

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO DE
LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix* BERKELEY & BROOME). DIAGNÓSTICO Y
SERVICIOS REALIZADOS EN SAN JOSÉ POAQUIL CHIMALTENANGO,
GUATEMALA, C.A.

MARIA ELISA SALAZAR ROSALES

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN
EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO DE
LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix* BERKELEY & BROOME). DIAGNÓSTICO Y
SERVICIOS REALIZADOS EN SAN JOSÉ POAQUIL CHIMALTENANGO,
GUATEMALA, C.A.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

MARIA ELISA SALAZAR ROSALES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERA AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	P. Agr. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

Guatemala, septiembre de 2020

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix* BERKELEY & BROOME). DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN SAN JOSÉ POAQUIL CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

MARIA ELISA SALAZAR ROSALES

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por las infinitas bendiciones. Sin ti no lo hubiera logrado.

MIS PADRES

Víctor Abel Salazar y Juana Luz Rosales, por su apoyo incondicional y su cariño. Gracias por nunca negarme la oportunidad del estudio y brindarme su apoyo y consejo en cada aspecto de mi vida. Gracias por siempre motivarme a seguir adelante. Su esfuerzo diario fue y será siempre mi motor. Este logro es nuestro.

MI HERMANA

Andrea Salazar por ser un ejemplo diario de esfuerzo y perseverancia. Gracias por tu cariño y amistad. La vida recompensara todo tu esfuerzo.

MI ABUELA

Marta Lidia Porras “mamá Marta” (Q.E.P.D.) por siempre alegrarse de mis logros y motivarme a ser una mujer estudiosa y profesional.

MIS AMIGAS

Dulce Barillas y Andrea Solombrino por siempre brindarme su incondicional apoyo, por estar conmigo en las buenas y en las malas. Gracias por todos los momentos extraordinarios a su lado. Las quiero mucho.

MIS AMIGOS

David Paiz, Christian Hernández, Manuel Ixcot, Jorge Zumeta, Karen Tzoc, Mariana Centeno y Adda Guevara por su cariño, todas las risas y aventuras vividas. Espero seguir compartiendo con ustedes muchos momentos felices más.

DANIEL JOCOP

Por la felicidad que trae a mi vida. Gracias por todo el cariño, amistad y apoyo durante la carrera, el EPS y la vida. Te quiero mucho.

A:

MIS PRIMOS

Abraham, Samuel, Daniel, Alejandro, Paola y Daniel Antonio por brindarme siempre una mano amiga. Los quiero mucho.

MIS SOBRINAS

Ana Sofía, Isa y Mariita por llenar mi vida de luz y felicidad. Gracias.

MI FAMILIA

A mis tíos: Tono, Ariel, Boanerjes, René (Q.E.P.D.); tías: Brenda, Carmen, Tere, Güicha, Ana, Maribel; padrinos Claudia y Rodrigo, primos, sobrinos y abuelos: Papá Beto (Q.E.P.D.), Mamá María (Q.E.P.D.) y Papá Tereso (Q.E.P.D.). Gracias por todo su apoyo y cariño.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

DIOS

Por guiarme durante toda mi vida y poner a las personas correctas a mi lado.

MIS PADRES

Víctor Abel Salazar y Juana Luz Rosales por su comprensión y apoyo durante la carrera.

GUATEMALA

Mi patria.

USAC

Mi alma mater.

FAUSAC

Gracias por todos los momentos, lecciones, conocimientos y amistades que obtuve durante mi estadía.

AGRADECIMIENTOS

A:

Universidad de San Carlos de Guatemala, mi alma mater.

Facultad de Agronomía, por los conocimientos profesionales adquiridos.

Programa de Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario, EPSUM, por los retos impuestos y las lecciones aprendidas.

Municipalidad de San José Poaquil, por el espacio en la Oficina de Desarrollo Agrícola.

Grupo de mujeres “Aroma de Café” de la zona 5 de San José Poaquil, en especial a las señoras Julia Sanic, Vicenta Gabriel y Yohana Sisimit, por darme la oportunidad de integrarme a su organización y entrar a sus casas, sin su apoyo este trabajo hubiera sido imposible.

Al ingeniero Jonás Arriaga, por su amistad y apoyo durante el EPS.

Mi Supervisor – Asesor, David Monterroso, por ir más allá del deber, por compartirme sus amplios conocimientos y brindarme su apoyo y consejo durante la realización de esta investigación.

Mi asesor, Gustavo Álvarez por sus consejos.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
RESUMEN	XI
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO REALIZADO EN LA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO.....	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. MARCO REFERENCIAL.....	5
2.3 Ubicación.....	5
2.4 Colindancias	5
2.5 Aldeas y caseríos	5
2.6 Población.....	5
2.7 Aspectos climáticos	6
2.7.1 Temperatura.....	6
2.7.2 Precipitación.....	6
2.7.3 Humedad relativa	6
3. METODOLOGÍA	7
3.1 Entrevistas.....	7
3.2 Reconocimiento del lugar	7
3.3 Búsqueda de información secundaria	7
3.4 Análisis de la información.....	7
4. RESULTADOS.....	8
4.1 Zona 5 San José Poaquil	8
4.1.1 Servicios básicos	8
4.1.2 Infraestructura	9
4.1.3 Aspectos sociales.....	10
4.1.4 Organizaciones sociales	11

4.1.5	Producción de café	13
4.1.6	Conocimiento local.....	15
4.2	Problemas identificados Zona 5 del municipio San José Poaquil.	16
4.3	Árbol de problemas	17
4.4	Análisis.....	18
5.	CONCLUSIONES	19
6.	RECOMENDACIONES.....	20
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	21
8.	ANEXOS.....	22
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ (<i>HEMILEIA VASTATRIX</i> BERKELEY & BROOME) EN SAN JOSÉ POAQUIL CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.		23
1.	INTRODUCCIÓN	25
2.	MARCO TEÓRICO	27
2.1	Marco conceptual.....	27
2.1.1	Morfología del café	27
2.1.2	Plagas del café	28
2.1.3	Roya del Café (<i>H. vastatrix</i>).....	29
2.1.4	Métodos de cuantificación de la intensidad de la enfermedad.....	46
2.1.5	Relación incidencia y severidad.....	47
2.2	Marco referencial	47
2.2.1	Ubicación	47
2.2.2	Colindancias	48
2.2.3	Aspectos climáticos	49
3.	OBJETIVOS.....	50
3.1	Objetivo general	50
3.2	Objetivos específicos	50

PÁGINA

4.	HIPÓTESIS	50
5.	METODOLOGÍA	51
5.1	Características de producción	51
5.2	Ubicación del área experimental	51
5.3	Diseño experimental	51
5.3.1	Área experimental	52
5.3.2	Modelo estadístico	53
5.4	Tratamientos para evaluar	53
5.4.1	Aplicación de productos	54
5.5	Manejo	54
5.6	Variables de respuesta	56
5.6.1	Incidencia	56
5.6.2	Severidad	57
5.6.3	Estimación de cosecha	59
5.7	Análisis de datos	60
5.7.1	Incidencia y severidad	60
5.7.2	Análisis comparativo entre incidencia y rendimiento	61
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
6.1	Incidencia	62
6.1.1	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad para incidencia	65
6.1.2	Tasa neta de incremento poblacional “r”	67
6.1.3	Análisis de varianza para incidencia de roya del café (<i>H. vastatrix</i>)	68
6.2	Severidad de la roya	70
6.2.1	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad para severidad	72
6.2.2	Tasa neta de incremento poblacional “r”	73
6.2.3	Análisis de varianza para severidad de roya (<i>H. vastatrix</i>)	75

	PÁGINA
6.3 Discución incidencia/severidad	76
6.4 Relación incidencia-severidad.....	77
6.5 Análisis económico	79
6.5.1 Relación incidencia de roya con rendimiento.....	79
6.5.2 Análisis marginal.....	79
7. CONCLUSIONES.....	81
8. RECOMENDACIONES.....	82
9. BIBLIOGRAFÍA.....	83
10. ANEXOS.....	90
CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO.....	101
1. INTRODUCCIÓN	103
2. SERVICIO 1. IMPLEMENTACIÓN DE LOMBRICOMPOSTERAS CON GRUPO DE MUJERES “AROMA DE CAFÉ”, EN ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO.....	104
2.1 INTRODUCCIÓN	104
2.2 OBJETIVOS	105
2.2.1 Objetivo general.....	105
2.2.2 Objetivos específicos	105
2.3 Metodología	106
2.4 Resultados	108
2.5 Evaluación.....	110
2.6 Conclusiones.....	111
2.7 Recomendaciones	111
3. SERVICIO 2: EJECUCIÓN DE HUERTO COMUNITARIO CON HABITANTES DE LA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO	112
3.1 INTRODUCCIÓN	112
3.2 OBJETIVOS	113

PÁGINA

3.2.1	Objetivo general	113
3.2.2	Objetivos Específicos	113
3.3	Metodología.....	114
3.4	Resultados.....	116
3.5	Evaluación.....	117
3.6	Conclusiones	118
3.7	Recomendaciones.....	118
4.	BIBLIOGRAFÍAS.....	119
5.	ANEXOS	120

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Mapa del casco urbano de San José Poaquil Chimaltenango.	6
Figura 2. Calles de Zona 5 de San José Poaquil.	9
Figura 3. Casa, zona 5 San José Poaquil.	10
Figura 4. Almacigo perteneciente al grupo de mujeres "Aroma de Café".	12
Figura 5. Área con la que cuentan las productoras de café.	13
Figura 6. Diego Nix, coordinador de la Oficina de Desarrollo Agrícola municipal y Julia Sanic, lideresa de la zona 5 del municipio.	16
Figura 7. Árbol de problemas.	17
Figura 8A. Presencia de <i>Hemileia vastatrix</i>	22
Figura 9A. Sistema productivo de café y sombra.	22
Figura 10. Estructura vegetativa y reproductiva del café.	27
Figura 11. Ciclo de vida de la roya del café (<i>H. vastatrix</i>).	32
Figura 12. Progreso de la roya del cafeto.	33
Figura 13. Ubicación del área experimental, San José Poaquil, Chimaltenango.	48
Figura 14. Gradientes de variación.	52
Figura 15. Área experimental.	52
Figura 16. Metodología de elaboración de mezclas para posterior aplicación.	55
Figura 17. Recuento de incidencia.	57
Figura 18. Escala para severidad recomendada por SENASICA, 2013.	58
Figura 19. Comportamiento de la incidencia de roya (<i>H. vastatrix</i>) en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.	64
Figura 20. Promedio de ABCDPE para incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.	66
Figura 21. Tasa de incremento poblacional "r", incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	68
Figura 22. Comportamiento de severidad de roya (<i>H. vastatrix</i>) en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	71

PÁGINA

Figura 23. Promedio ABCDPE para severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	73
Figura 24. Tasa de incremento poblacional "r", severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.....	74
Figura 25. Relación incidencia-severidad para <i>H. vastatrix</i> en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, 2018.....	78
Figura 26A. Croquis del área experimental.	91
Figura 27A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de bicarbonato de sodio; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.....	94
Figura 28A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de ácido acetilsalicílico; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.....	94
Figura 29A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de jabón de coche; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.....	95
Figura 30A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de peróxido de hidrógeno; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.....	95
Figura 31A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de aceite mineral; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.....	96
Figura 32A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de testigo; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	96
Figura 33A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de bicarbonato de Sodio; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.....	97

Figura 34A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de ácido acetilsalicílico; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	97
Figura 35A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de jabón de coche; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.	98
Figura 36A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de peróxido de hidrógeno; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	98
Figura 37A. Linealización de la epidemia en el tratamiento aceite mineral; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.	99
Figura 38A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de testigo; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	99
Figura 39. Construcción y entrega de lombricomposteras a beneficiarias.	106
Figura 40. Metodología de introducción de lombricomposteras.	107
Figura 41. Visita a hogares de beneficiarias.	107
Figura 42. Lixiviado y composta de lombriz.	109
Figura 43. Intercambio de experiencias.	110
Figura 44. Charla “la importancia de rotación de cultivos”.	114
Figura 45. Metodología implementada para elaboración de huerto urbano.	115
Figura 46. Ejecución de la metodología.	115
Figura 47. Huerto comunitario.	116
Figura 48A. Exposición de beneficiaria en intercambio de experiencias.	120
Figura 49A. Cosecha de rábanos por beneficiarias.	120
Figura 50A. Preparación del terreno para huerto comunitario.	121
Figura 51A. Preparación del terreno para huerto comunitario.	121
Figura 52A. Construcción de lombricompostera casera.	122

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Efecto antifúngico del potasio, calcio y fósforo.	45
Cuadro 2. Descripción de tratamientos.	53
Cuadro 3. Dosis de tratamientos.	54
Cuadro 4. Clases según daño del área foliar según SENASICA, 2013.	58
Cuadro 5. Lectura inicial (07/06/18), media (09/08/18) y final (25/10/18) para incidencia de roya (<i>H. vastatrix</i>) en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.	62
Cuadro 6. Promedios de ABCDPE para incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.	66
Cuadro 7. Tasa neta de incremento poblacional "r", incidencia de roya cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.	67
Cuadro 8. Análisis de varianza para incidencia de roya.	68
Cuadro 9. Lectura inicial (27/07/18), media (30/08/18) y final (29/10/18) para severidad de la roya (<i>H. vastatrix</i>) en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.	70
Cuadro 10. Promedio de ABCDPE para severidad de roya cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	72
Cuadro 11. Tasa de incremento poblacional "r", severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	73
Cuadro 12. Análisis de varianza para severidad de roya.	75
Cuadro 13. Correlación de Pearson.	78
Cuadro 14. Estimación de rendimiento.	79
Cuadro 15. Cálculo de tasa de retorno marginal.	80
Cuadro 16A. Siglas utilizadas en el documento.	90
Cuadro 17A. Datos -ABCDPE- Incidencia en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.	92

PÁGINA

Cuadro 18A. Datos -ABCDPE- Severidad en cafetales de San José Poaquil,
Chimaltenango, junio – octubre del 2018..... 93

Cuadro 19A. Costo de aplicación por tratamiento..... 100

Cuadro 20A. Costos variables de producción. 100

Cuadro 21. Nombre de integrantes del grupo “Aroma de Café” de la zona 5. 108

EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix* BERKELEY & BROOME) EN SAN JOSÉ POAQUIL CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A., DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado es la última etapa de la formación para optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola. Éste consta de tres fases, a) el diagnóstico, que se realiza en los primeros meses de estadía en el área del ejercicio; b) la investigación, basada en la observación y los datos recolectados en el previo diagnóstico; y c) los servicios, que pretenden solucionar los problemas identificados durante la primera fase.

El Ejercicio Profesional Supervisado fue realizado en conjunto con el programa de Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario –EPSUM–, el cual me asignó la Oficina de Desarrollo Agrícola de la municipalidad de San José Poaquil, Chimaltenango, donde se trabajó con grupos de mujeres cafetaleras en el período de febrero a noviembre del año 2018.

Este trabajo de graduación está integrado por tres capítulos, el diagnóstico, la investigación realizada en dos cafetales de traspatio de mujeres cafetaleras de la zona 5 del casco urbano y los servicios llevados a cabo en conjunto con el grupo de mujeres “Aroma de Café”.

El Capítulo I, abarca el diagnóstico ejecutado en la zona 5 de San José Poaquil. Este diagnóstico se elaboró a partir de encuestas basadas en la producción cafetalera, dirigidas al grupo de mujeres “Aroma de Café”. Estas encuestas brindaron un panorama general sobre las actividades que llevan a cabo durante un ciclo productivo y qué factores afectan su producción durante el mismo. Además de las encuestas, se realizaron recorridos por el área y se elaboró una búsqueda de información secundaria para realizar una triangulación de datos.

A partir del diagnóstico se concluyó que era necesario implementar un método de manejo de la roya del café (*H. vastatrix*) de bajo costo y amigable con el ambiente, debido a que las beneficiarias son de escasos recursos. Asimismo, se concluyó que la introducción de

composteras a los hogares de las productoras beneficiaría ampliamente, tanto a la producción de café como a la sanidad de los hogares.

En el Capítulo II, se desarrolla el informe de investigación realizado en dos cafetales de traspatio de mujeres pertenecientes al grupo “Aroma de Café”. En esta investigación se evaluaron cinco tratamientos alternativos de bajo costo y toxicidad para el manejo de la roya del café (*H. vastatrix*). Los tratamientos evaluados fueron: bicarbonato de sodio, agua oxigenada, aceite mineral, ácido acetilsalicílico y jabón de coche.

Se evaluó la incidencia y severidad en escala porcentual de cada tratamiento aplicado y se compararon estos datos con la tasa marginal de retorno para definir que producto combate la roya del café sin afectar económicamente la producción.

Los productos que mejores resultados obtuvieron fueron el bicarbonato de sodio, el jabón de coche y el ácido acetilsalicílico. Estos tratamientos mantuvieron la enfermedad en porcentajes estables para incidencia y severidad antes, durante y después de las lluvias que se presentaron durante el ensayo. El análisis estadístico y epidemiológico de datos posterior indicó que de estos tres tratamientos, el más viable fue el bicarbonato de sodio.

El bicarbonato de sodio obtuvo los valores más bajos en el cálculo del área bajo la curva del progreso de la enfermedad para incidencia (132.25) y severidad (334.31), al igual que la tasa de incremento poblacional “r” para incidencia (-0.40 %/día) y severidad (0.36 %/día).

El bicarbonato y el jabón de coche se consideraron los mejores tratamientos después de obtener la tasa marginal de retorno y el efecto de los tratamientos evaluados. Estos tratamientos obtuvieron las tasas de retorno marginales más altas y redujeron la presencia de la roya en los cafetales de traspatio de las productoras.

En el Capítulo III se desarrolló el informe de servicios. En el servicio 1, se implementaron lombricomposteras con grupo de mujeres, “Aroma de Café”. Estas lombricomposteras dotaron de fuentes de fertilizante orgánico a nueve mujeres productoras. De cada recipiente se obtuvo un promedio de 500 ml de lixiviado de lombriz y composta, después de seis meses de producción.

El servicio 2, consistió en el establecimiento de un huerto comunitario con el mismo grupo de mujeres. Este servicio constó de charlas informativas y capacitaciones. Al finalizar este servicio las beneficiarias cosecharon rábano, zanahoria, brócoli, perejil, remolacha, repollo, cebolla y colinabo.



CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO REALIZADO EN LA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO.

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de San José Poaquil es un municipio netamente cafetalero. Según el plan de desarrollo municipal desarrollado por SEGEPLAN en el año 2010, el 80 % de la población se dedica a la producción y comercialización de café.

