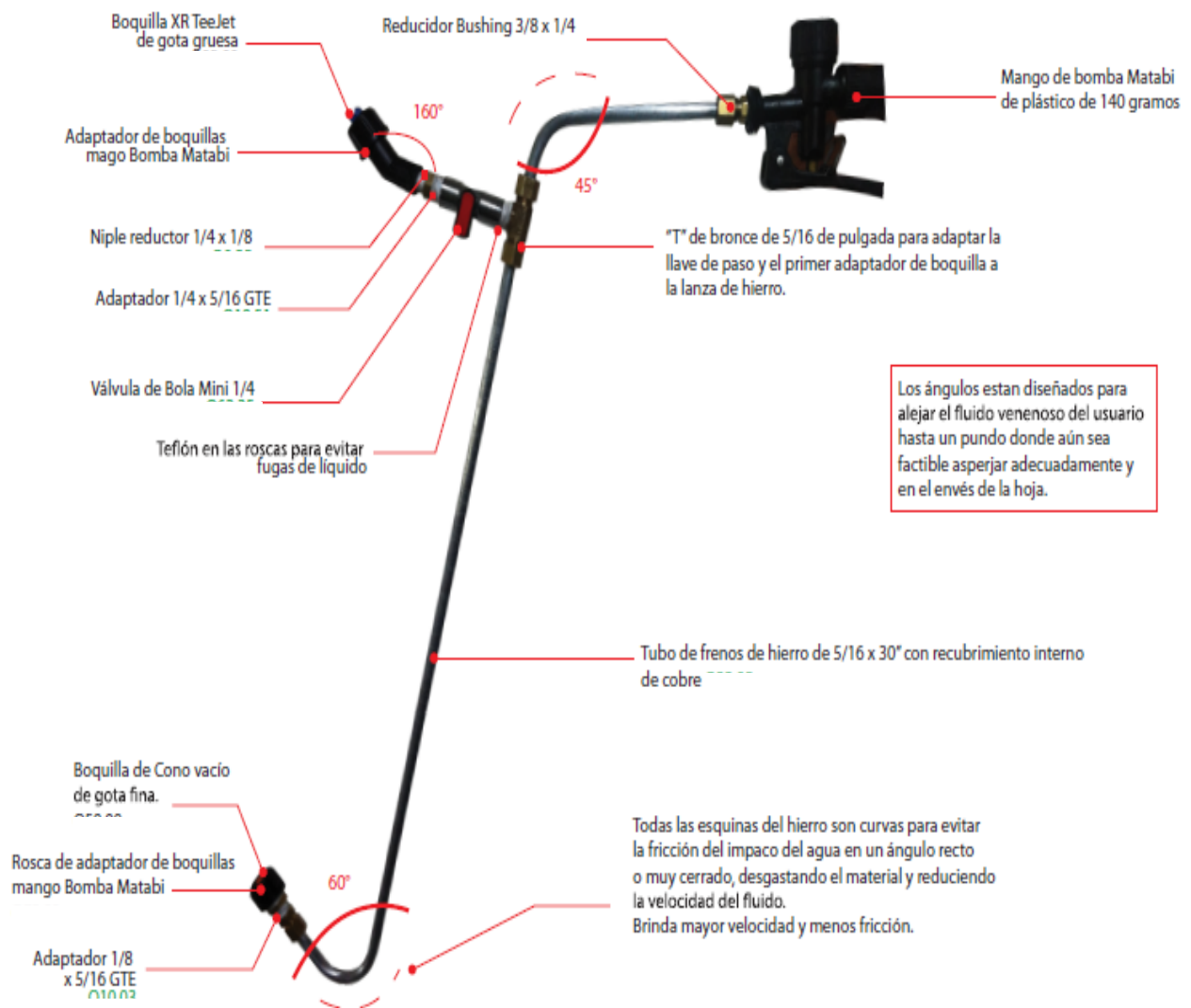


Figura 5: Lanza de aspersión modificada para envés de la hoja, URLANZA.

Cuadro 3: Materiales y especificaciones de la URLANZA.

Materiales
- Vara de Hierro - Recubrimiento de cobre - Piezas de bronce - Adaptadores de Polipropileno
Especificaciones
- Para bombas de aspersión manuales - peso 415 gr - presión 30 psi - Boquillas 2 - Color negro

### **2.13.1 Boquillas**

La boquilla es el accesorio final de la aspersoras y tiene la función de producir las gotas de una aspersión. Por lo tanto, de ella depende principalmente el flujo y la calidad de la gota. La producción de gotas de una pulverización, puede lograrse a través de diferentes sistemas, en pulverizaciones agrícolas en el cultivo del café la forma más común de generarlas es a través de la energía hidráulica (circuito hidráulico bajo presión y boquillas pulverizadoras) y también, aunque menos utilizado, aquellos que emplean energía centrifuga (CEDICAFE, 2012).

### **2.13.2 Boquillas de energía hidráulica**

Según CEDICAFE (2012), son las piezas donde un líquido bajo presión es forzado a pasar a través de una pequeña abertura, de tal forma, que el líquido se esparce formando una cortina que después se desintegra en gotas de diferentes tamaños. Las boquillas poseen un ángulo y un orificio calibrado de salida del líquido, además definen el tipo y la forma la cortina (chorro) que son las características básicas que determinan el patrón el patrón de distribución de la boquilla y también en gran medida, el caudal pulverizado.

### **2.13.3 Formas de distribución y tipo de boquillas**

Si bien existen muchos tipos de boquillas, las formas de distribución son básicamente dos: boquillas de chorro cónicas y boquillas de chorro plano (figura 6). Las boquillas de

chorro cónicas se subdividen en boquillas de cono lleno y boquillas de cono vacío; las boquillas de chorro plano: de abanico y de impacto (CEDICAFE, 2012).



Figura 6: Boquillas en el mercado para aspersión de agroquímicos (CEDICAFE, 2012).

#### 2.13.4 Boquilla extended Range (XR)

También denominada de “amplio espectro” (figura 7). Es una boquilla de abanico cuyo ángulo varía muy poco en función de la presión a tal punto que, en una franja entre 1.5 y 3 bares el ángulo puede ser considerado como constante. Si se aumenta la presión se disminuye el tamaño de las gotas y viceversa, es decir, que el ángulo no varía considerablemente. La identificación de estas boquillas se efectúa por las letras XR. (CEDICAFE, 2012).



Figura 7: Boquilla utilizada en URLANZA, extended Range XR (CEDICAFE, 2012).

### 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La Roya es una enfermedad del café ocasionada por el hongo *Hemileia vastatrix*, ataca principalmente las plantaciones de las variedades Caturra, Catuaí, Bourbon, Typica, Pache y otras susceptibles cultivadas en Guatemala (ANACAFE, 2013).