Lamentablemente la producción de café ha disminuido sustancialmente por la presencia de enfermedades que afectan a los sistemas productivos. La principal causa de la prevalencia de enfermedades como la roya del café, es el poco manejo cultural que se le provee a las parcelas y la falta de recursos económicos para hacer aplicaciones preventivas de pesticidas para este tipo de enfermedades. Esto ha afectado de manera directa a los pequeños productores, ya que el rendimiento en sus parcelas es mínimo y sus ingresos por año han disminuido.

A raíz de estos problemas se han creado organizaciones de mujeres cafetaleras a lo largo del municipio en conjunto con instituciones públicas como la municipalidad. Estos grupos de mujeres buscan incrementar los conocimientos básicos de manejo de parcelas de traspatio, técnicas de prevención y soluciones viables para el ataque de plagas y enfermedades a partir de charlas informativas e interactivas.

A continuación, se presenta el diagnóstico realizado en la zona 5 del municipio de San José Poaquil, elaborado a partir de entrevistas realizadas a 13 mujeres pertenecientes a la organización “Aroma de Café” de la zona 5 del casco urbano de San José Poaquil, haciendo énfasis en el manejo que le dan a su cafetal. Además, se realizó un reconocimiento del área y triangulación de datos para conocer los recursos que estas personas poseen y cómo viven.

Se enumeraron las principales problemáticas que afectan en esta zona, a partir de esto se elaboró un árbol de problemas y su respectivo análisis centrado en el principal problema encontrado: “presencia y prevalencia de enfermedades en cafetales de traspatio”.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Identificar las principales problemáticas que afectan a los pobladores de la zona 5 del Municipio de San José Poaquil.

2.2 Objetivos específicos

1. Recolectar información para conocer la situación en la que se encuentra la zona 5 del municipio de San José Poaquil.
2. Identificar y priorizar la problemática central que afecta a los pobladores de la zona 5 del municipio de San José Poaquil.
3. Proponer los temas de servicios e investigación a partir de la priorización de la problemática identificada.

3. MARCO REFERENCIAL

2.3 Ubicación

San José Poaquil está ubicado al Norte del departamento de Chimaltenango. Este municipio se encuentra a 47 km de la cabecera departamental y a 101 km de la ciudad capital. Se ubica en latitud 14°48'58" N y longitud 90°54'45" O (Escobar, 2011).

2.4 Colindancias

El municipio de San José Poaquil colinda al Norte con el departamento de Quiché y al Este, Oeste y Sur con municipios del departamento de Chimaltenango (Escobar, 2011).

- Norte: municipio de Joyabaj, departamento de Quiché.
- Este: San Martín Jilotepeque, departamento de Chimaltenango
- Sur: San Juan Comalapa, departamento de Chimaltenango
- Oeste: Tecpán, departamento de Chimaltenango; Santa Apolonia, departamento de Chimaltenango.

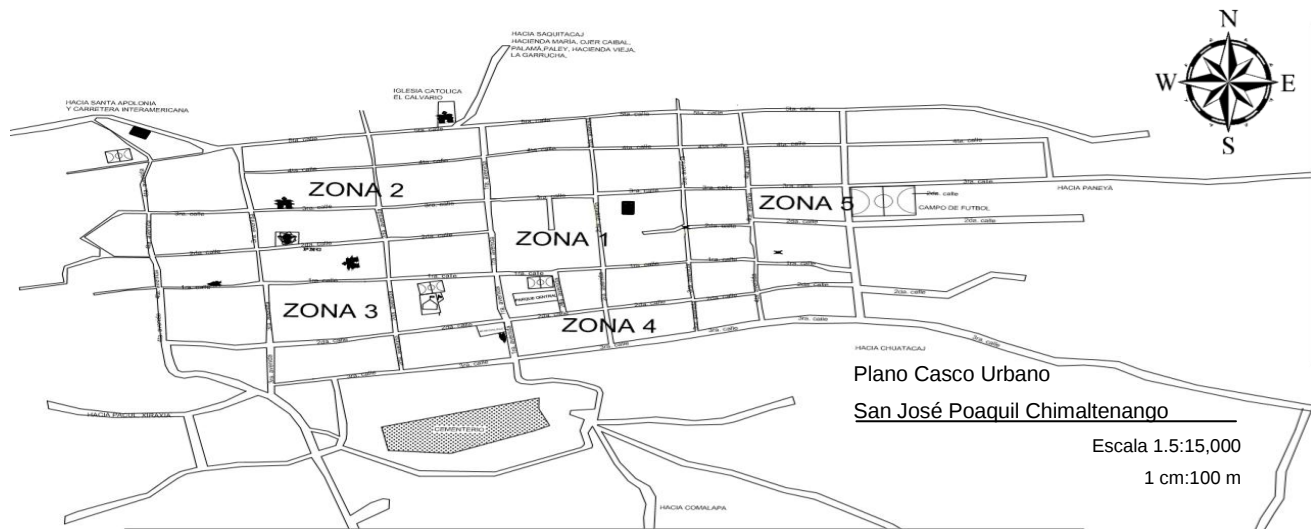
2.5 Aldeas y caseríos

El municipio de San José cuenta con seis aldeas, 25 caseríos y el casco urbano está dividido en cinco zonas.

2.6 Población

Según las estimaciones de población total por municipio del Instituto Nacional de Estadística (INE) (2008), realizadas para el período del 2008 al 2020, en el 2018 la población de San José Poaquil asciende a 262,596 habitantes.

El 72 % de la población habita en el área rural mientras que el 28 % de la población vive en el casco urbano (SEGEPLAN, 2010).



Fuente: Dirección Municipal de Planificación –DMP- San José Poaquil, 2018.

Figura 1. Mapa del casco urbano de San José Poaquil Chimaltenango.

2.7 Aspectos climáticos

2.7.1 Temperatura

Las temperaturas al Sur del municipio oscilan entre los 16 °C como mínima y 22 °C como máxima, al Norte del municipio oscilan entre los 17 °C como mínima y 26 °C como máxima y en la cabecera departamental y aldeas cercanas, las temperaturas oscilan entre los 15 °C como mínima y 24 °C como máxima (SEGEPLAN, 2010).

2.7.2 Precipitación

En el municipio llueve 194 días al año en época lluviosa y aproximadamente presenta una precipitación media de 1348 mm al año (SEGEPLAN, 2010).

2.7.3 Humedad relativa

El municipio de San José Poaquil presenta una humedad relativa del 77 % (SEGEPLAN, 2010).

3. METODOLOGÍA

Para ejecutar participativamente el diagnóstico se realizaron distintas actividades según un cronograma establecido.

3.1 Entrevistas

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a 13 mujeres pertenecientes a la organización cafetalera Aroma de Café de la zona 5 de San José Poaquil. Éstas residieron en preguntas sobre el manejo general de los cafetales, plagas y enfermedades que afectan en mayor proporción a la producción, cosecha y comercialización.

3.2 Reconocimiento del lugar

El reconocimiento del área consistió en realizar dos visitas a la zona 5 del municipio para conocer e identificar el área de trabajo. Se tomó fotografías del lugar y se habló con miembros de la población, lideresas de grupos productivos y miembros de la municipalidad.

3.3 Búsqueda de información secundaria

Se ejecutó una búsqueda de información del municipio, para realizar una triangulación de datos junto con la información primaria recolectada.

3.4 Análisis de la información

Esta fase consistió en la triangulación de información obtenida en campo y en fuentes secundarias. Se describió la información compilada y se realizó una priorización de los problemas.

Se desplegó un árbol de problemas centrado en la problemática principal identificada y posteriormente se continuó a describir la misma.

4. RESULTADOS

4.1 Zona 5 San José Poaquil

4.1.1 Servicios básicos

A. Salud

Los habitantes de la zona 5, al pertenecer al casco urbano, cuentan con un centro de salud tipo B a 20 minutos del lugar, si se viaja en mototaxi. Según el plan de desarrollo municipal elaborado por SEGEPLAN (2010), el centro de salud cuenta con el siguiente personal: médico, enfermeras, trabajadora social, inspector de saneamiento, técnico de laboratorio, dos técnicos en salud rural, dos técnicos en vectores, nueve auxiliares de enfermería y oficinistas. Existe un déficit en cuanto a medicamento y personal calificado.

B. Recolección de Basura

El municipio cuenta con recolección de basura en el casco urbano los días lunes; por este servicio se pagan dos quetzales cada que se utilice el servicio según SEGEPLAN (2010). Sin embargo, la población de la zona 5 de San José Poaquil no cuenta con este servicio semanalmente.

Usualmente los pobladores de esta zona tiran su basura en sus patios o la queman.

Por otra parte, algunas mujeres utilizan los desperdicios orgánicos como abono para sus cultivos sin un previo compostaje.

C. Agua

La zona 5 del municipio de San José Poaquil cuenta con servicio de agua potable. El agua es distribuida únicamente por las noches en el área urbana SEGEPLAN (2010).

Este vital líquido llega muchas veces contaminado, ya que lleva consigo restos de tierra. En época seca el agua es racionada, distribuyéndose únicamente dos veces por semana. Por este servicio se pagan cinco quetzales mensualmente (SEGEPLAN, 2010).

D. Electricidad

La mayoría de las viviendas cuentan con servicio de alumbrado eléctrico, este servicio es privado (SEGEPLAN, 2010).

4.1.2 Infraestructura

A. Calles

A partir del inicio de la zona 5, el adoquín es inexistente, por lo que, todas las calles son de terracería.

En la figura 3 se muestran las calles de terracería que cuenta la zona 5 del municipio.



Figura 2. Calles de Zona 5 de San José Poaquil.

B. Habitación

La mayoría de las casas del lugar son de block, con techo de lámina. Aún existen en el lugar casas de adobe y madera con techo de lámina. Las casas constan de una cocina, en donde se utiliza leña para cocinar, uno o varios cuartos utilizados como dormitorio y se utilizan letrinas en algunas de las casas. La figura 4 muestra la vivienda estándar del lugar.



Figura 3. Casa, zona 5 San José Poaquil.

4.1.3 Aspectos sociales

A. Población

Según las estimaciones de población total por municipio del Instituto Nacional de Estadística (INE), realizadas para el período del 2008 al 2020, en el 2018 la población de San José Poaquil ascendía a 26,596 habitantes (Instituto Nacional de Estadística (INE), 2008).

La población de la zona 5 de San José Poaquil, de acuerdo con el Registro Nacional de las Personas, proporcionado por la Dirección Municipal de Planificación –DMP- de la municipalidad, es de aproximadamente 235 personas, esto representa el 0.089 % de la población total del municipio.

B. Fuente de ingresos

El 80 % de la población se dedica a la producción de café (SEGEPLAN, 2010) y a otras labores de agricultura combinados con otro tipos de trabajo como la albañilería, mercadeo de productos de consumo diario y otro tipo de trabajos asalariados. Se ha vuelto usual el ingreso de dinero a partir de remesas enviadas desde el extranjero.

C. Seguridad alimentaria y nutricional

Según el Instituto Nacional de Seguridad Alimentaria (INSAN), el 87 % de las comunidades del municipio cuenta con índices medios, altos y muy altos de riesgo de inseguridad alimentaria y nutricional, colocándolos en el sexto lugar a nivel departamental de vulnerabilidad alimentaria (SEGEPLAN, 2010).

La CODESAN, ha priorizado al municipio como parte del corredor seco, donde se incrementa la posibilidad de pérdida de cosechas y la escasez de granos básicos, lo que repercute en la disponibilidad de alimentos (SEGEPLAN, 2010).

4.1.4 Organizaciones sociales

Cada una de las zonas del casco urbano cuenta con una organización de mujeres asociada a la municipalidad.

El objetivo de estos grupos de mujeres es buscar el desarrollo y crecimiento de la economía familiar a través de un adecuado manejo de los sistemas productivos de café. Este objetivo se logra gracias a las capacitaciones y visitas de campo brindadas por los técnicos municipales e ingenieros de instituciones privadas.

Los grupos de mujeres del casco urbano son los siguientes:

- Organización de Mujeres Grano de Café, zona 1 de San José Poaquil.
- Organización de Mujeres Flor de Café, zona 2 de San José Poaquil.
- Organización de Mujeres Zona 4 de San José Poaquil.
- Organización de Mujeres Aroma de Café, zona 5 de San José Poaquil.

A. Organización de mujeres “Aroma de Café”, zona 5, San José Poaquil.

Esta organización se formó en el año 2016, a partir de las problemáticas económicas, sociales y agrícolas que enfrentaban en ese momento los pobladores del municipio.

Este grupo está conformado por 15 mujeres pertenecientes a la zona 5 del casco urbano de San José Poaquil. Cada una de estas mujeres cuenta con área destinada a la producción de café en el traspatio de sus casas.

Con el apoyo de la Oficina de Desarrollo Agrícola (ODA) y la oficina de Dirección Municipal de la Mujer (DMM), este grupo se reúne dos veces al mes para recibir capacitaciones y orientación acerca del manejo del sistema productivo de café, además de otro tipo de formaciones que están relacionadas con cocina y bienestar familiar.

Este grupo cuenta con un almácigo de café (figura 4), el cual fue construido con insumos donados por la municipalidad. Este almácigo es manejado por las mujeres pertenecientes al grupo.



Figura 4. Almácigo perteneciente al grupo de mujeres "Aroma de Café".

4.1.5 Producción de café

Las mujeres pertenecientes al grupo cuentan en promedio de una cuerda y media que equivalen a 0.166 ha para la producción de café; este espacio se encuentra en los patios de su casa o en terrenos cercanos a ellas. Cabe agregar que ninguna de las mujeres conoce la variedad de café que cosecha y manifiestan que tienen distintos tamaños y formas en su sistema de producción. La distribución de la cantidad de área que cuentan las productoras se presenta en la figura 5.

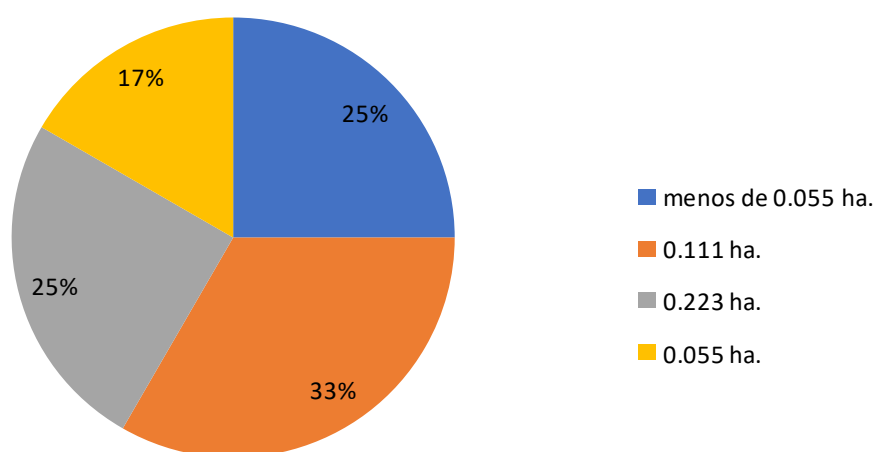


Figura 5. Área con la que cuentan las productoras de café.

A. Manejo de sombra

Existen en sus parcelas o patios, distintos árboles de sombra, entre los más mencionados están gravilea y cushin.

Las áreas destinadas a la producción de café no cuentan con un orden en específico para los árboles de sombra, debido a que éstos se encuentran dispersos en todo el patio (figura 9A, en anexos).

Éstos son podados en los meses noviembre por el 46 % de las mujeres encuestadas, el resto no realizan ningún tipo de manejo a estos árboles.

B. Fertilización

Fertilizan dos veces al año, donde se aplica 15-15-15 y 20-20-0, al inicio de las lluvias y al final de éstas, según la disponibilidad de recursos que cuente el productor.

El 30 % de estas mujeres hacen únicamente fertilizaciones orgánicas con gallinaza, utilizan ceniza y desechos orgánicos como restos de hortalizas de sus cocinas. Estos desechos sólo son tirados en el patio, destacando que éstos no atraviesan un debido proceso de compostaje previo.

C. Enfermedades en el sistema productivo de café

De acuerdo con las encuestas realizadas, el 100 % de los cafetales fueron o son atacados por roya (*Hemileia vastatrix*).

El manejo que realizan en los cafetales para control de las enfermedades es casi nulo. Un 53 % de las encuestadas no tiene acceso a recursos para aplicar un producto químico y el resto han aplicado productos químicos que no son para combatir la roya en café.

Se pudo observar la presencia de algas en algunas hojas de los cafetales, sin embargo, éstas no representan un daño severo a largo plazo para los cafetales.

D. Podas

Sólo el 53 % de las mujeres realizan podas, no tienen fecha o mes específico para realizar esta actividad; de ese 53 %, el 15 % de mujeres se guía por las fases de la luna para realizar esta tarea.

El resto de mujeres no conocen cómo realizar esta actividad y nunca la han realizado, ya que argumentan son nuevas en el manejo del cafetal.

E. Comercialización

La comercialización que le dan al café es la venta en “uva” a intermediarios que pasan en camiones en los lugares de producción. El precio de compra en el año 2017 fue en promedio de Q. 125.00 por qq.

4.1.6 Conocimiento local

A. Julia Sanic, líder de organización de mujeres “Aroma de Café”

Julia Sanic (figura 6), comenta que la zona 5 cuenta con su propio vivero comunitario. Este terreno fue prestado por una de las mujeres pertenecientes al grupo.

Las plantas que existen en el lugar fueron producidas con donaciones de semillas de café variedad “Bourbon” y/o “Catuai” e insumos, como bolsas y sarán de segunda, por parte de la municipalidad a inicios del año 2017.

La municipalidad usualmente proporciona insumos como fertilizante y fungicidas para el manejo de enfermedades que se puedan llegar a producir a nivel de vivero.

Luego de ser trasplantadas las plantas, el manejo pasa a ser responsabilidad de las familias productoras.

Ya en campo, el manejo que mayormente es dado al cafetal es basado en las fases de la luna; usualmente se fertiliza con abono orgánico como gallinaza y si se cuenta con los recursos suficientes los cafetales son fertilizados con 20-20-0.

El manejo de enfermedades también es basado en los recursos económicos que se cuentan en el momento, ella comenta que la mayoría de las familias no aplica ningún tipo de producto químico.

B. Diego Nix, coordinador Oficina de Desarrollo Agrícola

El coordinador de la Oficina de Desarrollo Agrícola (ODA) de San José Poaquil (figura 6) comentó que la oficina se dedica a proveer insumos y capacitaciones de manejo de cafetales a los grupos de mujeres organizados en todo el municipio.

Diego Nix, comenta que la enfermedad que es más conocida por los habitantes es la roya del cafeto, ésta ha afectado a municipio de San José Poaquil desde los años 80's.

En los últimos años los productores han perdido sus cosechas y las inversiones realizadas durante el período de manejo del cafetal a causa de la fatídica enfermedad y han preferido sustituir este cultivo por maíz o frijol.

Para el manejo de esta enfermedad la oficina ha dado capacitaciones en donde se ha introducido la preparación y uso de caldo bordelés, caldo visosa y caldo de sulfocálcico; pero las beneficiarias no consideran conveniente su uso, ya que estiman que el material que se utiliza no es de fácil acceso y bajo precio.



Figura 6. Diego Nix, coordinador de la Oficina de Desarrollo Agrícola municipal y Julia Sanic, lideresa de la zona 5 del municipio.

4.2 Problemas identificados Zona 5 del municipio San José Poaquil.

Se identificaron las siguientes problemáticas en parcelas de traspatio de la población productora de la zona 5 de San José Poaquil.

- Presencia de enfermedades, principalmente roya del café (figura 8A, en anexos).
- Desorden en parcelas y mal manejo (figura 9A, en anexos).
- Distancias entre parcela y planta sin estándar establecido.
- Baja producción en parcela de patio.

- Precios bajos de venta del café.
- Uso de desechos orgánicos producidos en cocinas como fertilizantes sin previo manejo.

4.3 Árbol de problemas

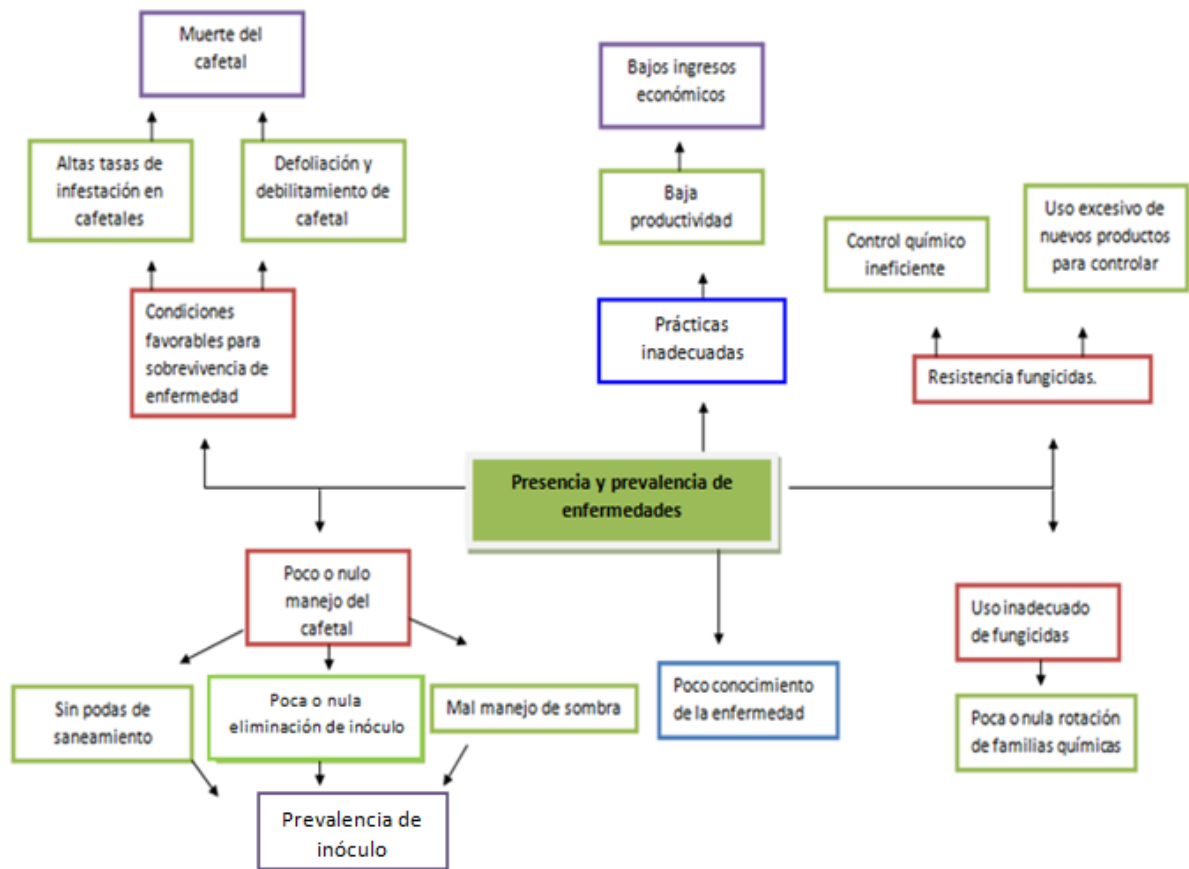


Figura 7. Árbol de problemas

4.4 Análisis

La presencia y prevalencia de enfermedades es un problema con gran relevancia en el sistema de producción de café en San José Poaquil.

El mal manejo que se le ha dado a los cafetales en los últimos años, el uso inadecuado de agroquímicos, o la falta de recursos económicos para aplicarlos, ha llevado a la prevalencia de enfermedades como la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el sistema productivo.

La falta de podas en los árboles de sombra y podas de saneamiento para eliminación del inóculo favorecen las condiciones necesarias para la esporulación del hongo *H. vastatrix*.

Al ser favorecido el hongo se presenta un alto porcentaje de defoliación, lo que termina debilitando al cafetal y por ende reduciendo su rendimiento.

La aplicación productos químicos inadecuados para el manejo de la roya resulta en el uso ineficiente de los escasos recursos económicos con los que cuentan las productoras, sin mencionar la alta contaminación ambiental que éstos provocan.

5. CONCLUSIONES

1. Existe una falta de manejo en los sistemas productivos de café de la zona 5 de San José Poaquil. Éstos se encuentran desatendidos y poco ordenados. Esto provoca condiciones adecuadas para la proliferación de plagas y enfermedades, que afectan de manera directa a los cafetales y por ende a los productores, causándoles baja productividad y bajos ingresos.
2. La falta de recursos económicos en la población de la zona 5 del municipio, disminuye las posibilidades de realizar algún tipo de control químico en los cafetales.
3. Existe desinformación en cuanto al manejo adecuado del café, todas las mujeres que pertenecen al grupo, hacen actividades distintas en fechas distintas. El 15 % de las encuestadas realizadas, demuestran que se guían por las fases de la luna para realizar sus actividades y el resto las realizan cuando ellas lo consideran necesario.
4. No existe un control de los agroquímicos que se aplican al sistema productivo, suelen usarse productos inadecuados para atacar la enfermedad y no existe una rotación de los mismos. Esto causa una resistencia de parte de la enfermedad hacia los agroquímicos, siendo casi imposible controlarla después de cierto tiempo.

6. RECOMENDACIONES

1. Hacer un reordenamiento de parcelas de los cafetales de traspatio o micro parcelas de las productoras de café del municipio.
2. Establecer distanciamientos recomendados por instituciones en parcelas para obtener mayor productividad.
3. Implementar un manejo integrado de enfermedades, un manejo sostenible para la población, ya que es un área de escasos recursos.
4. Concientizar a la población acerca del manejo adecuado de parcelas de café a través de capacitaciones, en las cuales los productores conozcan técnicas nuevas y adecuadas para el manejo del mismo, para así lograr que los rendimientos e ingresos por parte de los cafetales aumenten.
5. Es necesario procesar los desechos orgánicos que las productoras tiran a sus traspatios. Los desechos se pueden aprovechar utilizando aboneras o composteras.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Escobar Osegueda, I. (2011). *Diagnostico Administrativo Municipal: Municipio de San José Poaquil Departamento de Chimaltenango*. (Tesis Lic. Admon. Emp., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas: Guatemala). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0772_v10.pdf
2. Instituto Nacional de Estadística, Guatemala (INE). (2008). *Guatemala: Estimaciones de la Población Total por Municipio, Período 2008-2020*. Guatemala: INE, p. 6.
3. Municipalidad de San José Poaquil, Dirección Municipal de Planificación, Guatemala (DMP). (2018). *Mapa del Casco Urbano de San José Poaquil*. Guatemala; DPM.
4. Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2010). *Plan de Desarrollo San José Poaquil, Chimaltenango*. Guatemala: SEGEPLAN.

8. ANEXOS



Figura 8A. Presencia de *Hemileia vastatrix*.



Figura 9A. Sistema productivo de café y sombra.

The seal of the Academia Coactemalenis is a circular emblem. It features a central shield with a landscape scene: a figure on a horse in the foreground, a volcano in the background, and a sun or moon. Above the shield are various heraldic symbols, including a castle, a lion, and a crown. The shield is flanked by two golden pillars. The entire seal is encircled by a grey border containing the Latin text "ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CETERAS OPUS CONSPICUA CAROLINA".

CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE CINCO TRATAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ (*Hemileia vastatrix* BERKELEY & BROOME) EN SAN JOSÉ POAQUIL CHIMALTENANGO, GUATEMALA, C.A.

1. INTRODUCCIÓN

El grano de café es uno de los principales productos exportados y comercializados mundialmente. Guatemala posee aproximadamente 125,000 productores de café distribuidos en 208 municipios (Guzman, 2016), en donde el cultivo de café es una actividad de sobrevivencia para la micro (Traspatio) y pequeña producción.

En San José Poaquil, Chimaltenango, las actividades agrícolas se centran en la producción de café y mora. Según SEGEPLAN (2010), el 80 % de la de la población se dedica a la producción la café, pudiendo ser en parcelas de traspatio.

En estas parcelas de traspatio, una de las limitantes que han encontrado los productores durante los últimos años ha sido la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome), esto se debe a la falta de recursos económicos para ejercer manejos preventivos con productos químicos e incluso el manejo cultural, como podas y eliminación del inóculo. La falta de este manejo repercute en rendimientos, calidad de cosecha, deterioros en las plantaciones y disminución de ingresos.

La investigación fue realizada en dos cafetales de traspatio de mujeres productoras de la zona 5 de San José Poaquil, donde se realizaron aplicaciones asperjadas con bomba de mochila de los tratamientos que se mencionan más adelante.

Para incrementar la productividad de los cafetales a través de un manejo alternativo para *H. vastatrix*, se evaluaron cinco tratamientos de bajo costo y de bajo impacto ambiental: a) ácido acetilsalicílico, comúnmente conocido como aspirina, b) aceite mineral, c) agua oxigenada, d) jabón artesanal a base de grasa de cerdo, cal y ceniza, conocido como jabón de coche y e) bicarbonato sodio. Esto con la finalidad de sustituir las aplicaciones de productos químicos.

Las variables de respuesta fueron incidencia y severidad, éstas se cuantificaron en campo y posteriormente se realizó la evaluación de los datos a través del análisis del comportamiento de la enfermedad con curvas de progreso de la enfermedad, tasas de incremento poblacional, análisis de varianza y análisis de medias.

Los resultados obtenidos de incidencia y severidad se relacionaron con la estimación de cosecha de cada parcela tratada para seleccionar el producto más conveniente para el manejo de la enfermedad y la economía del productor.

Los productos que mejores resultados presentaron son el bicarbonato de sodio, el jabón de coche y el ácido acetilsalicílico. Estos tratamientos mantuvieron la enfermedad en

porcentajes estables, tanto para incidencia y severidad, antes, durante y después de las lluvias que se presentaron durante el ensayo.

El análisis de datos posterior indicó que, de estos tres tratamientos, el más viable fue el bicarbonato de sodio, ya que éste detuvo el progreso de la enfermedad. Éste expuso los valores más bajos en el cálculo del área bajo la curva del progreso de la enfermedad para incidencia (132.25) y severidad (334.31), al igual que la tasa de incremento poblacional “r” para incidencia (-0.40 %/día) y severidad (0.36 %/día), además, el análisis de medias LSD Fisher demostró que es el mejor tratamiento evaluado.

El bicarbonato y el jabón de coche se consideraron los mejores tratamientos después de realizar la comparación entre la estimación de cosecha y el efecto de los tratamientos evaluados. Estos tratamientos incrementaron el rendimiento, obtuvieron tasas de retorno marginal altas y redujeron la presencia de la roya en los cafetales de traspatio de las productoras.

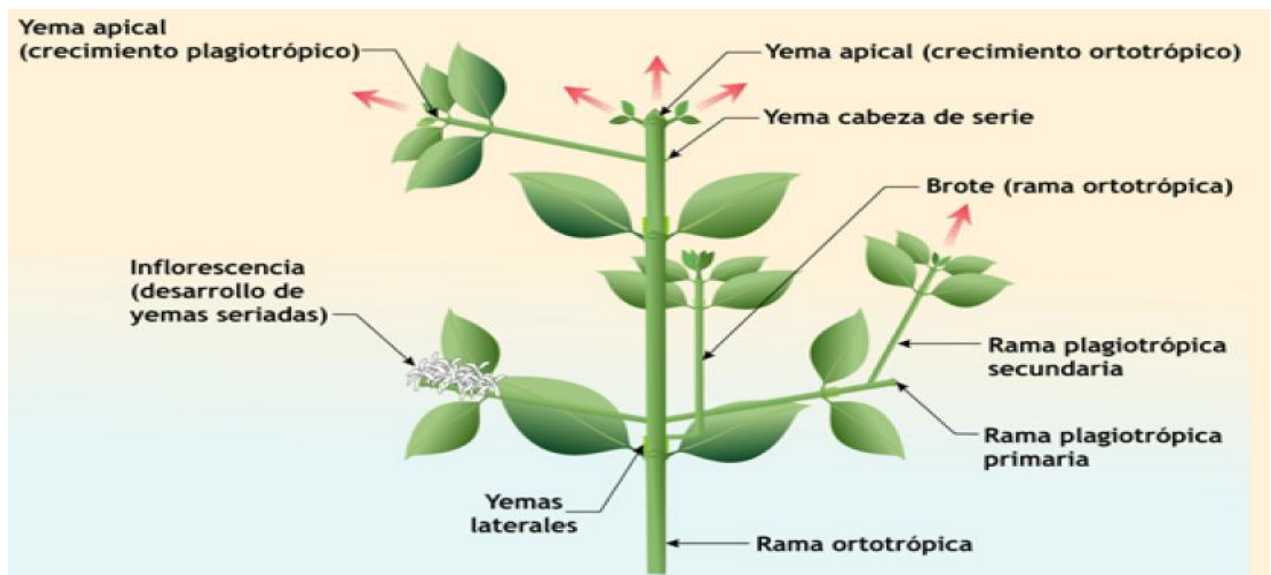
2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Morfología del café

Los árboles de café son de tipo perenne, poseen un sólo tallo o eje central. El ápice del tallo es el responsable de la formación de nudos, hojas y del crecimiento en altura de la planta, llamado crecimiento ortotrópico (Arcila *et al.*, 2007).

Las ramas laterales primarias, ramas plagiotrópicas o bandolas se originan de yemas en las axilas de las hojas en el tallo central, estas ramas primarias dan origen a las ramas secundarias y terciarias en donde se producen hojas, flores y frutos (Monroig, 2016). En la figura 10 se observa la estructura vegetativa y reproductiva del café.



Fuente: Arcila *et al.*, 2007.

Figura 10. Estructura vegetativa y reproductiva del café.

Las flores del cafeto se forman en las yemas ubicadas en las axilas foliares, en los nudos de las ramas. Cada nudo de una rama tiene dos axilas foliares opuestas. En cada axila se forman de 3 a 4 yemas o inflorescencias y en cada una de ellas, entre 4 y 5 flores. (Arcila *et al.*, 2007)

El árbol de café posee una raíz pivotante, ésta puede alcanzar hasta un metro de profundidad, de la raíz principal se originan de cuatro a ocho raíces axilares laterales, éstas pueden ser superficiales, subsuperficiales, raíces portadores de absorbentes y raíces absorbentes (Arcila *et al.*, 2007).

2.1.2 Plagas del café

El café es un cultivo susceptible a plagas y enfermedades, entre los más importantes se encuentran los que se mencionan a continuación.

A. Las mayores plagas insectiles para el café son

- Broca del Fruto del Café (*Hypothenemus hampei*).
- Gallina Ciega (*Phyllophaga* spp.).
- Barrenador del Tallo (*Plagiohammus maculosus*).
- Escama Verde o Conchuela del Café (*Coccus viridis*, Green).
- Cochinillas Harinosas (*Dysmicoccus* spp., *Neochavesia* spp.).
- Minador de la Hoja (*Leucoptera coffella*).
- Pulgones (*Aphis coffea*).
- Insectos vectores: Chicharritas, Salta Hojas y Cicadélidos.

B. Las principales plagas patógenos en café

a. Hoja

- Roya (*Hemileia vastatrix*).
- Mancha de Hierro (*Cercospora coffeicola*).
- Kolegora o Mal de Hilachas (*Pellicularia koleroga*).
- Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum*).
- Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*).
- Phoma (*Phoma* sp.).
- Mal Rosado (*Corticium salmonicolor*).
- Fumagina (*Corticium salmonicolor*, *Meliola* sp.).
- Mancha Circular de la Hoja (*Sclerotium coffeanum*).
- Bacteriosis del Café (*Xylella fastidiosa*).

b. Tallo

- Ahorcamiento del Tallo (*Myrothecium roridum*).

c. Raíz

- Mal de Talluelo (*Rhizoctonia solani*).
- Pudrición Negra de la Raíz (*Rosellinia* sp).

d. Fruto

- Pudrición del Fruto (*Corticium* sp).

e. Afecciones por la interacción de dos o más patógenos

- Mal de Viñas.

2.1.3 Roya del Café (*H. vastatrix*)**A. División taxonómica del hongo *H. vastatrix***

Según Talhinhos *et al.* (2017), la clasificación taxonómica del hongo es:

Phyllum: Basidiomycota

Clase: Pucciniomycetes

Orden: Pucciniales

Género: *Hemileia*

Especie: *H.vastatrix*

B. Importancia económica

La roya del café (*H. vastatrix*) ha sido la enfermedad más catastrófica de las variedades existentes de café, fue detectada por primera vez el continente Americano en el año de 1971, llegó a Guatemala y México diez años después (Carrinl *et al.*, 2002).

Según Guzman (2016), en Guatemala, los últimos años, 193,200 ha dedicadas a la producción del café, fueron afectadas por roya, esto generó pérdidas en producción exportable y aumentó la tasa de desempleo para los pequeños productores.

C. Síntomas de la enfermedad

Los síntomas aparecen en el envés de las hojas como pequeñas manchas de 1 mm a 3 mm, traslúcidas y de color amarillo claro. La lesión crece en tamaño con el tiempo y se une con otras manchas, hasta formar grandes parches con abundante polvo amarillo o naranja en donde se producen las esporas del hongo (SENASICA, 2016).