Según OIC (2013), la difusión del hongo, que afecta a América Central y el Caribe, causó la pérdida de 2.26 millones de sacos de 60 kg en el año cafetero 2013. En declaraciones al servicio de noticias internacionales EFE (2013), explicó que el país más afectado fue Guatemala, que vio desvanecerse alrededor de US\$270 millones por los efectos del hongo, lo que llevo al Gobierno a declarar un estado de emergencia fitosanitaria.

La Roya está presente en 184 mil de las 276 mil hectáreas de plantaciones que tiene Guatemala, es decir el 70% del área total de cafetos. Se cultiva café en 234 de los 333 municipios, con aproximadamente 90 mil caficultores, exportando 3.6 millones de sacos de 60 kg. Generando 500 mil empleos por producción, además de aportar una buena parte de las divisas que ingresan al país (ANACAFE, 2013).

La Roya del café se propaga a nuevas áreas, ahora la enfermedad se ha extendido a las tierras altas de Jalapa y Santa Rosa, zonas que habían reportado baja presencia de la enfermedad, este comportamiento preocupa ya que para la cosecha 2014-2015 se estimó una pérdida de hasta el 40% llegando a bajar la producción a 1.09 millones de sacos de 60 kg debido a la enfermedad (ANACAFE, 2013).

En la actualidad los caficultores llevan a cabo la aplicación de funguicidas con aspersores de mochila manuales, con accesorios como lanzas y boquillas convencionales. Normalmente en campo solo se tienen conocimientos empíricos sobre la aplicación de funguicidas, lo cual hace que no se tenga un control adecuado sobre las aspersiones de productos químicos.

En términos generales, existen tres factores fundamentales que definen el éxito o fracaso de cada aplicación: la calidad del producto seleccionado (plaguicida y/o foliar), el momento oportuno de la aplicación y la calidad de la aplicación (CEDICAFE, 2012).

En consecuencia se genera un daño económico al agricultor por las pérdidas por cobertura, deriva, evaporación, tiempo de aplicación, aspersiones mal orientadas, y el tipo de lanzas convencionales utilizadas que poseen un tipo de boquilla que no permite realizar una cobertura eficiente de la aplicación en planta.

En el mercado de Guatemala no existe ningún accesorio orientado específicamente a la cobertura en el envés de las hojas del cultivo del Café, limitando las aplicaciones de los fungicidas, debido a que no se tiene ningún estudio relacionado al mismo que genere las recomendaciones de uso, lanza, tipo de boquilla y metodología de aplicación que logre una mayor cobertura y distribución apropiada, de acuerdo al tipo de fungicida para el control de la Roya del Café.

El diseño del accesorio URLANZA tenía como objetivo obtener mayor cobertura en el envés de la hoja, lo que en teoría podría decirse que puede aumentar la eficiencia del fungicida al atacar directamente al patógeno, optimizar el tiempo de aplicación (ergonomía) y por consiguiente disminuir el costo, ya que se evita el movimiento tradicional que utiliza el aplicador, con movimientos ascendentes y descendentes para lograr la distribución del fungicida en planta y las pérdidas de producto (mala orientación de la aspersiones), en consecuencia al movimiento tradicional del aplicador. .

Por lo anterior expuesto se realizó una evaluación de accesorios para la aplicación de fungicidas en el control de Roya del Café. Con el objetivo de generar información aplicable a la mejora de los procesos de aspersiones, se evaluó una lanza modificada (URLANZA), diseñada por estudiantes de la Facultad de Arquitectura y Diseño, de la carrera de Diseño Industrial, pre evaluada por estudiantes de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, ambas de la Universidad Rafael Landívar.



## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar accesorios desarrollados por la Universidad Rafael Landívar y convencionales para la aspersión de fungicidas en el cultivo de café y sus implicaciones en el control de Roya del café.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar la cobertura en el envés de las hojas que producen los accesorios evaluados.
- Caracterizar el efecto biológico de un fungicida aplicado con ambas tecnologías.



## 5 HIPÓTESIS

### 5.1 HIPÓTESIS ALTERNA

Al menos uno de los tratamientos a evaluar presentara la mejor uniformidad y distribución de gota al momento de la aspersion en el envés de la hoja del cultivo del Café, por lo que el producto presentara una mayor eficiencia de control del patógeno *Hemileia vastatrix*.

## **6 METODOLOGÍA**

### **6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO**

El proyecto se ejecutó en el municipio de Mataquescuintla, geográficamente está comprendido entre los paralelos: 14 grados, 19 minutos y 14 grados, 40 minutos al norte del Ecuador y de los meridianos: 90 grados, 07 minutos, y 90 grados 17 minutos al oeste de Greenwich, con altitudes que varían de los 1,070 a los 2,653 msnm. Se localiza al sureste de la ciudad de Guatemala, a una distancia de 102 km. Su extensión territorial es de 287 km<sup>2</sup>, Monografía de Mataquescuintla (2013).

Posee un clima frío, su temperatura en promedio es de 18.4 grados centígrados, la precipitación pluvial anual alcanza los 1,396.7 mm, la humedad relativa promedio anual es de 75%, el 94%, de los suelos de Mataquescuintla se asientan sobre materiales volcánicos y el 6% restante, se encuentra sobre clases misceláneas, dentro del cual se ubica la Cabecera Municipal, Monografía de Mataquescuintla (2013).

### **6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

#### **6.2.1 Variedad de café**

La plantación de café que se utilizó en la investigación es la que se cultiva en la región; siendo la variedad Pache susceptible a la enfermedad de la Roya, la cual tiene una edad aproximada de 7 años.

Dicha variedad es una mutación de la variedad Typica, de porte bajo con 1.80 m de altura, bandolas o ramas forman ángulo de 60 grados con el eje principal, entrenudos cortos hojas terminales de color bronce (café claro) con producción alta, resistente al viento y soporta bien suelos arcillosos (ANACAFÉ, 2013).

#### **6.2.2 Alto 10 SL (Cyproconazole)**

Según ANACAFE (2013), en sus recomendaciones para el control químico de la Roya del Café, uno de los productos más efectivos es Alto 10 SL y es el más utilizado por los caficultores para el control de dicha enfermedad.

Cuadro 4: Características y recomendaciones de Alto 10 SL

- 
- a) Concentración: 10%.
  - b) Formulación: Concentrado Soluble.
  - c) Grupo Químico: Triazol.
  - d) Dosis Comercial: 364 cc/ha.
  - e) Modo de Acción: Sistémico, preventivo, curativo y erradicante.
  - f) Mecanismo de Acción: Inhibidor de la biosíntesis del ergosterol.
- 

### 6.3 FACTOR A ESTUDIAR

Lanza de aspersión modificada para envés de la hoja URLANZA.