Según Agrios (2004), las manchas eventualmente inician un proceso de necrosado, que provoca la caída prematura del material foliar, bajos rendimientos y muerte de árboles. Las lesiones viejas necrosadas pueden continuar con la esporulación en el margen de la lesión (SENASICA, 2016).

D. Descripción morfológica

El hongo *H. vastatrix*, existe principalmente como micelio de uredia y uredosporas en hojas infectadas. El hongo ocasionalmente produce teliosporas, que al germinar se forman basidiosporas (Agrios, 2004).

Las urediniosporas de *H. vastatrix* son reniformes, 28 μm a 36 μm por 18 μm a 28 μm ; la pared de urediniosporas es hialina, fuertemente verrugosa la cara convexa, lisa en la cara recta o cóncava, y 1 μm de espesor; las teliosporas son esféricas, subglobosas a napiformes, 20 μm a 28 μm de diámetro; la pared teliospora es hialina, lisa y 1 μm de espesor (Talhinhas *et al.*, 2017).

Las esporas, que corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas, son de tamaño microscópico 30 μm de longitud por 20 μm de ancho (SENASICA, 2016).

E. Condiciones necesarias para desarrollo de la enfermedad

Según Becker-Raterink *et al.* (1991), la germinación de esporas requiere de:

- Horas de mojado: 3 h a 6 h.
- Temperatura: 21 °C a 25 °C.

- Altitud: 1,900 ft a 3,300 ft.
- Ausencia de luz o luz difusa.

La germinación de esporas se inhibe por la presencia de luz y por la evaporación del agua en las hojas, debido a que estos factores afectan el crecimiento de los tubos germinativos (SENASICA, 2016).

F. Dispersión

Es favorecida por el viento y la precipitación, salpique de lluvia, diseminando las urediniosporas. También puede ser provocada por el transporte de esporas en animales y seres humanos (Colonia, 2012).

G. Ciclo de vida de la enfermedad (patogénesis)

El ciclo de *H. vastatrix* consta de cuatro etapas: diseminación, germinación, reproducción y colonización.

a. Etapa de diseminación

Se realiza por medio de dispersión de urediniosporas de lesiones viejas o inóculo residual del ciclo anterior (Rivillas *et al.*, 2011).

b. Etapa de germinación

La espora, una vez depositada en el envés de la hoja, emite de uno a cuatro tubos germinativos. El tubo germinativo crece hasta encontrar los estomas de la hoja (Rivillas *et al.*, 2011).

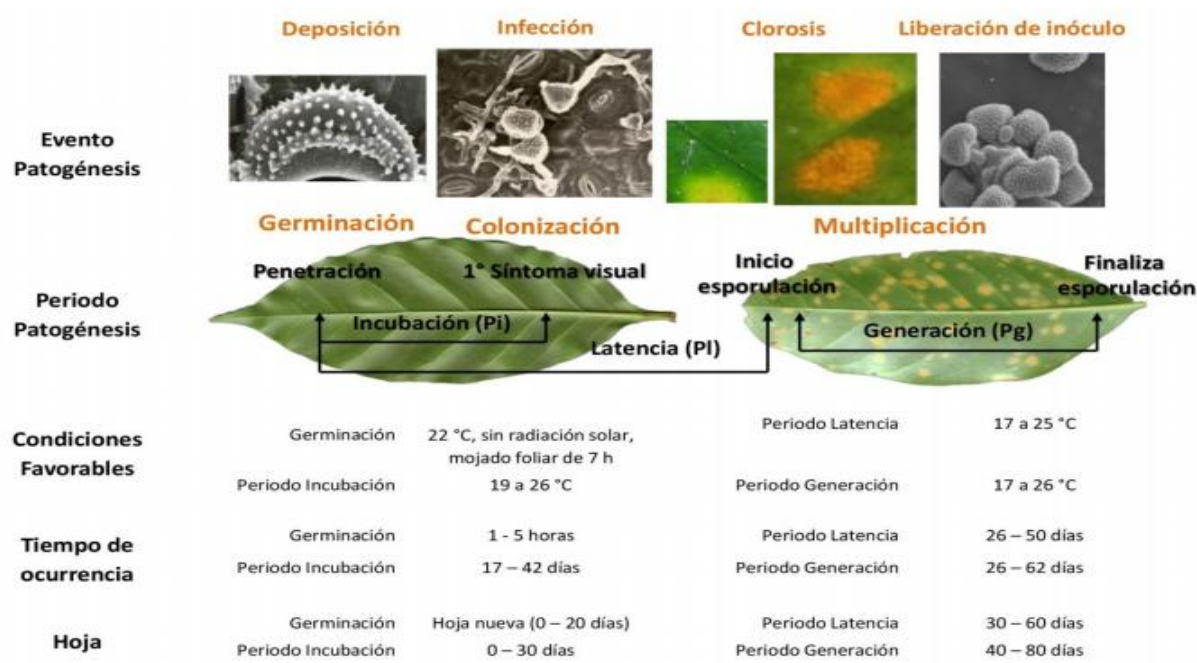
c. Etapa de reproducción

Cuando el tubo germinativo ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla estructuras denominadas haustorios, éstas entran en contacto con las células de la planta, y extraen los nutrientes para su crecimiento. El tiempo transcurrido hasta ese instante se denomina período de incubación (Rivillas *et al.*, 2011).

d. Etapa de colonización

Después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas. Las nuevas urediniosporas serán dispersadas para iniciar un nuevo ciclo. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina período de latencia (Rivillas *et al.*, 2011).

En la figura 11 se observa el ciclo de vida de la roya del caféto.



Fuente: SENASICA, 2016.

Figura 11. Ciclo de vida de la roya del café (*H. vastatrix*).

H. Curva de progreso de la enfermedad

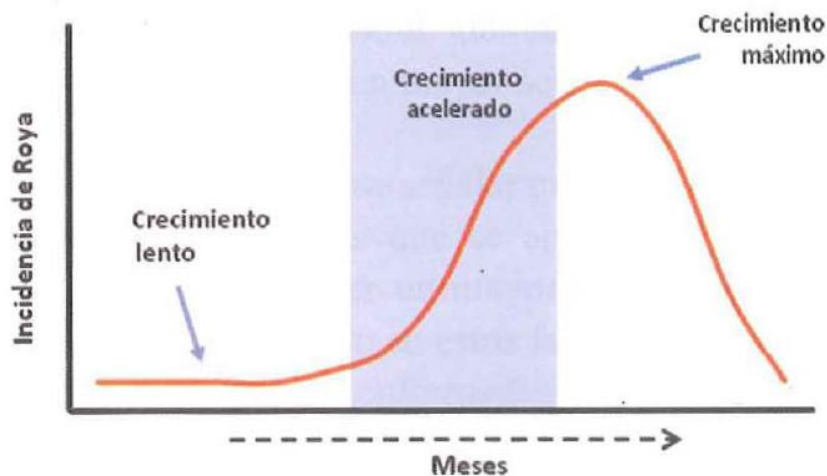
Según Barquero (2013) el comportamiento típico de la roya se puede dividir en tres etapas de progreso: crecimiento lento, acelerado y máximo. La curva se puede observar en la figura 12.

La primera etapa, crecimiento lento, es casi imperceptible, éste coincide con el inicio de la época lluviosa, la incidencia de inóculo residual de la época seca que se encuentra en el

tejido vegetativo de las plantas provocará el surgimiento de nuevas lesiones tanto en hojas sanas como en hojas enfermas (Barquero, 2013).

La segunda etapa, crecimiento acelerado, se muestran cambios en la cantidad de incidencia de la enfermedad muy rápidos de un mes a otro, éste depende de la cantidad de enfermedad formada en la primera etapa del crecimiento y de las condiciones climáticas. Esta etapa ocurre a partir de incidencia del 15 % (Barquero, 2013).

La tercera etapa, crecimiento máximo y final, es donde la enfermedad alcanza el incremento de incidencia máximo, que provoca caída de hojas; esta etapa de desarrollo es usualmente lenta, ya que la cantidad de hojas sin infectar es reducida. En ésta los fungicidas sistémicos no tienen efecto, debido a que las hojas infectadas terminarán cayendo (Barquero, 2013).



Fuente: Barquero, 2013.

Figura 12. Progreso de la roya del cafeto.

I. Manejo de la roya (*Helmileia vastatrix*)

a. Control biológico

Uso de organismos benéficos que atacan directamente al patógeno (Colonia, 2012).

Usualmente el control biológico de *H. vastatrix* se lleva a cabo naturalmente por *Lecanicillium lecanii* que es un hongo micoparásito de la roya del café (Carrinl *et al.*, 2002).

b. Control cultural

Son labores agrícolas, de campo, que ayudan a reducir la población de la plaga o enfermedad. El manejo de podas en el cafetal es importante, ya que se elimina parte del inóculo de *H. vastatrix*, además, estimula el tejido productivo del cafetal (Colonia, 2012).

c. Resistencia genética

Es el uso de variedades resistentes o tolerantes al ataque de algún patógeno. Según Talhinhos *et al.* (2017), la resistencia genética es una de las estrategias más eficientes para el manejo de enfermedades.

Se consideran resistentes las líneas de Catimor y Sarchimor. Las variedades de café tradicionales como Caturra, Typica, Bourbon y Mundo Novo son susceptibles (Talhinhos *et al.*, 2017).

d. Control químico

Los tratamientos preventivos generalmente se hacen con fungicidas a base de cobre, mientras que los tratamientos curativos son efectuados con fungicidas sistémicos como por ejemplo triazoles (epoxiconazole, tetraconazole, hexaconazole, cyproconazole, triadimenol) (Talhinhos *et al.*, 2017).

e. Tratamientos alternativos

El manejo de enfermedades y plagas ha sido predominantemente con productos químicos, lo que ha causado problemas en cuanto a contaminación del ambiente, impactando

negativamente a la seguridad y salud de los productores. Estos problemas han llevado a buscar programas alternativos para el manejo de los patógenos (Zavaleta, 2000).

Existen distintos métodos alternativos para el manejo de las enfermedades según Zavaleta, (2000), aplicación de cubiertas epidermales, fitomineraloterapia, entre otros.

i. Aplicación de cubiertas epidermales (antitranspirantes)

Se ha demostrado que las características de las superficies de las plantas pueden ser determinantes en la adherencia de las esporas, la germinación, el crecimiento del tubo germinativo y la penetración en el proceso infectivo de muchas enfermedades fungosas.

Mediante la aspersión foliar de polímeros, tales como aceites, ceras, politerpenos, alcoholes y silicones, se puede interferir en el proceso de penetración, al proteger a los órganos de la planta contra microorganismos invasores y disminuir la severidad de ciertas enfermedades (Zavaleta, 2000).

ii. La fitomineraloterapia

Es definida como la protección contra algunas enfermedades basada en el empleo de sales inorgánicas. La protección, debido al uso de estos compuestos se explica por efectos tóxicos sobre las estructuras del patógeno, reducción de la susceptibilidad del hospedante y modificación del pH en la superficie de la hoja (Zavaleta, 2000).

Las sales que comúnmente se han utilizado para el control de enfermedades son: bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio, bicarbonato de potasio y sulfato de cobre (Zavaleta, 2000).

iii. Ventajas y desventajas de utilizar productos alternativos según Andrango, 2012

- Ventajas:
 - Disponibilidad para el pequeño productor: los productos alternativos suelen estar al alcance del pequeño productor, además, son de fácil acceso, ya que no se necesitan gran cantidad de recursos económicos para disponer de ellos.
 - Amigables con el ambiente.

- Baja toxicidad al ambiente.
- Residualidad de producto nula.
- Desventajas:

Los productos alternativos tienen la desventaja de ser lavados fácilmente por el agua, disminuyendo la eficiencia del producto aplicado (Andrango, 2012).

J. Materiales utilizados

A continuación, se describen los tratamientos utilizados en el ensayo; en los anexos, en el cuadro 16A, se describen las siglas utilizadas en esta sección y en el resto del documento.

a. Aceite mineral

i. Descripción del producto

Un aceite mineral está formado por hidrocarburos procedentes del petróleo, éstos se pueden clasificar en saturados y no saturados. Los hidrocarburos saturados (parafínicos y naftalénicos) son aceites poco viscosos, éstos son muy estables en presencia de oxígeno, luz y temperatura, mientras que los hidrocarburos no saturados (olefínicos y aromáticos) son muy inestables y más viscosos (Roselló *et al.*, 2012).

ii. Uso en la agricultura

El aceite mineral tiene amplio uso en la agricultura, principalmente se utiliza como insecticida, ovicida y acaricida. También, es utilizado como adherente en tratamientos fitosanitarios (Roselló *et al.*, 2012).

Según Roselló *et al.* (2012), el uso de aceite mineral disminuye el desarrollo de hongos y reduce problemas de virus al interferir en el mecanismo de transmisión por estilete de los insectos.

iii. Mecanismo de acción

Según Zavaleta (2000), este producto alternativo es definido como cubierta epidermal o antitranspirante. Estas cubiertas funcionan como barreras físicas para evitar la penetración, germinación y crecimiento de tubos polínicos de especies fungosas en las plantas.

Las barreras físicas son importantes mecanismos de defensa contra las enfermedades de las plantas. Algunos mecanismos de defensa pasiva contra fitopatógenos están relacionados con la estructura de las plantas, el más conocido es la cutícula de las hojas (Ziv *et al.*, 1983).

La cutícula proporciona una barrera de compuestos poliméricos insolubles que resulta eficiente contra la penetración directa de hongos. La aplicación de aceites u otras cubiertas, imita e incrementa la barrera física que posee la planta (Oren *et al.*, 1991).

Según Ziv *et al.* (1987) existen dos tipos de mecanismos de protección contra fitopatógenos con cubiertas epidermales o antitranspirantes:

- Las superficies asperjadas son hidrófobas, lo que se puede traducir en que las superficies repelen las películas de agua requeridas para la germinación por patógenos fúngicos.
- Las superficies recubiertas pueden ser impenetrables debido al grosor, la dureza o la resistencia al ataque enzimático del material de recubrimiento.

Además menciona Ziv *et al.* (1983) que las ceras, aceites o cualquier cubierta epidermal o antitranspirante provoca desorientación de los tubos germinativos de patógenos ocasionado por cambios en las estructuras de la superficie de las hojas.

iv. Fitopatógenos que controla

Se ha demostrado que los aceites minerales poseen propiedades fungicidas que son de gran utilidad para la prevención y el control de enfermedades, en su mayoría oídios en diversos cultivos (Hernández *et al.*, 2002).

Según Ziv *et al.* (1987), dos aplicaciones en campo de diversos antitranspirantes controlan de manera eficiente la roya y mildiú polvoriento en las hojas de trigo.

Oren *et al.*, (1991) evaluó el efecto de antitranspirantes y cubiertas epidermales sobre el desarrollo de roya en plántulas de trigo. Obtuvo que las aplicaciones antes de la inoculación en campo de compuestos redujeron el número de pústulas por centímetro de hoja. Afirmó que estos compuestos formadores de barreras físicas alteran la topografía de la superficie de la hoja, lo que interfiere con la adhesión del tubo germinal y disminuye los sitios de penetración del hongo.

Horst *et al.* (1992) evaluó el efecto de aplicaciones semanales de aceite, bicarbonato de sodio y la combinación de ambos para el control de *Sphaerotheca pannosa var rosae* en distintas variedades de rosa. Los resultados obtenidos indicaron que ambos productos aplicados de manera individual redujeron la incidencia de la enfermedad, sin embargo, la combinación de bicarbonato de sodio y el aceite se consideraron eficaces para el control *Sphaerotheca pannosa var rosae*, ya que provocó la desaparición total de la enfermedad del tejido vegetal.

v. Beneficios

Los aceites son considerados de baja toxicidad, por consiguiente, son recomendados para el manejo integral, tanto para plagas insectiles como fungosas (Hernández *et al.*, 2002).

b. Ácido acetilsalicílico o aspirina

i. Descripción de producto

El ácido acetilsalicílico o comúnmente conocido con su nombre comercial, aspirina, es un compuesto sintetizado a partir del ácido salicílico, el cual es producido de manera endógena por las plantas (Rangel *et al.*, 2010).

El ácido salicílico es un compuesto fenólico poseedor de un grupo hidroxilo unido a un anillo aromático en su estructura química (Rangel *et al.*, 2010).

ii. Uso en la agricultura

El ácido salicílico tiene una amplia participación en los procesos de las plantas, tales como la germinación de semillas, crecimiento celular, respiración, cierre de estomas, expresión de genes asociados a senescencia, repuesta a estrés abiótico y resistencia sistémica adquirida como respuesta al ataque de algunos patógenos (Rangel *et al.*, 2010).

Al tener participación en la resistencia sistémica adquirida de las plantas, éste puede considerarse un fungicida.

iii. Mecanismo de acción

El ácido salicílico – AS – es una molécula señal natural para la activación de las respuestas de defensa de la planta como la resistencia sistémica adquirida – RAS – (Chen *et al.*, 1993).

A partir de la presencia de un patógeno, las plantas responden con una infinidad de señalizaciones dependientes del ácido salicílico que conducen a la expresión sistémica de resistencia para lograr combatir las infecciones fúngicas, bacterianas y virales (Liza, *et al.* 2016).

Las aplicaciones exógenas de ácido salicílico o ácido acetilsalicílico, imitan la respuesta hacia la infección de patógenos en las plantas, induciendo la resistencia sistémica adquirida en el tejido de plantas que han sido tratadas (Gaffney *et al.*, 1993).

Además de inducir la resistencia sistémica adquirida, el ácido salicílico en plantas, estimula a la producción de proteínas de patogenicidad – PR –, las cuales son un grupo de proteínas que se inducen en plantas al ser víctima de la infección de un patógeno (Rangel *et al.*, 2010).

Afirma Gaffney *et al.* (1993) que después de la infección por patógenos, pero antes del inicio de la resistencia, el ácido salicílico se acumula y aumentan significativamente en el floema de plantas como el pepino y tabaco.

Además, el ácido salicílico o sus derivados parecen jugar un papel esencial en la ruta de transducción de señales que conduce el establecimiento de la respuesta hipersensible – RH–, considerada como una muerte celular programada que se desarrolla para delimitar el área de infección de un patógeno, así como en la RSA (Rangel *et al.*, 2010).

- **Resistencia sistémica adquirida**

Se define como resistencia sistémica adquirida a aquélla que ocurre como respuesta al ataque de un patógeno a una planta (Dotor *et al.*, 2014).

La resistencia sistémica adquirida se divide en dos procesos de defensa: respuesta local y respuesta en tejidos alejados al foco de infección (Días Puentes, 2012).

La llamada respuesta local, inicia con la inducción de las defensas en las células cercanas al ataque del patógeno (Días Puentes, 2012). En ésta se observa el engrosamiento de las paredes celulares por incorporación de proteínas estructurales o lignina, deposición de calosa y la inducción de la síntesis de fitoalexinas (Gutiérrez *et al.*, 2007).

La segunda etapa, inducción de las defensas en los tejidos alejados al foco de infección, o sea, las partes no infectadas de la planta, se inicia con la síntesis de proteínas PR, las enzimas β -1,3 glucanasas, endohidrolasas, quitinasas, inhibidores de enzimas como la taumatina, inhibidores de amilasa y proteinasas (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Estas dos fases se caracterizan por la acumulación ácido salicílico. La acumulación de AS inicia al momento de que la planta reconoce al patógeno (Días Puentes, 2012).

Luego de la acumulación del AS, una parte de éste es convertida a silicato de metilo por la AS metiltransferasa. Simultáneamente, otra parte del AS se une con catalasas y ascorbato peroxidases bloqueando sus actividades. El bloqueo de la actividad de las catalasas repercute en el aumento de niveles intracelulares de especies reactivas de oxígeno – EROs– (Días Puentes, 2012).

Al permanecer en niveles altos de las especies reactivas de oxígeno y ácido salicílico se inicia la síntesis de proteínas PR. Estas proteínas PR, que se acumulan en espacio intercelular y vacuolas, liberan moléculas que adicionalmente inducen las defensas y respuesta de las plantas (Días Puentes, 2012; Gutiérrez *et al.*, 2007).

Además, en consecuencia del aumento en los niveles de EROs, se induce la llamada hipersensible RH de la célula, donde genera el proceso de muerte celular programada (Días Puentes, 2012; Dotor *et al.*, 2014).

iv. Fitopatógenos que controla

En investigaciones realizadas por Torres *et al.* (2013), aplicaciones de ácido acetilsalicílico alternadas con fungicidas sistémicos, generan menor incidencia y severidad de mildiú polvoso en rosa. Torres *et al.* (2013) afirmó que esto permite reducir la frecuencia de aplicación de fungicidas en el cultivo de rosas para el control de mildiú polvoso.

Menciona Rangel *et al.* (2010) que en plantas de cebada se incrementan los niveles de ácido salicílico endógeno, resultantes en la resistencia contra el ataque de patógenos bacterianos como *P.syringae* pv. *Syringae*.

Indica Rangel *et al.* (2010), en investigaciones realizadas por White (1979) en donde inyectó aspirina a hojas de tabaco de una línea resistente, se observó la producción de proteínas relacionadas a la patogénesis (proteínas de patogenicidad PR).

v. Beneficios

Para aplicaciones exógenas, el ácido acetilsalicílico o aspirina, se considera como un producto no fitotóxico de bajo costo (Liza *et al.*, 2016).

c. Agua oxigenada o peróxido de hidrógeno

i. Descripción del producto

El agua oxigenada (H_2O_2) es un líquido claro incoloro, presente en concentraciones variables. Este producto presenta una densidad de 1.19 g/cm^3 en soluciones al 50 %. El agua oxigenada está clasificada como un agente oxidante (Ercros, 2013).

ii. Uso en la agricultura

El peróxido de hidrógeno se utiliza ampliamente como desinfectante de suelos. Se le atribuyen a este compuesto propiedades bactericidas y antifúngicas, ya que se consideran excelentes para eliminar esporas de hongos por la oxidación que provoca (Cuervo *et al.*, 2014).

iii. Mecanismo de acción

El peróxido de hidrógeno actúa como fungicida cuando disminuye la presencia de microorganismos por oxidación.

Se inhibe el crecimiento de patógenos, al oxidar componentes esenciales de microorganismos como los son los lípidos, proteínas y ADN.

Con la ayuda de la enzima catalasa, se descompone el peróxido de hidrógeno en agua (H_2O) y oxígeno (O_2), en donde, la liberación de O_2 impide la germinación de esporas y activa ciertas vías de transmisión de señales que inducen respuestas de defensa (Mamani Turpo, 2014).

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) se genera de manera endógena en la planta ante determinadas situaciones de estrés junto con otros reactivos intermediarios oxigenados (Moreno *et al.*, 2007).

Según Mendoza *et al.* (2017) se ha demostrado que el peróxido de hidrógeno tiene efecto antimicrobiano directo y cuenta con un papel importante en la reticulación de las paredes celulares, la inducción de expresión génica, la señalización, la muerte celular hipersensible y en la resistencia sistémica adquirida de las plantas.

Se conoce que durante la interacción planta-patógeno se generan especies reactivas de oxígeno, EROs, principalmente peróxido de hidrógeno y anión superóxido, éstas provocadas por un incremento en la actividad de las enzimas NADPH oxidasa. El peróxido de hidrógeno puede difundirse al interior de la célula y activar los genes de defensa, conduciendo a la muerte celular programada limitando el avance del patógeno más allá del sitio de infección (Benezzer, 2008).

La función de las EROs es restringir el proceso infeccioso – invasivo del hongo disminuyendo el crecimiento del hongo conduciéndolo a una muerte celular (Beltrán *et al.*, 2005).

Al momento de percibirse la presencia de algún patógeno en la planta, las células están capacitadas para producir EROs, incrementando los niveles intracelulares de H_2O_2 . (Beltrán *et al.*, 2005).

iv. Fitopatógenos que controla

En estudios realizados por Mellersh *et al.* (2002), se demuestra que se logró acumular en un 30 % de las hojas de tomate el peróxido de hidrógeno después de 6 h de inoculación de *Colletotrichum coccodes*, provocando que la penetración del hongo fuera interrumpida (Beltrán *et al.*, 2005).

Según Mamani (2014), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) reduce los efectos causados por fitopatógenos como *Rhizoctonia*, *Verticillium*, *Phytophthora* y *Alternaria*.

Según estudios realizados por Toapanta (2018), la aplicación de $1.5\text{ cm}^3/\text{l}$ de peróxido de hidrógeno cada 28 días reduce la incidencia de oídio en mora cultivada bajo invernaderos.

v. Beneficios

El peróxido de hidrógeno se considera de baja fitotoxicidad, entre sus características se encuentra su amplia estabilidad y eficacia en un extenso rango de pH y temperatura (Toapanta, 2018).

d. Bicarbonato de sodio

i. Descripción del producto

El bicarbonato de sodio (NaHCO_3) es una sal con forma de sólido cristalino, en presentación comercial como un polvo blanco fino. Este compuesto químico cuenta con pH alcalino.

ii. Uso en la agricultura

El bicarbonato de sodio es utilizado en la agricultura como fungicida. Menciona Zavaleta (2000) que el bicarbonato de sodio es utilizado comúnmente como tratamiento alternativo de fitomineraloterapia.

Según Guzmán (1994) y Salazar (2001) citados por Sandoval *et al.* (2009), el bicarbonato tiene bajo efecto sistémico y baja o nula capacidad de translocación, en consecuencia, este producto puede usarse únicamente como un fungicida de acción preventiva.

iii. Mecanismo de acción

Sandoval *et al.* (2009) afirma que la acción fungicida podría deberse a la perturbación del pH óptimo para la germinación de conidios y crecimiento del tubo germinal para el hongo *Cladosporium echinulatum*. Menciona también Yáñez *et al.* (2014) que en estudios realizados por Ilhan *et al.* (2006), se demuestra que los bicarbonatos actúan contra los hongos donde se inhibe la germinación de esporas, formación del tubo germinativo y disminuye la esporulación.

Sandoval *et al.* (2009) citando a Guzmán (1994), indica que en pruebas realizadas en cultivos *in vitro*, la inhibición de la germinación provocada por el uso de bicarbonatos podría estar relacionada con altos niveles de iones de HCO_3 o CO_3 , que provocan efectos fungicidas.

Mecanismos implicados en la propiedad antifúngica de los bicarbonatos como el incremento del pH en la superficie de la hoja y el colapso de las células del hongo son atribuidos al desequilibrio del ion potasio, y la deshidratación de la pared celular de las esporas del hongo (Yáñez *et al.*, 2014).

iv. Fitopatógenos que controla

La eficacia ha sido comprobada como pesticida para hongos fitopatógenos como: *Alternaria sp.*, *Aspergillus sp.*, *Botrytis sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Sclerotinia sp.*, *Sclerotium sp.*, *Venturia sp.* y otros agentes que causan cenicillas como *Leveillula sp.*, *Oidium sp.*, entre otros (Yáñez *et al.*, 2014).

Según Andrango (2012), este compuesto controla hongos como antracnosis, mildiú, oídio y tizón tardío.

v. Beneficios

El bicarbonato no presenta problemas de contaminación y tiene muy bajo costo, por lo tanto, es un producto sin restricciones de uso (Bettioli, 2006).

e. Jabón de coche

i. Descripción del producto

El jabón de coche es un jabón elaborado de manera artesanal a base de sebo de cerdo, cal, agua y ceniza.

Según Gonzales (2001) citado por Esquivel (2016), el jabón es el resultado de la mezcla de grasa animal o vegetal y una solución alcalina. En este caso la grasa utilizada es el sebo de cerdo y el álcali es la potasa cáustica que surge de la combinación de agua habiendo con ceniza y cal (Sancho, 2012).

ii. Uso en la agricultura

En la agricultura agroecológica existe un equivalente al jabón de coche, éste es el caldo de ceniza. Se dice que es equivalente ya que ambos contienen ceniza y sebo en sus materiales de preparación.

Se utiliza el caldo de cenizas como insecticida para el control de cochinillas, o como fungicida en varios cultivos. Usualmente se utiliza como adherente para la aplicación de caldos minerales gracias al sebo que contiene (Cú Leal *et al.*, 2015).

iii. Mecanismo de acción

La ceniza contiene potasio en forma de K_2O , fósforo como P_2O_5 , calcio como CaO , magnesio como MgO y sílice como SiO_2 .

Ward (1954), le atribuye poder antifúngico a las cenizas por la alcalinidad de este material, menciona que uno de los métodos utilizados en la antigüedad para asegurar la germinación y sobrevivencia de semillas de algodón era sumergir las semillas en ceniza humedecida, lo que reducía la cantidad de esporas de la cubierta de la semilla.

Elementos como el fósforo, el potasio y el calcio y otros micronutrientes, han demostrado relaciones entre los niveles y la susceptibilidad o resistencia a ciertas enfermedades (Agrios, 2004).

Se describen en el cuadro 1 el efecto antifúngico de cada elemento.

Cuadro 1. Efecto antifúngico del potasio, calcio y fósforo.

Elemento	Descripción
Potasio	Tiene efecto directo en las diversas etapas del establecimiento y desarrollo de patógenos en el huésped y un efecto indirecto sobre la infección al promover la cicatrización de heridas. Se ha demostrado que el potasio reduce la gravedad de numerosas enfermedades, incluida la roya del tallo del trigo, el tizón temprano del tomate y la mancha de la hoja gris y la pudrición del tallo del maíz (Agrios, 2004).
Calcio	Tiene efecto hacia la resistencia a las enfermedades resultado de su efecto sobre la composición de las paredes celulares y resistencia a la penetración de los patógenos. El calcio reduce la severidad de algunas enfermedades causadas por patógenos de raíz y tallo, como los hongos <i>Rhizoctonia</i> , <i>Sclerotium</i> y <i>Botrytis</i> (Agrios, 2004).

Continúa cuadro 1.

Fósforo	Aumenta la resistencia, ya sea mejorando el equilibrio de nutrientes en la planta o acelerando la madurez del cultivo y permitiéndole escapar de la infección por patógenos que prefieren tejidos más jóvenes (Agrios, 2004).
---------	---

Fuente: elaboración propia, Agrios, 2004.

iv. Fitopatógenos que controla

Las enfermedades que controla son antracnosis, *Alternaria*, *Phytophthora* y *Cercospora* (Zi Dzib, 2017).

v. Beneficios

Al ser un producto artesanal, éste conlleva bajos costos, fácil elaboración y alta accesibilidad por parte de los campesinos

2.1.4 Métodos de cuantificación de la intensidad de la enfermedad.

La intensidad de la enfermedad es una medida que depende de los síntomas provocados por la enfermedad. Esta medida puede ser expresada como incidencia o severidad (Mora Aguilera, 2008).

A. Severidad

- Estima la cantidad relativa de área de un determinado síntoma en una unidad de observación, ésta involucra a la planta o parte de ella y no a la población total (Mora, 2008).
- Porción del área total del tejido vegetal afectada por la enfermedad (Agrios, 2004).

B. Incidencia

- Cantidad de plantas o parte de ellas con síntomas de la enfermedad relacionado con el total poblacional disponible en tiempo y espacio determinado, ésta no mide la agresividad de los síntomas provocados por la enfermedad (Mora, 2008).

Esta medida, en estudios epidemiológicos, toma gran importancia en cuanto a erradicación de una enfermedad, ya que es una medida de “extensidad”, que evalúa la dispersión a nivel poblacional de las plantas (Mora, 2008).

- Porcentaje de plantas, hojas o frutos infectados por la enfermedad (Agrios, 2004).

2.1.5 Relación incidencia y severidad

Según Seem 1984 citado por Mendoza, *et al.* (1995), la relación entre incidencia y severidad es epidemiológicamente significativa.

En estudios realizados en Nicaragua sobre la relación incidencia – severidad en sistemas productivos de café, se observaron correlaciones altamente significativas para las enfermedades como roya (*H. vastatrix*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y antracnosis (*Colletotrichum sp.*) (Mendoza *et al.*, 1995).

La relación incidencia – severidad dependen de los factores climáticos presentes en las áreas de estudios. La correlación entre incidencia – severidad puede variar según el patosistema estudiado (Mendoza *et al.*, 1995).

2.2 Marco referencial

2.2.1 Ubicación

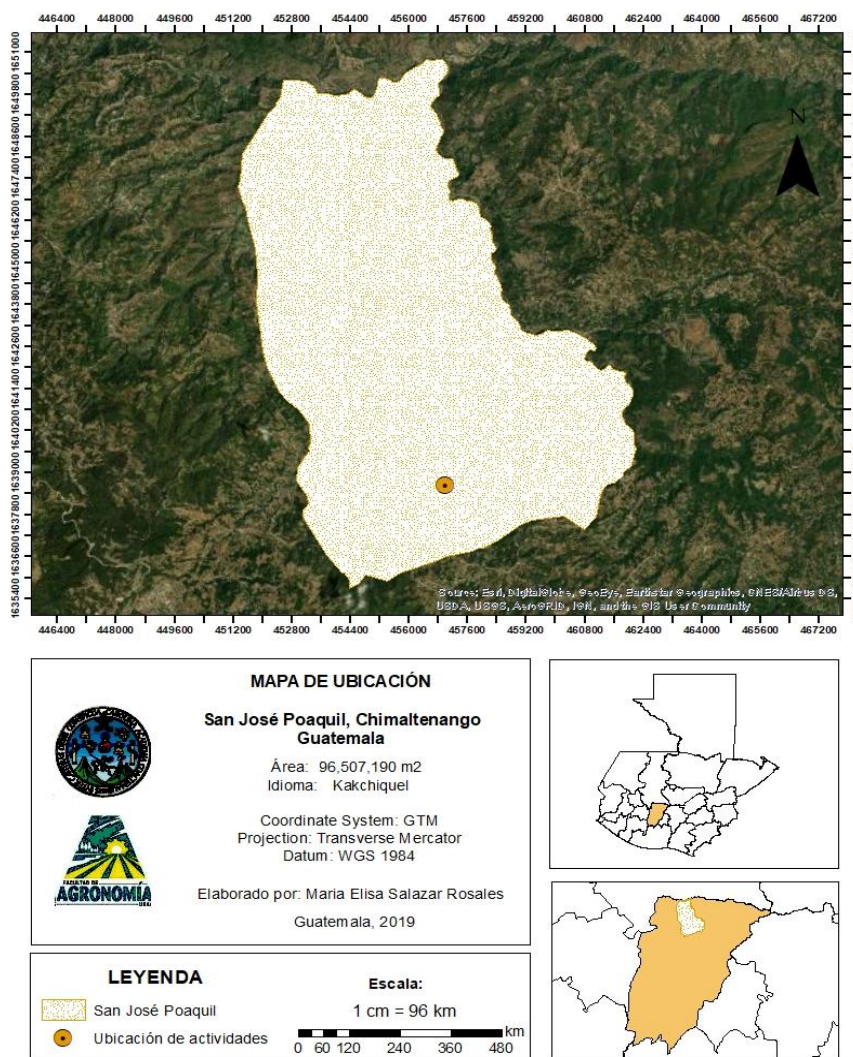
San José Poaquil está ubicado al Norte del departamento de Chimaltenango, se encuentra a 47 km de la cabecera departamental y a 101 km de la ciudad capital. Se ubica a una latitud 14°48'58" N y longitud 90°54'45" O (Escobar, 2011).

En la figura 13 se muestra la localización geográfica del municipio y la ubicación del área experimental.

2.2.2 Colindancias

Colinda al Norte con el departamento de Quiché y al Este, Oeste y Sur con municipios el departamento de Chimaltenango (Escobar, 2011).

- Norte: municipio de Joyabaj, departamento de Quiché.
- Este: San Martín Jilotepeque, departamento de Chimaltenango
- Sur: San Juan Comalapa, departamento de Chimaltenango
- Oeste: Tecpán, departamento de Chimaltenango; Santa Apolonia, departamento de Chimaltenango.



Fuente: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA) 2010.

Figura 13. Ubicación del área experimental, San José Poaquil, Chimaltenango.

2.2.3 Aspectos climáticos

A. Temperatura

Al Sur del municipio oscilan entre los 16 °C como mínima y 22 °C como máxima, al Norte del municipio oscilan entre los 17 °C como mínima y 26 °C como máxima y en la cabecera departamental y aldeas cercanas, las temperaturas oscilan entre los 15 °C como mínima y 24 °C como máxima (SEGEPLAN, 2010).

B. Precipitación

En el municipio llueve 194 días al año en época lluviosa y aproximadamente presenta precipitación media de 1,348 mm al año (SEGEPLAN, 2010).

C. Humedad relativa

El municipio de San José Poaquil presenta una humedad relativa del 77 % (SEGEPLAN, 2010).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Determinar el efecto de cinco tratamientos alternativos para el manejo de la roya del café (*H. vastatrix*) en San José Poaquil Chimaltenango.

3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de tratamientos alternativos en cuanto a la disminución de incidencia de *H. vastatrix*.
2. Determinar el efecto de tratamientos alternativos en cuanto a la disminución de severidad de *H. vastatrix*.
3. Establecer la diferencia entre los métodos de cuantificación de la roya del café.
4. Determinar el rendimiento de café a partir de la estimación de cosecha en cada uno de los tratamientos.
5. Realizar análisis marginal como procedimiento económico para seleccionar la o las prácticas alternativas.