### 6.4 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

Los tratamientos están formados por diferentes tipos de accesorios para la aplicación de fungicida. Dentro de los accesorios se cuenta con una lanza modificada y la lanza convencional, al igual que sus respectivas boquillas la XR Teejet y la convencional (cuadro 2).

Cuadro 5: Descripción de tratamientos evaluados para el control de Roya del Café.

---

Tratamientos	Accesorios de aspersión	Fungicida
T1 (URLANZA)	Lanza Modificada + Boquillas XR Teejet 11001 VS	Cyproconazole
T2 (LCXRC)	Lanza Convencional + Boquilla XR Teejet 11001 VS	Cyproconazole
T3 (LCBCC)	Lanza Convencional + Boquilla Convencional	Cyproconazole
T4 (LCBCA)	Lanza Convencional + Boquilla Convencional	Testigo (agua)

---

\*Cyproconazole fungicida que más se usa por parte de los caficultores en Guatemala.

Se realizó una aplicación 60 días después de la floración principal estos fueron: 3 tratamientos con fungicida para evaluar el grado de control de Roya intercambiando los accesorios de aspersión a evaluar, y 1 tratamiento con agua donde se evaluó cobertura, uniformidad y dispersión de la Roya.

### 6.5 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Para esta investigación se utilizó el diseño de bloques completos al azar (**DBCA**) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

## 6.6 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

En donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta en la  $ij$ -ésima unidad experimental, en éste caso índice de severidad y cobertura de aspersión.

$U$  = Efecto de la media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque.

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$i = 1, 2, 3, 4, 5$  tratamientos

$j = 1, 2, 3, 4, 5$  repeticiones

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Las unidades experimentales comprendieron las siguientes dimensiones: Largo de parcela: 24.00 metros, ancho de parcela: 21.60 metros, distanciamiento de la plantación: 1.20 metros, entre plantas x 1.80 metros, entre surcos.

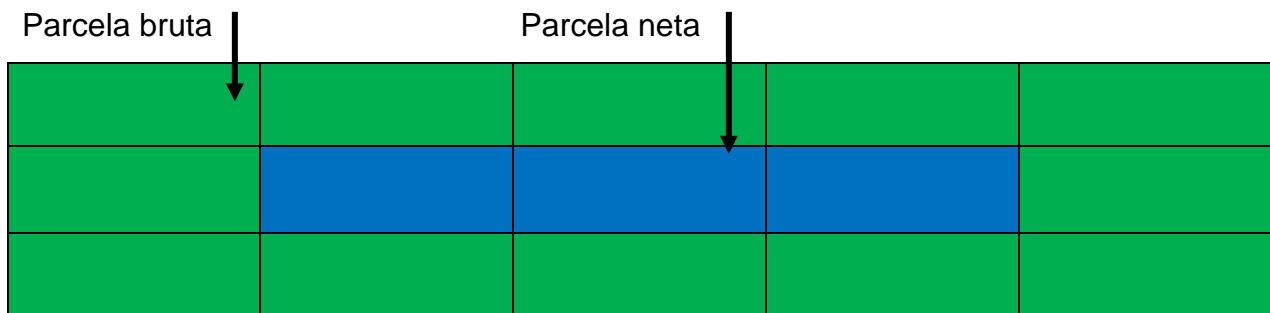


Figura 8: Detalle de unidad experimental, parcela bruta y parcela neta.

### 6.7.1 Parcela bruta

Fueron 3 surcos distanciados a 1.80 metros \* 5 plantas a lo largo distanciadas a 1.20 metros que hacen un total de 15 plantas. Área total: 32.40 m<sup>2</sup>

### 6.7.2 Parcela neta

Fueron las 3 plantas centrales, distanciados a 1.20 metros. Área total 3.6 m<sup>2</sup>.

### 6.7.3 Croquis de campo

Norte



IV	4				3				1						2					
III	2				1				3						4					
II	3				4				1						2					
I	2				3				4						1					

Figura 9: Croquis, distribución de bloques, parcelas y tratamientos.

## 6.8 VARIABLES DE RESPUESTA

### 6.8.1 Análisis de la cobertura

Se realizó un análisis de varianza para las variables:

- Cobertura en envés.
- Diámetro de gotas en envés.
- Cobertura en haz.
- Diámetro de gotas en haz.

Los parámetros de análisis fueron una significancia del 5% tanto para el ANDEVA como para la prueba múltiple de medias de Tukey en los casos procedentes.

### 6.8.2 Muestreo y observación de gotas

En la mayoría de las aplicaciones líquidas, el caldo es fragmentado en partículas denominadas gotas. Las gotas tienen un comportamiento diferente de acuerdo con su tamaño (masa) (CEDICAFE, 2012).

Cuando se efectuó la observación de gotas, el primer paso fue recolectar una muestra de las mismas. Para ello se debió tener una superficie susceptible a ser marcada por las gotas ya sea a través de una formación de manchas, cráteres o bien otro fenómeno visible. Se utilizó láminas de papel sensible al agua (figura 10), el cual desarrolla manchas azules al entrar en contacto con esta (CEDICAFE, 2012).



Antes de usar

Después de usar

Figura 10: Colocación de papel hidro sensible empleado para conteo de gotas – cuantificación de cobertura de aspersión.

El número de gotas por centímetro cuadrado que llega a la planta de café o al suelo, así como el tamaño de estas gotas, determinaron la efectividad biológica del tratamiento. Además de otros factores como la efectividad del producto, su dosificación y la apropiada época de aplicación. Para la mayoría de los productos la densidad de gotas deberá ser de por lo menos 20 gotas por centímetro cuadrado, En algunos casos se necesitará aplicar más de 20 gotas, por ejemplo los fungicidas (CEDICAFE 2012).



Figura 11: Observación de gotas en laboratorio.

Se dividió la planta en tres partes o estratos, alto, medio y bajo respectivamente. En la parte media de cada estrato, perpendicular a la dirección en la que caminará el aplicador, se colocó en una hoja, un cuadro de papel hidro sensible tanto en haz como en envés, una vez seco, se retiró y almaceno dentro de un recipiente plástico, hermético, empleando papel de algodón para evitar su rose, luego se trasladó para su análisis en el laboratorio C1 del Campus Central (conteo de gotas) (figura 11).