4. HIPÓTESIS

La aplicación de productos alternativos reducirá significativamente la incidencia de roya (*H. vastatrix*), comparado con la práctica común en los cafetales de San José Poaquil Chimaltenango.

5. METODOLOGÍA

5.1 Características de producción

El experimento se estableció en dos cafetales de traspatio de mujeres productoras de la zona 5 de San José Poaquil, Chimaltenango, donde las características de la producción son las siguientes:

- Manejo convencional: manejo aplicado por productoras de zona 5 de San José Poaquil, Chimaltenango se basa en:
- Fertilización: gallinaza, 2 aplicaciones.
- Podas: 1 vez al año.
- Desombre: 1 vez al año.
- Aplicación de pesticidas: nulas.
- Período de cosecha: diciembre a marzo.

5.2 Ubicación del área experimental

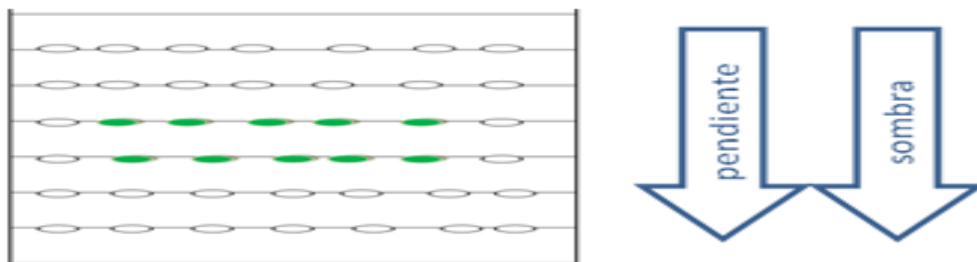
Estaba ubicada en la zona 5, al Oeste del casco urbano de San José Poaquil, Chimaltenango.

El área experimental fue de 0.22 ha, la cual fue dividida en dos parcelas de traspatio, la primera parcela contaba con 1,680 m² y la segunda con 520 m², ambas se encontraban en el mismo sector de la zona 5.

5.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 5 tratamientos y un testigo y cuatro repeticiones, para determinar la incidencia y severidad de la roya (*H. vastatrix*).

En el área experimental se identificaron dos gradientes de variación, pendiente y sombra, como se muestra en la figura 14, ambos gradientes tienen el mismo sentido de variabilidad. Los bloques se colocaron de manera perpendicular a estas gradientes.



Fuente: elaboración propia, 2018.

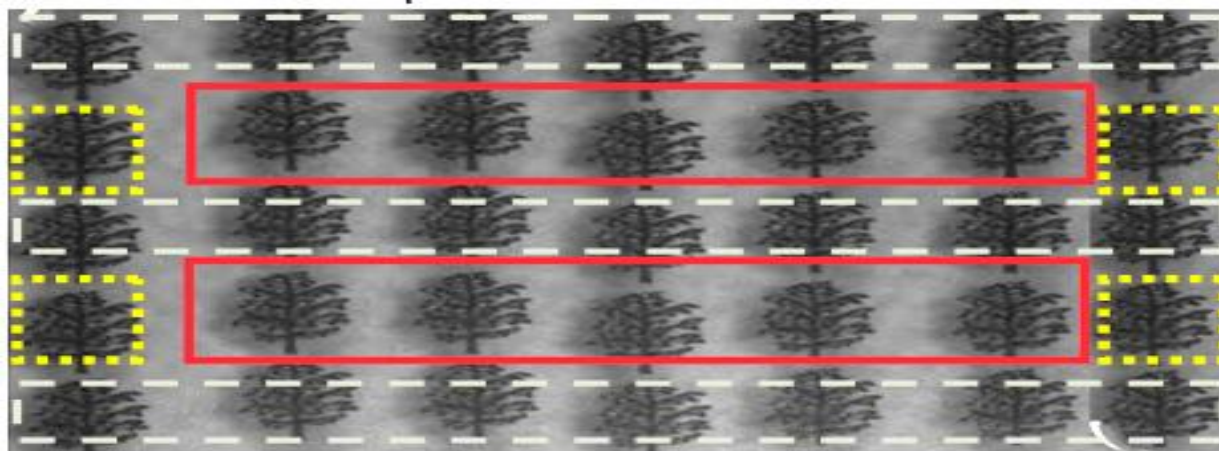
Figura 14. Gradientes de variación.

5.3.1 Área experimental

El área experimental estaba conformada por parcelas netas de 5.66 m² con 5 plantas de café. Cada una de éstas, formando una parcela bruta de 75 m² que contaba con 30 plantas. En total se utilizaron 120 plantas. En la figura 26A, en anexos, se puede observar el croquis del área experimental.

Cada tratamiento fue separado con dos plantas sin tratamiento a los lados para división de cada tratamiento y un surco sin tratamiento entre cada repetición para división de cada bloque.

En la figura 15 se observa la división de cada bloque con líneas punteadas blancas y división de tratamientos con líneas punteadas amarillas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15. Área experimental.

5.3.2 Modelo estadístico

$$Y_{ij} = m + i + b_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuesta.

m = efecto de la media general.

t_i = efecto del i -ésimo tratamiento ($i = 1.....5$).

b_j = efecto del j -ésimo repetición ($j = 1.....4$).

E_{ij} = error experimental asociado la i -ésima unidad experimental.

5.4 Tratamientos para evaluar

Para evaluar el manejo alternativo de roya se utilizaron cinco tratamientos: ácido acetilsalicílico, bicarbonato de sodio, peróxido de hidrógeno, jabón de coche, aceite mineral y testigo absoluto (manejo convencional), descritos en cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Nombre comercial del producto	Estado	Descripción
T1 Bicarbonato de sodio	Bicarbonato de soda. Laboratorio DISFAVIL®	Sólido	NaHCO_3 .
T2 Peróxido de hidrógeno	Agua oxigenada de VESA®	Líquido	Solución estabilizada de peróxido de hidrógeno al 3 %. 10 volúmenes.
T3 Ácido acetilsalicílico	Aspirina® Bayer®	Sólido	Formula: $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ Composición: cada comprimido contiene 500 mg de ácido acetilsalicílico.
T4 Aceite mineral	Aceite mineral	Líquido	Aceite mineral.
T5 Jabón de coche	Jabón de coche	Sólido	Hecho a base de sebo de cerdo, cal, agua y ceniza.

Fuente: elaboración propia, 2019.

Se definió al manejo convencional como testigo absoluto, ya que en el área experimental usualmente no se hacen aplicaciones de fungicidas por parte de los propietarios.

5.4.1 Aplicación de productos

Se aplicaron las dosis descritas en el cuadro 3, en forma de aspersión con una bomba de mochila al envés del follaje con ayuda de una bomba de mochila de 16 l.

Se manejó una frecuencia de aplicación quincenal por 5 meses. En la figura 16 se describe la metodología de preparación de productos.

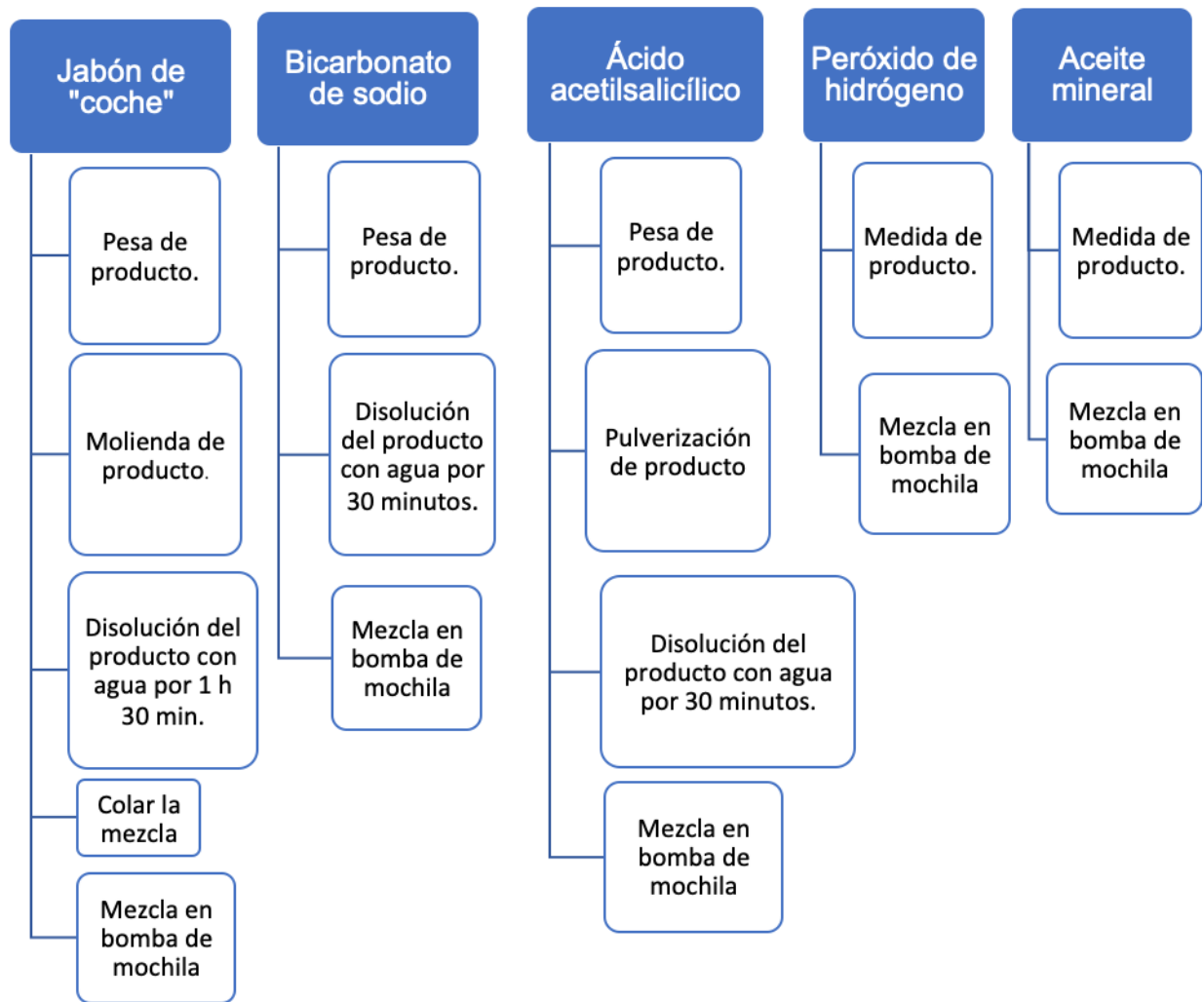
Cuadro 3. Dosis de tratamientos.

Tratamientos	Producto	Dosis / vol
Tratamiento 1:	Bicarbonato de sodio	25 gr /16 l
Tratamiento 2:	Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada)	15 cm ³ / l
Tratamiento 3:	Ácido acetilsalicílico (Aspirina®)	3 gr / l
Tratamiento 4:	Aceite mineral	8 cm ³ / 16 l
Tratamiento 5:	Jabón de coche	1 gr / l
Testigo Absoluto:	Manejo convencional	Manejo convencional

Fuente: elaboración propia, 2018.

5.5 Manejo

El testigo y los tratamientos evaluados se manejaron según el conocimiento local, se realizaron fertilizaciones orgánicas con gallinaza, como el dueño del terreno dispuso, y una aplicación de 19-4-19 (Hydran ®) para reforzar maduración de fruto, según indicó el técnico de la Oficina de Desarrollo Agrícola de la municipalidad.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 16. Metodología de elaboración de mezclas para posterior aplicación.

5.6 Variables de respuesta

5.6.1 Incidencia

La incidencia se definió como el número de hojas afectadas por roya de café (*H. vastatrix*) del total de hojas por bandola, la escala se mide en porcentaje (Monterroso, 2019).

A. Método de recuento para incidencia

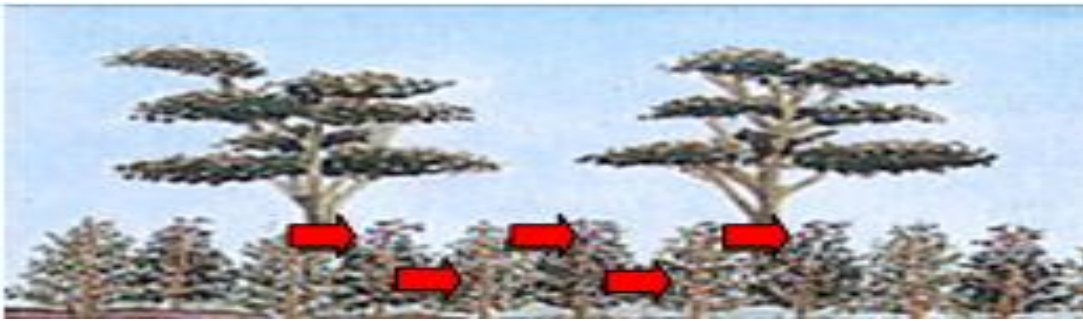
Para evaluar la incidencia se utilizó la metodología de recuento integral para café, implementado por CATIE, descrito en el libro manejo integrado de plagas en el cultivo del café de Guharay *et al.* (2000).

Esta metodología consistió en:

- Dividir el área en “lotes” con características similares. En este caso, cada bloque se consideró como un lote, en total se obtuvieron 4 bloques o lotes.
- Cada lote o bloque, se dividió en 6 estaciones, que corresponden a cada repetición de tratamientos.
- Cada una de las estaciones seleccionadas fue conformada por grupos de 5 plantas.
- En cada estación de 5 plantas por tratamiento, se seleccionó una bandola, en la primera planta se eligió una bandola entre la parte media y la parte alta de la planta. En la segunda planta se eligió una bandola entre la parte media y la parte baja de la planta. Así consecutivamente, hasta tener las 5 plantas de la estación o tratamiento. Esta metodología de muestra en la figura 17.
- En las lecturas de incidencia se tomaron los datos en la hoja de recuento establecida, en donde se contabilizó en cada una de las bandolas seleccionadas el número de hojas totales y luego, número de hojas infectadas con roya (*H. vastatrix*).

Las plantas muestreadas fueron identificadas por tratamiento con cinta de un color en específico en la parte superior de ellas. Cada bandola por muestrear fue marcada con el mismo color y con el número de planta al que correspondía.

Las lecturas de incidencia se llevaron a cabo a partir del mes de junio, en donde cada una de ellas se ejecutó 5 días después de la aplicación de los tratamientos.



Fuente: Monterroso, 2019.

Figura 17. Recuento de incidencia.

Para la determinación de la incidencia de roya (*H. vastatrix*) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia (I)} = \frac{\text{No. de individuos infectados}}{\text{total de individuos}} * 100$$

En donde el “número de individuos afectados” fueron las hojas infectadas con roya en la bandola seleccionada y el “total de individuos” fue la cantidad de hojas presentes en la bandola seleccionada.

5.6.2 Severidad

La severidad se definió como la proporción de área foliar afectada por la enfermedad estimada visualmente en escala porcentual (Monterroso, 2019).

A. Método de recuento para estimación de severidad

Para determinar la severidad utilizó el método establecido por el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Alimentaria Agroalimentaria (SENASICA) modificado al diseño experimental establecido.

Este recuento consistió en:

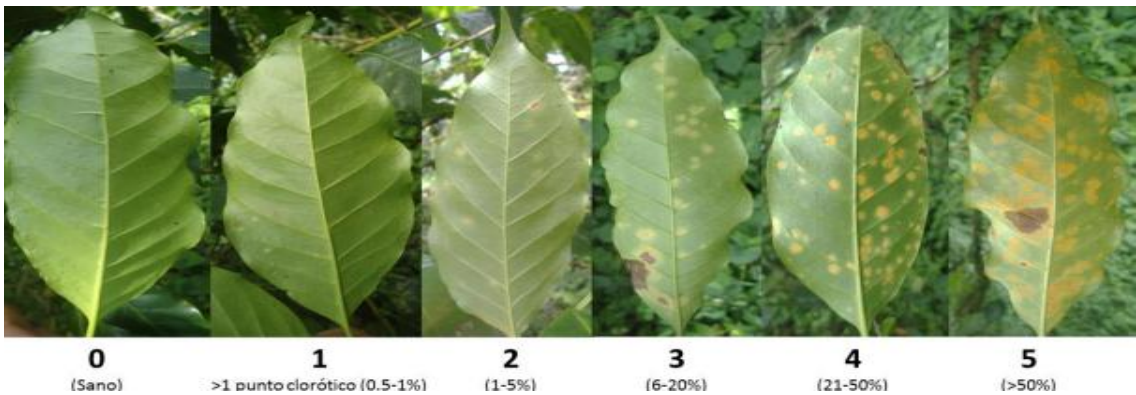
- Muestrear 5 plantas por cada repetición de tratamiento.
- Observar 10 hojas por cafeto seleccionado, correspondientes a los estratos alto, medio y bajo de la planta (3 estrato inferior, 4 estrato medio, 3 estrato superior).

Cada lectura fue basada en la escala establecida por SENASICA (2013), descrita en figura 18 y cuadro 4, donde el porcentaje de daño, en cada clase, representa el área foliar seleccionada la planta con presencia de roya.

Cuadro 4. Clases según daño del área foliar según SENASICA, 2013.

Clases	Porcentaje de daño foliar.
0	Sano, sin síntomas visibles.
1	>1 punto clorótico (0.5 % a 1 %).
2	1 % a 5 % de área afectada.
3	6 % a 20 % de área afectada.
4	21 % a 50 % de área afectada.
5	>50 % de área afectada.

Fuente: SENASICA, 2013.



Fuente: SENASICA, 2013.

Figura 18. Escala para severidad recomendada por SENASICA, 2013.

En la clase 5 se representa la condición de defoliación, ya que posterior a un 60 % de presencia de roya ocurre defoliación, la cual se precisa en escala de defoliación (SENASICA, 2013).

La determinación de la severidad de la roya del café se hizo con la siguiente fórmula, basándose en la escala de severidad.

$$Severidad = \frac{(N0 * 0) + (N1 * 1) + (N2 * 2) + (N3 * 3) + (N4 * 4) + (N5 * 5)}{N * 5} * 100$$

En dónde:

N0 = # Hojas con valor 0 de la escala.

N1 = # Hojas con valor 1 de la escala.

N2 = # Hojas con valor 2 de la escala.

N3 = # Hojas con valor 3 de la escala.

N4 = # Hojas con valor 4 de la escala.

N5 = # Hojas con valor 5 de la escala.

5.6.3 Estimación de cosecha

Se realizó la estimación de cosecha en maduro para comparar los tratamientos evaluados.

A. Método de estimación de recuento de cosecha

El método de recuento utilizado fue el establecido por CONACAFE (Consejo Nacional del Café de Nicaragua) (2014), modificado para el diseño experimental establecido.

Al finalizar las aplicaciones, se muestrearon las 5 plantas que correspondían a cada parcela neta.

Se realizó un conteo de bandolas productivas y de frutos por bandola productiva, se considera una bandola productiva son aquellas que tienen más de 5 frutos (CONACAFE, 2014).

Al obtener estos datos se sacó un promedio de frutos por planta y por parcela, para luego proceder a la estimación de cosecha.

Para obtener la estimación se procedió a multiplicar el promedio de frutos por parcela por 0.007, que corresponde a los frutos vanos que se pueden obtener (CONACAFE, 2014).

Este número fue dividido por 533, que corresponde al número de frutos que conforman una libra de café uva, (1,600 frutos = una libra de café oro, la relación de café cereza a oro es de 3:1) (CONACAFE, 2014).

5.7 Análisis de datos

5.7.1 Incidencia y severidad

A. Análisis epidemiológico

Para conocer el comportamiento de las variables, se desarrollaron gráficas a través de Excel, asimismo, se efectuó el cálculo de área bajo la curva del progreso de la enfermedad –ABCDPE–.

Se realizó el cálculo del incremento de la tasa teórica de incremento poblacional con la fórmula definida por Van der Plank:

$$r = \frac{2.3}{t_2 - t_1} \left(\log_{10} \frac{x_2}{1 - x_2} - \frac{x_1}{1 - x_1} \right)$$

En donde:

t_1 = tiempo de lectura inicial.

t_2 = tiempo de lectura final.

x_1 = severidad o incidencia de infección en tiempo 1 (en decimales).

x_2 = severidad o incidencia de infección en tiempo 2 (en decimales).

r = tasa de incremento poblacional.

Esta ecuación nos permite obtener la tasa teórica del crecimiento de una epidemia de ciclo múltiple, puesto que el inóculo estará cambiando constantemente, se contará con cada nueva infección, una nueva fuente de inóculo (Monterroso, 2013).

B. Análisis estadístico

Los datos de ABCDPE se sometieron a la transformación logarítmica $\log x / 100 - x$ ("x" = %). Con los datos obtenidos de ABCDPE se generó un análisis de varianza –ANDEVA–.

Para los tratamientos que mostraron diferencias significativas, se desarrolló un análisis de medias LSD Fisher.

5.7.2 Análisis comparativo entre incidencia y rendimiento.

La evaluación de datos para el análisis comparativo entre incidencia y rendimiento se obtuvo a partir de un análisis económico en donde se calculó la tasa de retorno marginal –TRM–, basado en la estimación de rendimiento.

La tasa marginal de retorno se interpreta como el porcentaje de retorno al capital invertido después que el capital ha sido recuperado (Harrington, 1982).

La TRM no mide los retornos correspondientes a un tratamiento en particular, sino, los retornos que corresponden al cambio de un tratamiento menos costoso a un tratamiento más costoso (Harrington, 1982).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los datos de incidencia y severidad obtenidos en la evaluación de productos alternativos y rendimiento correspondiente a cada tratamiento.

6.1 Incidencia

Durante la investigación se realizaron 10 lecturas correspondientes a la incidencia de la roya del café.

Al inicio de las lecturas, el porcentaje promedio de tratamientos de incidencia de roya fue de 12.13 % (cuadro 5), esta lectura representa las lesiones obtenidas del ciclo de producción anterior.

Cuadro 5. Lectura inicial (07/06/18), media (09/08/18) y final (25/10/18) para incidencia de roya (*H. vastatrix*) en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.

Tratamiento	Incidencia inicial (%)	Incidencia media (%)	Incidencia final (%)
T1 Bicarbonato de sodio	10.90	6.75	6.46
T2 Peróxido de hidrógeno	13.41	11.70	31.40
T3 Ácido acetilsalicílico	14.60	4.58	9.00
T4 Aceite mineral	10.70	8.36	19.96
T5 Jabón de coche	10.41	5.21	10.58
Testigo	12.77	7.08	16.81

En la figura 19 se observa que el promedio de incidencia de todos los tratamientos aumentó significativamente en la tercera lectura, amplificándose en un 3.11 %. Las condiciones climáticas apropiadas para la esporulación del hongo y la presencia de lesiones viejas favorecieron el progreso de la enfermedad.

En la tercera lectura el promedio de porcentaje de los tratamientos aumentó a un 15.24 %, de los cuales el testigo obtuvo el valor más alto de incidencia (18.04 %), seguido del aceite mineral (15.97 %), el jabón de coche (15.68 %), bicarbonato (15.51 %) y peróxido de hidrógeno (14.24 %); el ácido acetilsalicílico obtuvo el valor más bajo con un porcentaje del 13.08 %.

La respuesta confusa de la efectividad de los productos puede darse debido a que los tratamientos aún no habían impactado claramente en el desarrollo del patógeno.

A partir de la quinta lectura es evidente el impacto positivo que tiene sobre el patógeno los tratamientos 1, 3 y 5.

El punto más bajo del promedio de porcentaje ocurrió en la sexta lectura, (6.64 %). El porcentaje más alto de incidencia fue para el peróxido de hidrógeno (12.47 %), seguido del aceite mineral (8.22 %), el testigo (6.68 %), bicarbonato (4.91 %) y jabón de coche (4.40 %); el ácido acetilsalicílico obtuvo el porcentaje más bajo con 3.14 %.

El descenso natural de la curva epidemiológica se debió a la variable clima. El año 2018 presentó una canícula que se prolongó hasta el mes de agosto; lo cual significó, déficit de humedad relativa, déficit de presión de vapor y como consecuencia insuficiente agua líquida en el envés de las hojas; tal fenómeno coincide con lo estudiado por Becker-Raterink *et al.* (1991); quien señala, que la germinación de esporas de roya necesita agua líquida por lo menos 3 horas en el envés de las hojas del café. En suma, la ausencia de lluvias por tiempo prolongado provocó condiciones desfavorables al progreso de la epidemia de roya.

A partir del mes de septiembre; al iniciar las lluvias, el porcentaje de incidencia aumentó para todos los tratamientos, consecuencia lógica del incremento de humedad. Según Becker-Raterink *et al.* (1991), las esporas del hongo causante de la roya pueden permanecer en estado de latencia durante épocas secas prolongadas y germinan con la llegada de las precipitaciones y el aumento de la humedad relativa óptima, tal y como ocurrió en este ensayo.

El punto más alto de la curva epidemiológica se obtuvo en el mes de octubre. El porcentaje más alto de incidencia de roya para la última lectura lo obtuvo el peróxido de hidrógeno con 31.40 % y el más bajo fue el bicarbonato con 6.46 %.

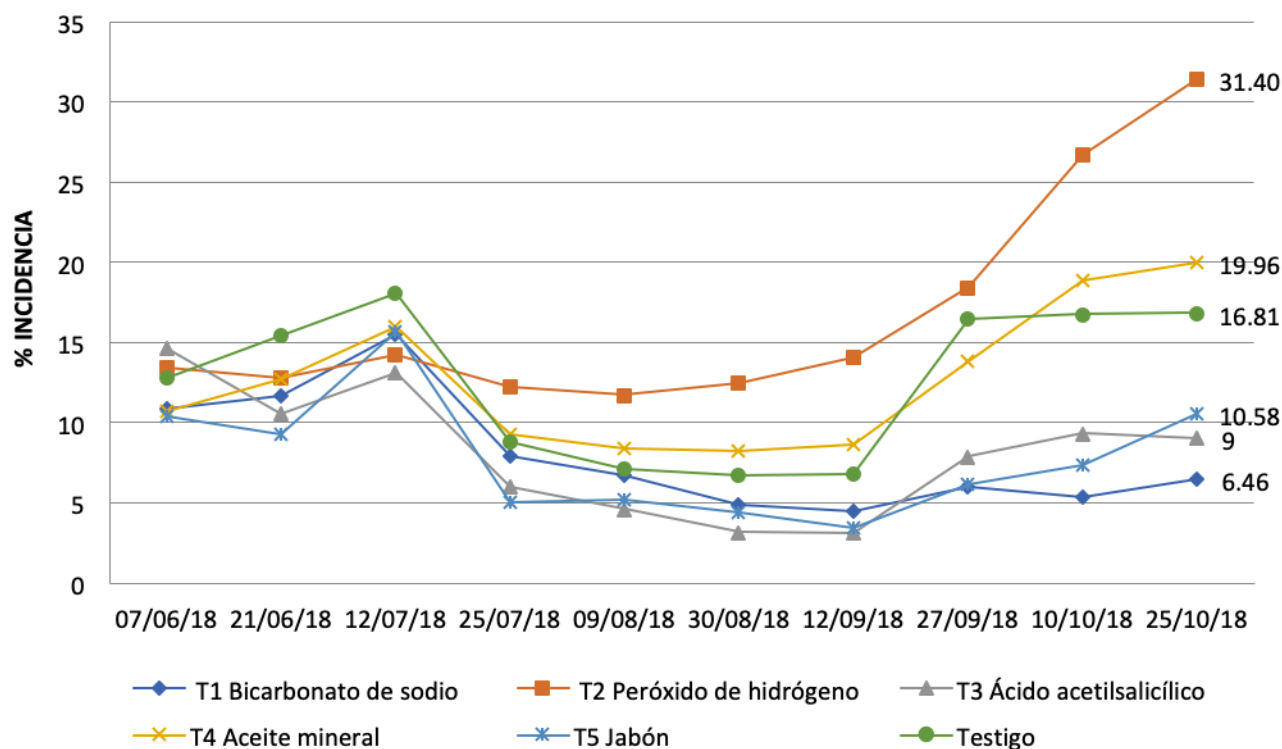


Figura 19. Comportamiento de la incidencia de roya (*H. vastatrix*) en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.

Al observar el comportamiento de la curva del T3 (ácido acetilsalicílico), T1 (bicarbonato de sodio) y T5 (jabón de coche), se percibe el aumento de incidencias al inicio de la época lluviosa, pero mantienen este porcentaje en niveles por debajo del 10 %. Estos tratamientos mantuvieron la enfermedad con un porcentaje de incidencia bajo antes, durante y después de la época lluviosa.

Por el contrario, las parcelas asperjadas con peróxido de hidrógeno, aceite mineral y testigo, aumentan de incidencias al inicio de la época lluviosa con valores por encima del 15 %. Estos tratamientos aumentaron sus porcentajes de manera exponencial.

Por otro lado, el ajuste de regresión lineal de la incidencia sobre el tiempo facilita el modelo simple $x = a + bt$; donde x es la incidencia total, t es la unidad de tiempo y b es el coeficiente de regresión; este último, nos da información del comportamiento de la incidencia (variable x) frente al tiempo (variable t); de suerte que, si $b = 0$ para cualquier valor de t la variable x es constante -es decir, no cambia la incidencia-; si $b > 0$ al

aumentar el valor de t también aumenta el valor de x (Tendencia a la alta o positiva); y, si $b < 0$ al incrementarse t el valor de x disminuye (Tendencia a la baja o negativa).

Con sentido amplio generalizado; pero considerablemente útil al propósito de manejo, nos interesa comparar las tendencia entre tratamientos; así: bicarbonato de sodio, ácido acetilsalicílico y jabón de coche provocan tendencia de la incidencia a la baja (Productos efectivos), con coeficiente de regresión negativos: -0.8, -0.58 y -0.39 respectivamente. Además, la magnitud del coeficiente nos permite diferenciar los productos de mayor a menor, en términos de eficiencia: todos los productos son eficaces; pero, bicarbonato de sodio es el más eficaz.

Contrapuesto al efecto anterior, los tratamientos testigo, aceite mineral y peróxido de hidrógeno inducen tendencia de la incidencia a la alta con coeficientes de regresión positivos: 0.19, 0.69 y 1.74 respectivamente. Estos resultados riñen con lo teóricamente esperado, aceite mineral y peróxido de hidrógeno son ineficaces; paradójicamente, los productos estimularon la multiplicación del hongo causante de la roya.

La linealización de la curva de incidencia para cada tratamiento, con su respectiva ecuación de regresión, se puede observar en anexos: de la figura 27A a la figura 32A.

6.1.1 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad para incidencia

En el cuadro 6 se visualizan los valores correspondientes al área bajo la curva del progreso de la enfermedad de incidencia calculada para cada tratamiento. El valor más alto de ABCDPE fue el del peróxido de hidrógeno con 2,278.05, lo que se puede interpretar como el tratamiento con la peor respuesta para reducir la incidencia de roya del café.

Los valores referentes al área bajo la curva del progreso de la enfermedad muestran una mejor respuesta a los tratamientos 1 (bicarbonato de sodio), 3 (ácido acetilsalicílico) y 5 (jabón de coche), los cuales tuvieron valores de 132.25, 1,125 y 1,015.71 respectivamente. Esto se interpreta como una mejor acción de bicarbonato de sodio en el manejo de roya en cafetales de traspatio.

La figura 20 muestra el comportamiento de cada tratamiento según su área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

Cuadro 6. Promedios de ABCDPE para incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.

Tratamiento	ABCDPE
T1 Bicarbonato de sodio	132.25
T2 Peróxido de hidrógeno	2,278.05
T3 Ácido acetilsalicílico	1,125.91
T4 Aceite mineral	1,713.28
T5 Jabón de coche	1,015.71
Testigo	1,716.58

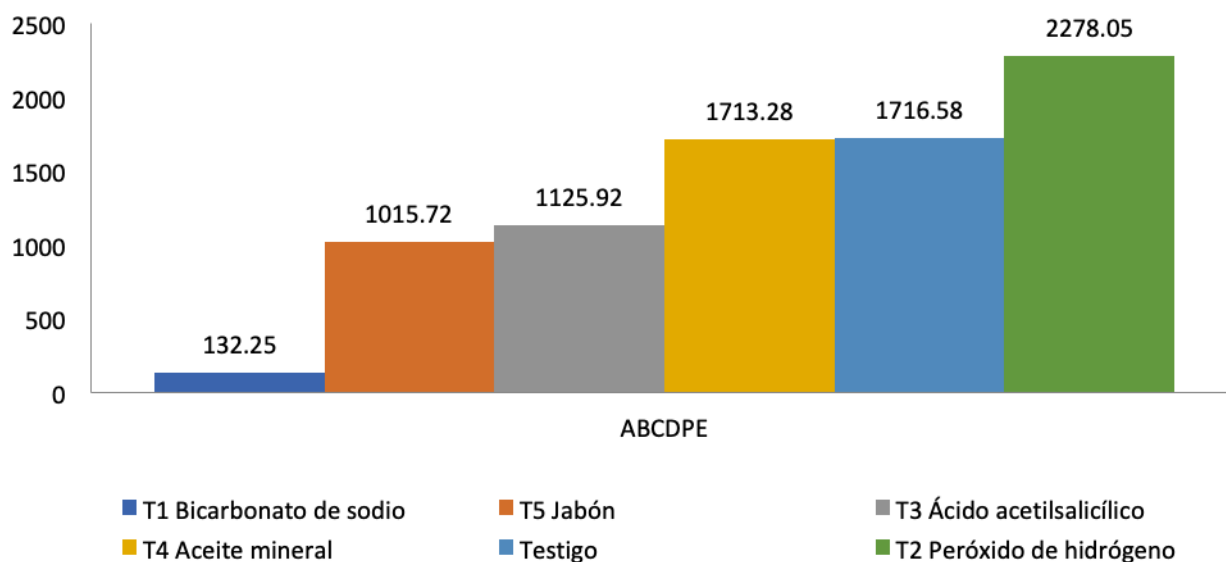


Figura 20. Promedio de ABCDPE para incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.

6.1.2 Tasa neta de incremento poblacional “r”

Se calculó la tasa neta de incremento poblacional “r” a partir de la fórmula definida por Van der Plank, en donde se obtuvieron valores en porcentaje (cuadro 7). El tratamiento que presenta mayor tasa de incremento de la enfermedad es el peróxido de hidrógeno (0.77 %/día) lo que indica que, por cada 100 lesiones presentes, se generaron 0.77 lesiones nuevas por día.

Cuadro 7. Tasa neta de incremento poblacional “r”, incidencia de roya cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.

Tratamientos	r (tasa neta de incremento poblacional) (% / día)
T1 Bicarbonato	-0.40
T2 Peróxido de hidrógeno	0.77
T3 Ácido acetilsalicílico	-0.39
T4 Aceite mineral	0.11
T5 Jabón de coche	0.013
Testigo	0.30

Los tratamientos T1 (bicarbonato de sodio) y T3 (ácido acetilsalicílico), muestran tasas de incremento negativas, como se muestra en la figura 21. La menor tasa de incremento corresponde al T3 (ácido acetilsalicílico) (-0.39 %/día), seguido del T1 (bicarbonato de sodio) (-0.40 %/día).

Esto indica que la aplicación de estos tratamientos actúa en contra de la multiplicación del patógeno.