En la práctica, luego de las aspersiones, se esperaron 15 minutos esperando que se evaporara el agua, dejando la marca en el citado papel. Su traslado requirió tener cuidado con la humedad relativa y restante en las piezas de papel hidro sensible. Se empleó un recipiente plástico, acomodándole papel de algodón en el fondo, sobre éste se colocaron las piezas impregnadas, siendo identificadas con una etiqueta de papel adicional, engrapada al momento de retirarlas, luego se colocó encima otra hoja de papel de algodón y una esponja para mantener en su sitio todas las piezas de papel.

Ésta medición se hizo en todas las plantas de la parcela neta de cada tratamiento. El tamaño aproximado de la pieza de papel hidro sensible será de 2.54 x 1.27 centímetros. En el siguiente cuadro se presenta una referencia de la recuperación esperada (gotas por centímetro cuadrado) para garantizar la efectividad de fungicidas.



Cuadro 6: Densidad y tamaño de gotas y sus % de recuperación para fungicidas.

TRATAMIENTO	DENSIDAD DE GOTAS POR CM <sup>2</sup>	TAMAÑO DE GOTA EN VDM $\mu$ m	DEFINICION	% DE RECUPERACION ESPERADA
<b>FUGICIDAS</b>				
Con acción de contacto 20-150 lts/ha.	50-70	200-400	Aspersión mediana	50-80%
Con acción sistémica 20-50 lts/ha.	20-30	200-400	Aspersión mediana	50-80%

### 6.8.3 Severidad

Se tomaron lecturas de 3 plantas seleccionadas en la parcela neta, las cuales se tomaron 6 bandolas, divididas: 2 bandolas de la parte baja, 2 de la parte media y 2 de la parte alta; tomando 2 hojas por bandola, para un total de 12 hojas por planta (figura 12).

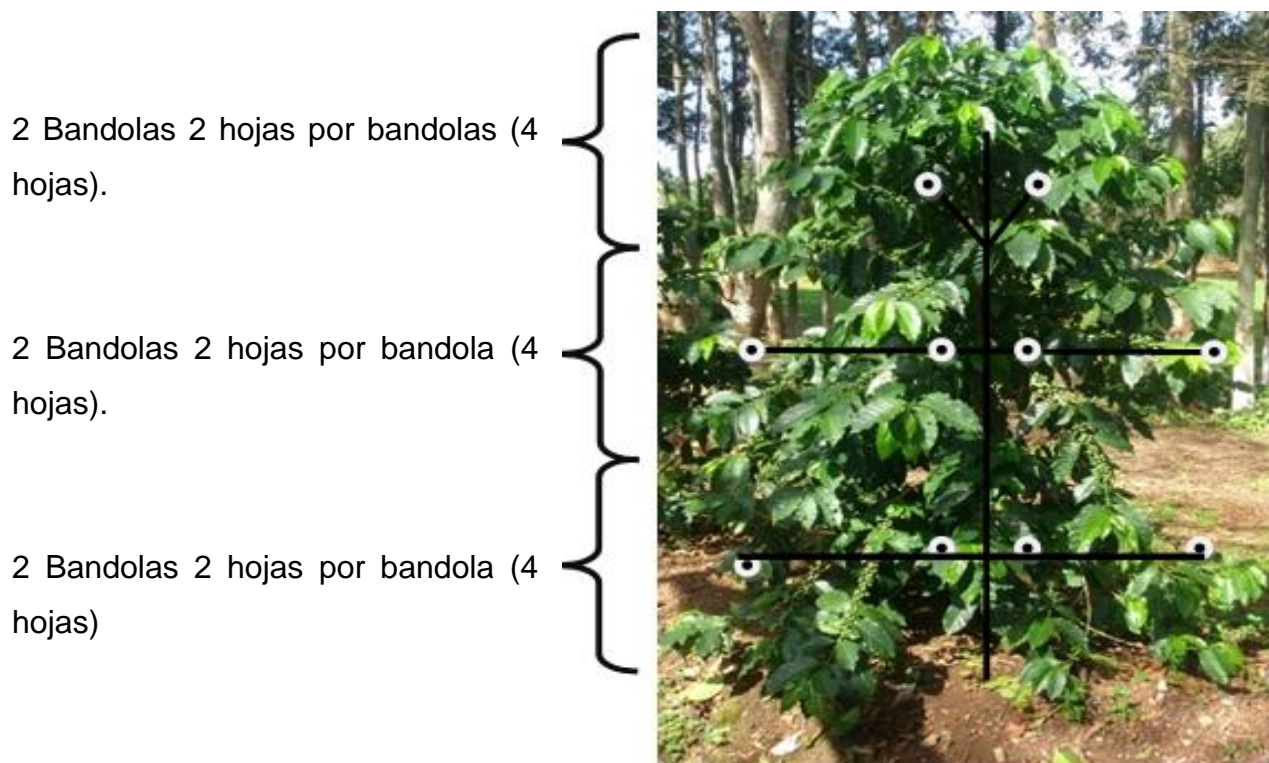


Figura 12: Sitios en los que se cuantifico la enfermedad en la planta.



Según entrevista a Gómez (2014), Las lecturas basadas en las observaciones de campo se han estimado visualmente que entre 15 y 22 días se observa el máximo control, disminución máxima y/o ausencia de las uredosporas con la mayoría de productos.

Cuadro 7: Escala con que se evaluó la severidad en hojas por planta.

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

(SAGARPA, 2013)

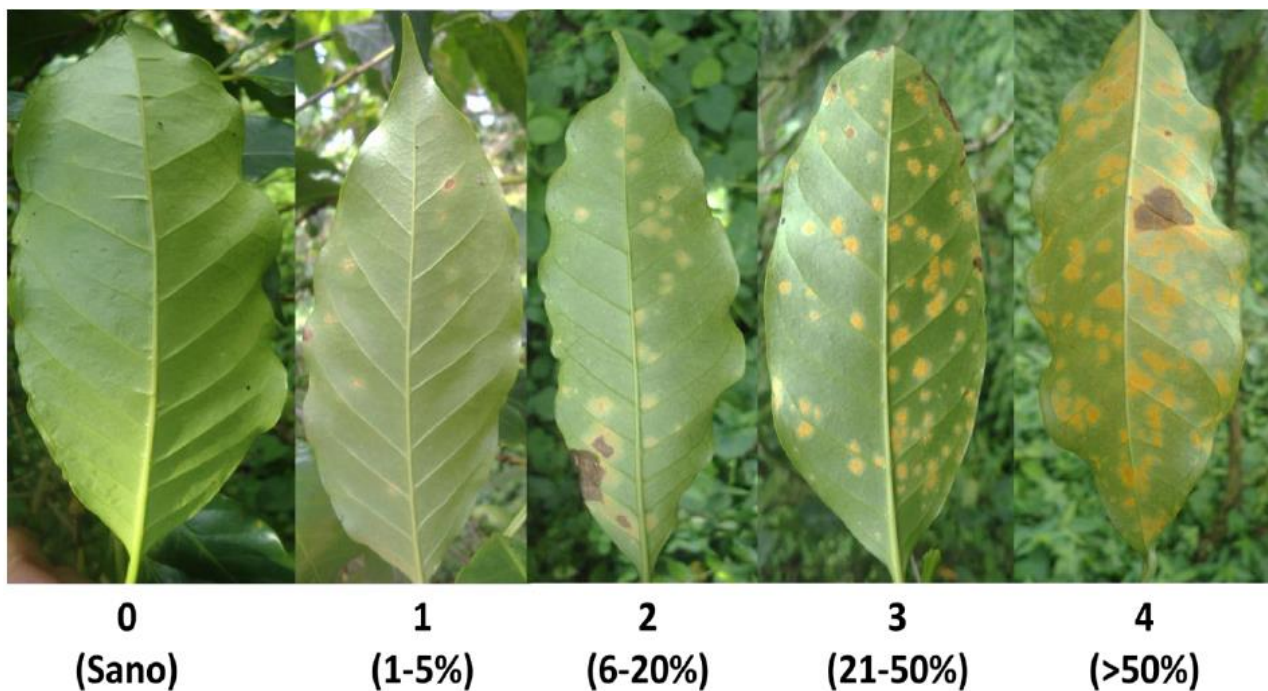


Figura 13: Escala Pictórica de severidad de Roya (SAGARPA, 2013).

$$\% \text{ Severidad} = \left[ \frac{N_1 + 2N_2 + 3N_3 + 4N_4}{N \times 4} \right] \times 100$$

$N_1 - N_4$ : número de hojas con cada punteo,  $N$ : total de hojas investigadas.

#### 6.8.4 Postura de aplicación

Según la guía del comprador 202-E de productos para la aspersion Teejet (2002), La postura de aplicación se define por el tipo de boquilla, ancho de cobertura efectiva (boquilla), arquitectura de la planta, altura de aspersion y distancia del objetivo a asperjar. En el cual no especifica ningún movimiento de la lanza de aspersion.



Figura 14: postura de aplicación sugerida por tecnología para hacer aspersiones eficientes en el cultivo de café (Peñate, 2012).

#### 6.8.5 Análisis estadístico

Las variables de interés en la investigación se analizaron por medio del análisis de varianza (ANDEVA), para ello se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico (INFOSTAT) y Prueba múltiple de medias TUKEY para la condición de significancia estadística con el propósito de determinar diferencias reales entre tratamientos.

## 7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 ANALISIS DE LA COBERTURA

#### 7.1.1 Cobertura en envés

Se presenta el cuadro de análisis de varianza para la variable cobertura en envés con fines prácticos se abrevió ENV IMP por limitantes del programa de análisis.

Cuadro 8: Análisis de varianza de cobertura en envés de las hojas.

Variable	N	CV
ENV IMP	16	46.01

F. V.	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	73667.82	6	12277.97	0.0143
Tratamiento	69969.60	3	23323.20	0.0033
Bloque	3698.23	3	1232.74	0.6787
Error	21312.97	9	2368.11	
Total	94980,79	15		

Puede observarse un valor de p de 0.0033 indicando que hubo diferencia significativa, entre los accesorios y los respectivos tratamientos evaluados.

Cuadro 9: Prueba de Tukey envés Impactos.

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	
URLANZA	219.13	4	24.33	A
LCBCC	81.65	4	24.33	B
LCBCA	67.45	4	24.33	B
LCXRC	54.85	4	24.33	B

De acuerdo a la prueba múltiple de medias, tenemos que el accesorio URLANZA que corresponde a la lanza desarrollada por la URL, produce una cobertura superior al resto de accesorios en el envés de la hoja, con un valor de 219.13 impactos por centímetro cuadrado (cobertura).

### 7.1.2 Diámetro de gotas en envés

A continuación se presenta el análisis de varianza aplicado a la variable de diámetro de gotas en envés de las hojas.

Cuadro 10: Análisis de varianza, diámetro (gotas), envés de las hojas.

Variable	N	CV
ENV DIA	16	11.56

F. V.	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	3826.18	9	637.70	0.5478
Tratamiento	3396.05	3	1132.02	0.2667
Bloque	430.13	3	143.38	0.8958
Error	6550.13	9	727.79	
Total	10376.31	15		

Para la variable ENV DIA: Envés Diámetro con un p-valor de 0.2667 se concluye que no hubo diferencia significativa en el diámetro de gotas.

### 7.1.3 Cobertura en haz

A continuación se presenta el análisis de varianza para la cobertura de gotas en el haz de las hojas.

Cuadro 11: Análisis de varianza cobertura en haz de las hojas.

Variable	N	CV
HAZ IMP	16	25.00

F. V.	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	20614.25	9	3435.71	0.5046
Tratamiento	8971.02	3	2990.34	0.5103
Bloque	11643.23	3	3881.08	0.4069
Error	32442.02	9	3604.67	
Total	53056.27	15		

Para el análisis de la varianza HAZ IMP: Haz cobertura con un p-valor de 0.5103 que es mayor al nivel de significancia P- valor > 0.05 se concluye que no hubo diferencia significativa entre la cobertura producida en el haz de las hojas por los accesorios evaluados.

#### 7.1.4 Diámetro de gotas en haz

A continuación se presenta el análisis de varianza del diámetro de las gotas en el haz de las hojas.

Cuadro 12: Análisis de varianza, diámetro (gotas), haz de las hojas.

Variable	N	CV
HAZ DIA	16	14.71

F. V.	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	9308.61	9	1551.44	0.3668
Tratamiento	4218.63	3	1406.21	0.3871
Bloque	5089.99	3	1696.66	0.3144
Error	11182.37	9	1242.49	
Total	20490.98	15		

Para la variable HAZ DIA: Haz diámetro con un p-valor 0.3871 el análisis indica que no existe diferencia entre los diámetros de gotas depositadas entre los accesorios de aspersión evaluados.

A continuación se presenta un gráfico que integra y permite comparar las coberturas obtenidas tanto en haz como en envés de las hojas, siendo éste el punto vital de la presente tesis.

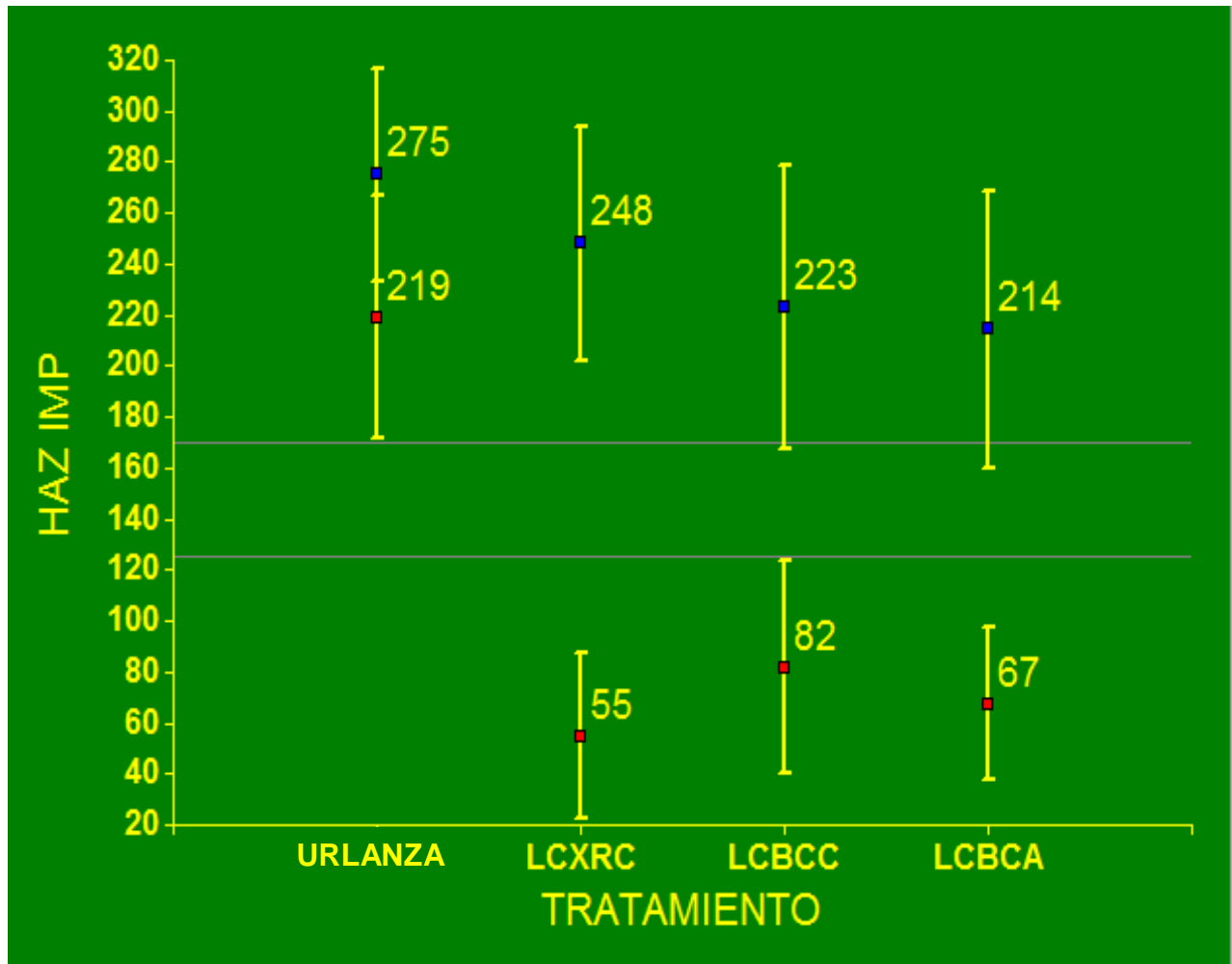


Figura 15: Dispersión de cobertura en haz y envés con un intervalo de confianza del 95%.

Del gráfico podemos inferir que el tratamiento URLANZA produce una cobertura superior a los demás accesorios evaluados en el envés e iguala la cobertura en haz, esto la convierte en un accesorio de aspersión ideal, dado el objetivo de depositar fungicida en el envés de la hoja con el objeto de mejorar el control de la Roya.

## 7.2 CARACTERIZACIÓN DEL EFECTO BIOLÓGICO DE LA COBERTURA

Se entenderá por efecto biológico a la diferencia entre la severidad final de la Roya y la severidad inicial, como producto de la cobertura de aspersión dado que se utilizó el mismo fungicida (y agua en el control) y se variaron los accesorios de aspersión.

### 7.2.1 Severidad pre aplicación

A continuación se presenta análisis de varianza, para severidad pre aplicación.

Cuadro 13: Análisis de varianza, severidad pre aplicación.

Variable	N	CV
SEV PRE	16	18.18

F. V.	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	271.85	6	45.31	0.6405
Tratamiento	278.89	3	59.63	0.4545
Bloque	92.97	3	30.99	0.6937
Error	561.69	9	62.41	
Total	833.54	15		

Para el cuadro de análisis de la varianza pre severidad, se determina con un valor de p 0.45445 que no existe diferencia entre los niveles de severidad de los tratamientos del momento previo a la aspersión.

### 7.2.2 Severidad post aplicación

A continuación se presenta el análisis de varianza, post aplicación.

Cuadro 14: Análisis de varianza severidad post aplicación.

Variable	N	CV
SEV POST	16	22.34

F. V.	SC	gl	CM	p-valor
Modelo.	6368.79	6	1061.40	0.0002
Tratamiento	6155.49	3	2051.83	<0.0001
Bloque	213.30	3	71.10	0.3650
Error	534.56	9	59.40	
Total	6903.35	15		

Para el cuadro de análisis de la varianza post severidad, se determina con un valor de p <0.0001 que si existe diferencia entre los niveles de severidad de los tratamientos post aplicación 22 días después de la aplicación de los tratamientos.

Cuadro 15: Prueba de Tukey severidad post aplicación.

TRATAMIENTOS	Medias	N	E.E		
URLANZA	10.76	4	3.85	A	
LCBCC	28.30	4	3.85		B
LCXRC	33.85	4	3.85		B
LCBCA	65.10	4	3.85		C

De la prueba múltiple de medias se puede inferir que el tratamiento con mayor efecto biológico fue el tratamiento URLANZA en comparación a los otros tratamientos después de las aplicaciones del fungicida. Esto probablemente se deba a la buena cobertura obtenida del fungicida en el envés de la hoja que a su vez, actuó de forma directa sobre el patógeno.

Cuadro 16: Resumen del nivel de severidad pre y post aplicación.

ACCESORIO	PORCENTAJE DE SEVERIDAD				PONDERACIÓN
	PRE %	POST %	EFFECTO POST APLICACIÓN %		
URLANZA	40.10	10.76	83.5		Disminuyó
LCXRC	40.11	28.30	56.5		Disminuyó
LCBCC	46.70	33.85	48.0		Disminuyó
LCBCA	46.88	65.10	--		Aumentó

Del cuadro anterior podemos inferir una diferencia sustancial del efecto producido por el accesorio evaluado, teóricamente superior por su diseño, mostrando en la práctica la mayor cobertura, el mayor efecto biológico y mayor disminución del nivel de severidad de la enfermedad. Se pudo observar alta severidad de roya en el testigo (LCBCA), la cual verifica que la presión del patógeno fue alta, sin embargo el cuadro 16 muestra que la URLANZA tiene una alta efectividad en la disminución de la severidad de roya alcanzando hasta 83.5% de control.



## 8 CONCLUSIONES

- La URLANZA incrementa la cobertura de aspersion en el envés de la hoja debido a que aumenta el número de impactos de gotas en la aspersion (219 impactos) en comparacion a los accesorios convencionales.
- Las aspersiones de fungicida con URLANZA redujo la severidad de roya de forma significativa en comparacion a los otros accesorios evaluados, obteniendo al final del estudio un promedio de 10.76% de severidad en hoja.

## 9 RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la URLANZA con boquillas XR Teejet 11001 VS en bombas de aspersión manuales como herramienta para el control de la Roya del Café.
- Se recomienda evaluar la URLANZA en el control de la roya en cafetales recién establecidos (1 a 3 años), por sus características de funcionamiento ya que posee una válvula de paso en la boquilla superior, la cual la hace funcional solo con la boquilla inferior.
- Se recomienda evaluar el control que pueda generar la URLANZA en otras enfermedades como; *Cercospora coffeicola*, *Mycena citricolor*, *Colletotrichum coffeanum*, *Phoma sp.* que afectan el cultivo del café.
- Se recomienda evaluar URLANZA en aspersiones de fertilizantes foliares por su alta capacidad de cobertura en el envés de las hojas.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G.N. (2008). Fitopatología. 2 ed. México, LIMUSA. p 281-487.

Aguirre, M. (2011). La Caficultura Guatemalteca, estado actual y perspectivas. Gerente Técnico - ANACAFE. Santa Rosa, Guatemala. 32 diapositivas.

ANACAFE (2006). Guía Técnica de Caficultura 2ª Edición. Guatemala, Guatemala.

ANACAFE (2013). Recomendaciones para el control de la Roya (en línea) consultado 3 de septiembre de 2013. Disponible en red: [http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Recomendaciones\\_Control\\_Roya](http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Recomendaciones_Control_Roya):<http://www.cabi.org/compendia/cpc/> (Consultada: 17 de Agosto de 2013).

APS (2011). The American Phytopathological Society. Coffeerust (*Hemileia vastatrix*). Consultado en línea el 25 de agosto de 2013: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/Coffeerust.aspx>

Berk & Br. En la región central y sur occidental de Guatemala C. A. tesis Ing. Agr. USAC. 102 p.

CABI (2013). Crop Protection Compendium CAB International, Wallingford, UK, 2007. Disponible: <http://www.cabi.org/compendia/cpc/> (Consultada: 4 de septiembre 2013).

Calderón, G. (2012). Epidemiología de la Roya del café causada por *Hemileia vastatrix*.

CEDICAFE (2012a) Guía para el manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de café.

CEDICAFE (2012b). Guía técnica manejo racional de plaguicidas tecnología para su aplicación en café.

Delgado, L. (2012). Avance e infestación severa de la roya amarilla en café (en línea). Guatemala. Consultado 3 sep. 2013. Disponible en [http://www.engormix.com/MA agricultura/cultivos-tropicales/articulos/roya-en-cafe-t3914/078-p0.htm](http://www.engormix.com/MA_agricultura/cultivos-tropicales/articulos/roya-en-cafe-t3914/078-p0.htm).

EPPO (2013), European and Mediterranean Plant Protection Organization consultado 3 de septiembre de 2013, disponible en <http://www.eppo.int>.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2010). Gerencia técnica programa de investigación científica, La Roya del café en Colombia. Consultado 10 de septiembre de 2013 disponible en <http://www.federaciondecafeteros.org/>

Guerra, B. (2004). Clasificación de Hongos, (Roya del Cafeto). Archivo PDF.

Johnson, C. (1971). Possible wind transport of coffee leaf rust across Atlantic Ocean. Estados Unidos, Nature Publishing Group. p. 500-501.

MATABI, (2015). Catalogo PDF. Consultado 3 de marzo de 2015. Disponible: [http://www.goizper.com/store/descargas/subgrupos/sub\\_00001/MATABI](http://www.goizper.com/store/descargas/subgrupos/sub_00001/MATABI)  
Catalogo – Spanish PDF.

Municipalidad de Mataquescuintla, (2013). Monografía de Mataquescuintla. Disponible: <http://www.munimataquescuintla.gob.gt/monografia/monografia.pdf>

Monroig, M. (2013). Descripción Morfológica del Café. (En red). Consultado 30 de agosto de 2013. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id53.htm>

- Mora, G. (2010). Hoja de cálculo. México. COLPOS.
- Morales, S. (1975). Período de incubação de *Hemilela vastatrix* Berk. y Br. em tres regioes do estado de Sao Paulo. *Summa Phytopathologica, Brasil* 2:32
- OIRSA, (2013). Guía de Campo para la Identificación de Síntomas de la Roya del Café (*Hemileia Vastatrix*) Programa Regional de Apoyo al Control de la Roya del Café. (Consultado 28 de agosto de 2013), disponible en [www.oirsa.org-royacafeoirsa@oirsa.org](http://www.oirsa.org-royacafeoirsa@oirsa.org)
- OIC (2013). Organización Internacional del Café. Epidemia de Roya. Consultado en 22 de agosto de 2013 disponible en [http://www.ico.org/leafrust\\_e.asp?section=Acerca\\_del\\_caf%E9](http://www.ico.org/leafrust_e.asp?section=Acerca_del_caf%E9)
- Orozco, Figueroa, Pacheco, Calderón, (2011). Revista El Cafetal. Manejo integrado de la Roya de cafeto. Asociación Nacional de Café en Guatemala (ANACAFE). Edición Número 28. Guatemala.
- Peñate, (2012). Tecnología para hacer aspersiones eficientes en el cultivo de café. 23 Congreso Nacional del Café. Anacafé.
- PROCAFE (2006). Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. Morfología del cafeto, consultado el 28 de octubre de 2013. Disponible en <http://www.procafe.com.sv/menu/Generalidades/AspectosBotanicos.htm>
- Rayner, R.W. (1972). Micología, Historia y Biología de la roya del cafeto. Costa Rica. IICA-CATIE. Publicación miscelánea 94: 68.
- Rayner, R.W. (1961). *Germination and penetration studies on coffee rust (Hemileia vastatrix B. & Br.)*. *Annals of Applied Biology* 49: 497-505.

Rivillas, O. C., Serna, G. C., Cristancho, A. M. y Gaitán, B. A. (2011). La Roya del Cafeto en Colombia (Impacto, manejos y costos del control, resultados de investigación). Centro Nacional de Investigación del Café (CENICAFE). Chinchiná, Caldas, Colombia. 53 pp.

SAGARPA (2013). Ficha técnica Roya del Cafeto *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome. Doc. PDF.

Sitún, M. (2005). Investigación agrícola, guía de estudio. Guatemala. ENCA. 137 p.

Teejet. (2002). Productos para aspersion Teejet, guía del comprador 202-E

USDA (2015). Agricultural Research Service. Taxonomía de plantas en GRIN. Consultado en línea el 05 mar. 2015: [http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax\\_search.pl](http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl)



## 11 ANEXOS



Figura 16: Área donde se estableció el ensayo.



Figura 17: Evento de floración principal (18/05/2015).





Figura 18: Niveles de severidad en hoja pre aplicación (16/07/2015).



Figura 19: Aplicación de tratamientos (17/07/2015).

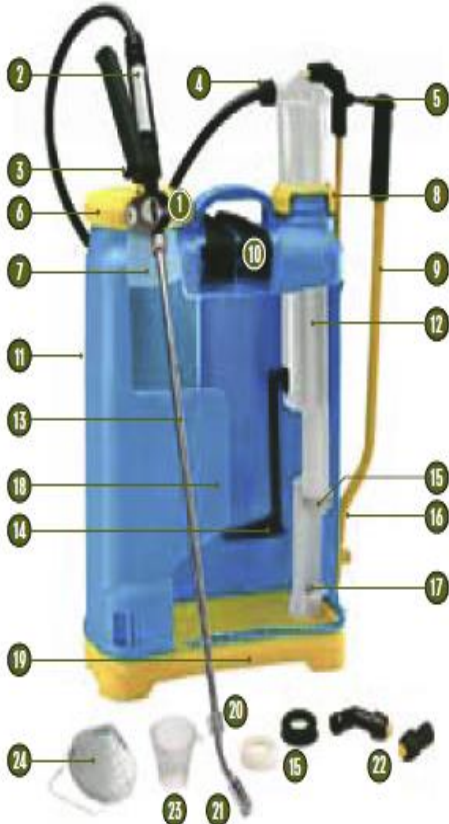




Figura 20: Papel hidro sensible marcado por las aspersiones en haz y envés (17/07/2015).



Figura 21: Severidad post aplicación (08/08/2015).



## características principales

- 1 Regulador de presión.
- 2 Amplio filtro con juntas de vitón en la empuñadura de la lanza y muelle inoxidable.
- 3 Fijador de la manilla de paso.
- 4 Conexiones de la manguera a la lanza y al depósito por rosca sin abrazaderas ni racores.
- 5 Fijador de palanca, lanza y brazo, para facilitar el transporte y almacenamiento.
- 6 Amplia boca de llenado. Tapa con válvula antigoteo.
- 7 Amplio y profundo filtro de llenado con indicador de contenido.
- 8 Tuerca guía con arandela de cierre y lubricación.
- 9 Palanca de accionamiento con mango ergonómico.
- 10 Correas dirigidas, resistentes, ajustables y no corrosivas.
- 11 Indicador exterior de nivel en litros y galones USA.
- 12 Cámara de presión de gran capacidad y alta resistencia.
- 13 Lanza de latón cromado (modelos Super Agro 16-20, Super Agro 2016 y Super 16-20).
- 14 Agitador mecánico con dispositivo para montar la válvula de cierre (excepto Super Agro 2016).
- 15 Retén sintético (vitón en los modelos Super 16-20). Retén de caucho y retén sintético como repuesto.
- 16 Reversible, ambidiestro.
- 17 Bolas de acero inoxidable en la válvula y la camisa.
- 18 Depósito resistente, con asa, ligero y con forma ergonómica gracias al separador de espalda. Refuerzo interior del depósito mediante una costilla estructural (Modelos Super Agro 16-20 y Super Green 12-16).
- 19 Base completa, antichoque y anticorrosiva.
- 20 Racord para acoplamiento de accesorios. Lanza orientable.
- 21 Boquilla cónica regulable.
- 22 Codillo Herbicidas o Accesorio Herbicidas.
- 23 Dosificador 100 mL. Gozpper.
- 24 2 Mascarillas de protección para la preparación de la mezcla.

Figura 22: Partes de una bomba de aspersión manual (MATABI, 2015).

Cuadro 17: Datos de cobertura de los tratameintos evaluados.

TRATAMIENTO	BLOQUE	IMP-HAZ	DIAM-HAZ	IMP-ENVÉS	DIAM-ENVÉS
URLANZA	I	305.6	211.1	206.7	222.2
URLANZA	II	327.6	255.6	126.2	266.7
URLANZA	III	276.2	200.0	277.6	233.3
URLANZA	IV	190.9	244.4	266.0	277.8
LCXRC	I	144.2	222.2	112.8	244.4
LCXRC	II	263.2	200.0	56.6	211.1
LCXRC	III	277.6	255.6	34.1	266.7
LCXRC	IV	307.3	200.0	15.9	200.0
LCBCC	I	161.6	277.8	79.1	244.4
LCBCC	II	212.4	233.3	114.2	255.6
LCBCC	III	229.4	277.8	72.4	244.4
LCBCC	IV	288.7	233.3	60.9	222.2
LCBCA	I	177.8	266.7	117.8	244.4
LCBCA	II	196.4	211.1	49.8	200.0
LCBCA	III	184.4	333.3	38.2	200.0
LCBCA	IV	298.7	211.1	64.0	200.0

Cuadro 18: Datos de severidad de los tratamientos evaluados.

TRATAMIENTO	BLOQUE	SEV-PRE	SEV-POST
URLANZA	I	47.22	13.19
URLANZA	II	36.11	11.11
URLANZA	III	37.5	6.94
URLANZA	IV	39.58	11.81
LCXRC	I	35.42	18.75
LCXRC	II	48.61	38.19
LCXRC	III	47.92	34.72
LCXRC	IV	28.47	21.53
LCBCC	I	38.89	27.08
LCBCC	II	46.53	24.31
LCBCC	III	49.31	44.44
LCBCC	IV	52.08	39.58
LCBCA	I	36.11	56.94
LCBCA	II	47.92	61.11
LCBCA	III	47.92	68.75
LCBCA	IV	55.56	73.61