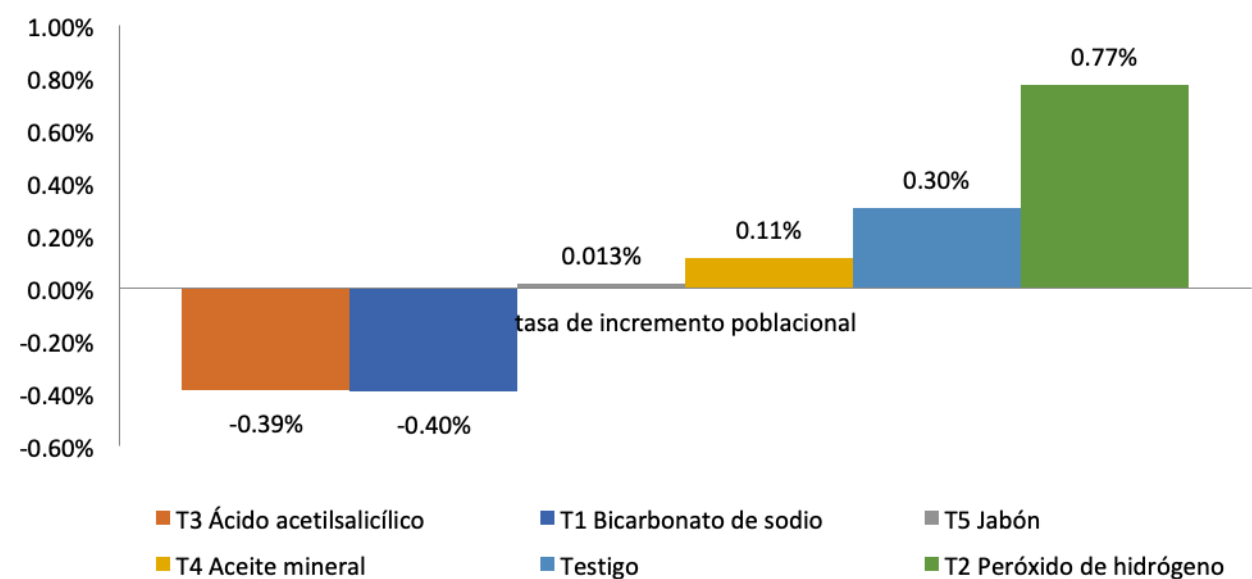


Figura 21. Tasa de incremento poblacional "r", incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

6.1.3 Análisis de varianza para incidencia de roya del café (*H. vastatrix*).

Para integrar los datos obtenidos a partir de las 10 lecturas (observar cuadro 17A, en anexos), se obtuvo el dato de área bajo la curva del progreso de la enfermedad, en donde se puede analizar el comportamiento de los tratamientos en el tiempo. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y posteriormente a un análisis de comparación de medias (cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza para incidencia de roya.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ABCDPE	24	0.62	0.42	26.25

Cuadro de análisis de varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	3.77	8	0.47	3.10	0.0281
Lectura	1.47	3	0.49	3.21	0.0533
Tratamiento	2.31	5	0.46	3.04	0.0434
Error	2.28	15	0.47		
Total	6.05	23			

Continúa cuadro 8.

Test: LSD Fisher Alfa= 0.05 DMS=0.58774

Error: 0.1521 gl:15

Tratamientos	Medias	N	E.E		
T5 Jabón de coche	1.15	4	0.19	A	
T1 Bicarbonato de sodio	1.19	4	0.19	A	
T3 Ácido acetilsalicílico	1.26	4	0.19	A	
Testigo	1.63	4	0.19	A	B
T4 Aceite mineral	1.69	4	0.19		B
T2 Peróxido de hidrógeno	2.00	4	0.19		B

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

El análisis de varianza realizado, aunque cerca de límite, muestra diferencias significativas y, el de comparación de medias utilizado (LSD Fisher), indica que los tratamientos 5 (jabón de coche), 1 (bicarbonato) y 3 (ácido acetilsalicílico), son distintos a los tratamientos 4 (aceite mineral) y 2 (peróxido de hidrógeno).

En síntesis, se puede concluir que los mejores tratamientos para reducir la incidencia de café en los cafetales de traspatio en San José Poaquil Chimaltenango son en orden descendente, el jabón de coche, el bicarbonato de sodio y el ácido acetilsalicílico. Estos productos son de fácil acceso para los productores y bajo costo, por lo que su aplicación no representaría un gasto extra en la producción, además, se supone tienen un muy bajo impacto ambiental.

6.2 Severidad de la roya

Durante la investigación se realizaron 4 lecturas, más la inicial para severidad. Los datos se obtuvieron luego de cada fin de mes de aplicación de tratamientos.

El cuadro 9 muestra el promedio en porcentaje de las lecturas realizadas al inicio y final del ensayo.

Cuadro 9. Lectura inicial (27/07/18), media (30/08/18) y final (29/10/18) para severidad de la roya (*H. vastatrix*) en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.

Tratamiento	Severidad inicial (%)	Severidad media (%)	Severidad final (%)
T1 Bicarbonato de sodio	1.90	4.64	3.25
T2 Peróxido de hidrógeno	2.60	9.88	29.83
T3 Ácido acetilsalicílico	2.85	5.33	3.67
T4 Aceite mineral	2.05	7.38	7.94
T5 Jabón de coche	1.80	4.89	5.81
Testigo	2.05	9.44	15.14

En la figura 22, se muestra el comportamiento de cada tratamiento aplicado, cada punto se basa en las lecturas de severidad.

Luego del primer mes de aplicación, el mayor porcentaje de severidad le corresponde al peróxido de hidrógeno (15.06 %), mientras que el resto de los tratamientos mantienen un promedio de porcentaje de severidad del 4.75 %.

En el tercer mes de lectura se representa una disminución en la severidad en el tratamiento 2 (peróxido de hidrógeno); el resto de los tratamientos presentan un comportamiento estable. Este comportamiento fue causado por la disminución de lluvias en el área experimental, las que fueron inadecuadas para el progreso de la enfermedad.

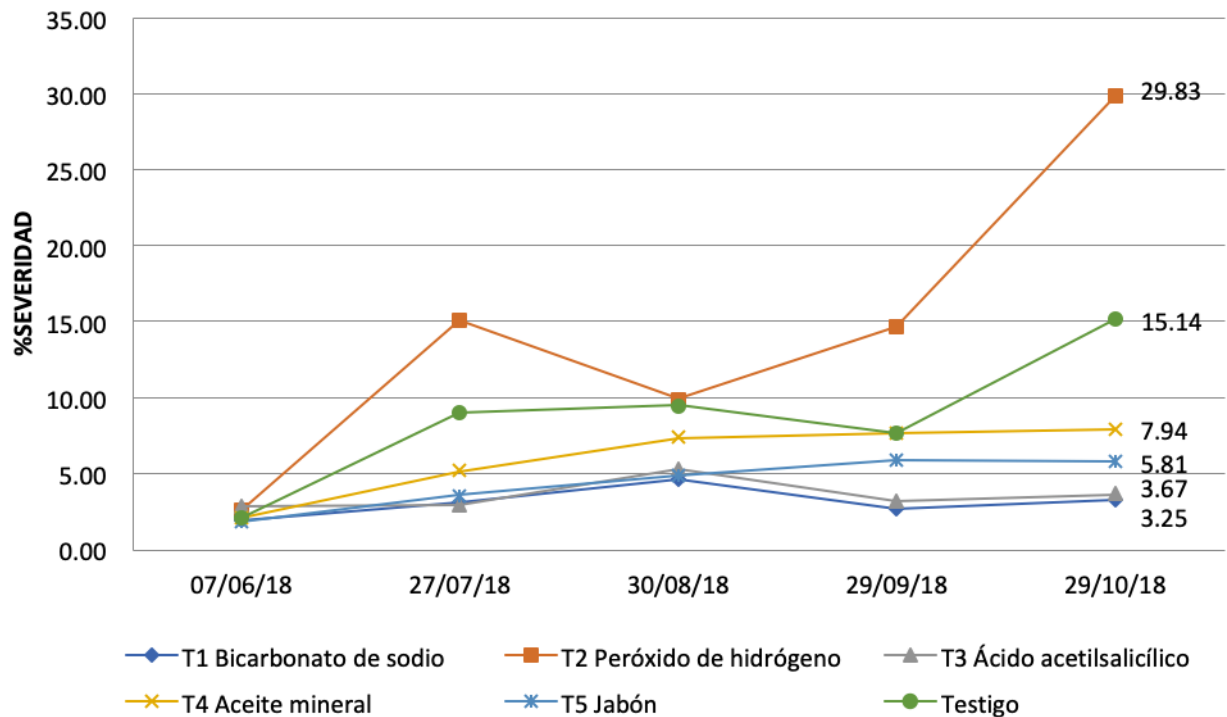


Figura 22. Comportamiento de severidad de roya (*H. vastatrix*) en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

La cuarta lectura, que coincide con el inicio de las lluvias, muestra un incremento del porcentaje de severidad. Al igual que en lecturas de incidencia, el peróxido de hidrógeno y el testigo aumentan considerablemente su severidad.

Los tratamientos 1 (bicarbonato de sodio), 3 (ácido acetilsalicílico), 4 (aceite mineral) y 5 (jabón de coche), aumentaron porcentajes, pero en pequeñas proporciones. Estos tratamientos se mantuvieron estables durante todo el ciclo de aplicaciones.

La linealización según la severidad de cada tratamiento se puede observar, en anexos, de la figura 33A a la figura 38A.

6.2.1 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad para severidad

En el cuadro 10 se observa el área bajo la curva del progreso de la enfermedad ABCDPE de severidad de roya (*H. vastatrix*) calculada para cada tratamiento.

Cuadro 10. Promedio de ABCDPE para severidad de roya cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

Tratamiento	ABCDPE
T1 Bicarbonato de sodio	334.31
T2 Peróxido de hidrógeno	1,480.85
T3 Ácido acetilsalicílico	374.33
T4 Aceite mineral	680.52
T5 Jabón de coche	486.06
Testigo	921.54

De forma análoga a la variable incidencia, los tratamientos que muestran los valores más bajos son el bicarbonato de sodio, el ácido acetilsalicílico y jabón de coche, con 334.31, 374.44 y 486.06 respectivamente. Igual que con los datos de incidencia, el comportamiento de la enfermedad con el tratamiento de bicarbonato de sodio resulta ser la mejor opción para reducir el efecto de la roya en los cafetales de traspatio de San José Poaquil Chimaltenango (Figura 23).

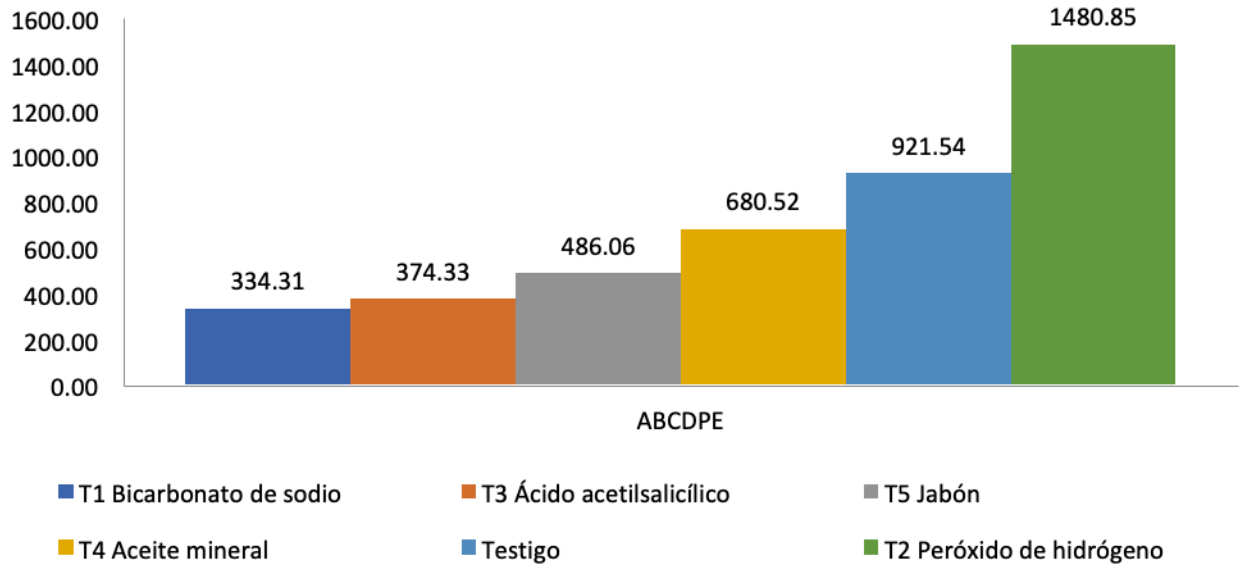


Figura 23. Promedio ABCDPE para severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

6.2.2 Tasa neta de incremento poblacional “r”

En el cuadro 11, el tratamiento que presenta mayor tasa de incremento poblacional es el peróxido de hidrógeno (1.80 %/día), lo que se interpreta como, por cada 100 lesiones presentes, se generaron 1.80 lesiones nuevas por día.

Cuadro 11. Tasa de incremento poblacional “r”, severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

Tratamientos	r (tasa neta de incremento poblacional) (% / día)
T1 Bicarbonato de sodio	0.36
T2 Peróxido de hidrógeno	1.80
T3 Ácido acetilsalicílico	0.16

Continúa cuadro 11.

T4 Aceite mineral	0.90
T5 Jabón de coche	0.78
Testigo	1.37

Los tratamientos T1 (bicarbonato de sodio), T3 (ácido acetilsalicílico) y el T5 (jabón de coche), muestran las tasas de incremento con menor valor. Su comportamiento se observa en la figura 24.

La tasa de incremento de menor valor, la obtuvo el ácido acetilsalicílico con 0.16 %/día, esto indica que: por cada 100 lesiones presentes, se generaron 0.16 lesiones nuevas por día.

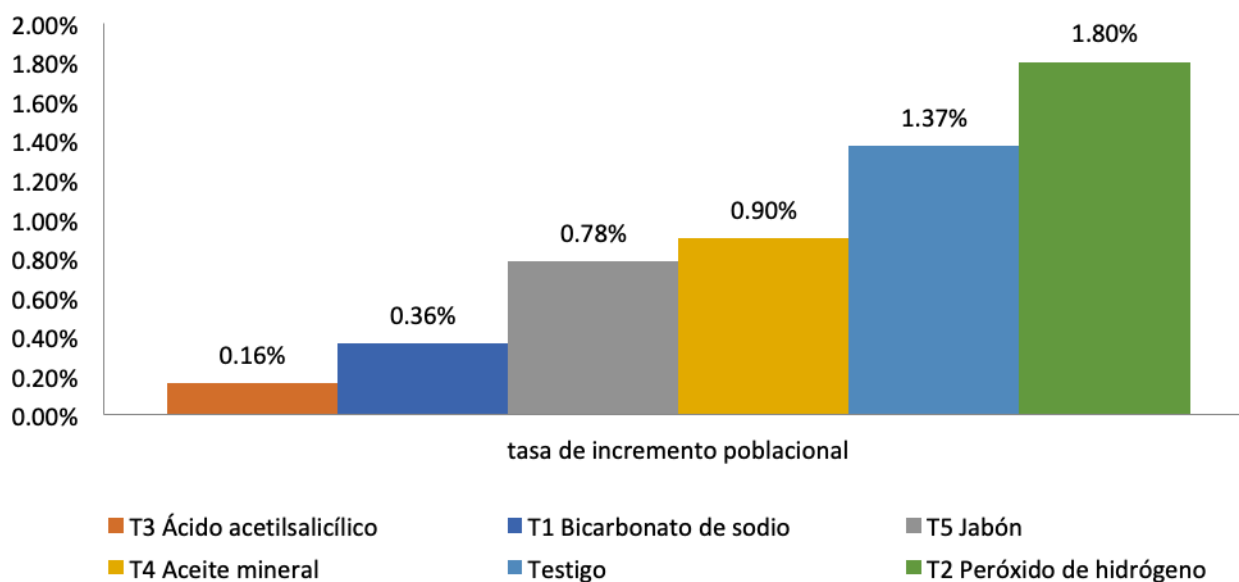


Figura 24. Tasa de incremento poblacional "r", severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

6.2.3 Análisis de varianza para severidad de roya (*H. vastatrix*)

La curva del progreso de la enfermedad de los datos obtenidos de cinco lecturas en campo (observar anexos, cuadro 18A) fueron sometidos a un análisis de varianza mostrado en el cuadro 12; en este, la fuente de variación tratamientos, presenta un p-valor menor que 0.05 que confirma diferencias significativas entre los tratamientos. Posteriormente se sometieron los datos a la prueba de comparación de medias LSD Fisher.

Cuadro 12. Análisis de varianza para severidad de roya.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	24	0.93	0.89	12.97

Cuadro de análisis de varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.13	8	0.27	23.69	<0.0001
Lectura	0.25	3	0.08	7.40	0.0029
Tratamiento	1.88	5	0.38	33.45	<0.0001
Error	0.17	15	0.01		
Total	2.30	23			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.15970

Error: 0.0112 gl: 15

Tratamientos	Medias	N	E.E			
T1 Bicarbonato de sodio	0.51	4	0.05	A		
T3 Ácido acetilsalicílico	0.57	4	0.05	A		
T5 Jabón de coche	0.66	4	0.05	A	B	
T4 Aceite mineral	0.84	4	0.05		B	C
Testigo	1.00	4	0.05			C
T2 Peróxido de hidrógeno	1.32	4	0.05			D

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

En el análisis de medias LSD Fisher se observa que los tratamientos con menores medias de ABCDPE para severidad e iguales estadísticamente en su orden son: tratamiento 1 (bicarbonato de sodio), tratamiento 3 (ácido acetilsalicílico) y tratamiento 5 (jabón de coche); éstos son las mejores opciones de tratamientos alternativos para la reducción de severidad de la roya en los cafetales.

El tratamiento con mayor media de porcentaje de ABCDPE corresponde al peróxido de hidrógeno. Contrario a lo esperado, éste tratamiento, aumenta el porcentaje de severidad de la roya en cafetales de traspatio en San José Poaquil Chimaltenango.

6.3 Discusión incidencia/severidad

Tanto en incidencia como en severidad el peróxido de hidrógeno mostró las mayores ABCDPE y tasas de incremento poblacional; además los análisis de varianza con la comparación de medias ubica este tratamiento como el peor resultado del ensayo. Es relevante señalar en este punto: que con cualquiera de las variables analizadas llegamos a igual conclusión.

Es posible que la concentración de peróxido de hidrógeno aplicada haya sido muy baja. Según Beltrán *et al.* (2005), cuando se aplica un determinado nivel de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), éste debe de estar en una concentración tal que el fitopatógeno no tenga oportunidad de adaptarse al estrés oxidativo que provoca.

Este argumento también se fundamenta en estudios realizados *in vitro* por Ivanova *et al.* (2005) citado por Oloriz *et al.* (2014), con los hongos *Alternaria alternata* y *Cladosporium cladosporioides* expuestos a distintas dosis de H_2O_2 ; donde se encontró un decrecimiento constate de micelio cuando se incrementaron las concentraciones de H_2O_2 y los realizados por Oloriz *et al.* (2014) con *Mycosphaerella fijiensis*, él aplicó 5 distintas dosis de H_2O_2 y observó que el incremento de las concentraciones de H_2O_2 , redujo el crecimiento de *M. fijiensis*.

Sobre esta base, en este ensayo, *H. vastatrix* logró adaptarse al peróxido de hidrógeno y evadir su toxicidad, probablemente debido a la baja concentración utilizada en el ensayo; como menciona Beltrán *et al.* (2005), el hongo tuvo la capacidad de evadir la toxicidad del H_2O_2 y lo indujo a ser más agresivo. Es posible que, al aumentar la concentración del peróxido de hidrógeno, se logren mejores resultados.

El aceite mineral mostró un comportamiento parecido al del peróxido de hidrógeno en incidencia y severidad, pero en menor cuantía. Cubiertas epidermales con aceite crean barreras que interfieren con en el proceso de penetración de las hifas de hongos; pero, de acuerdo con Ziv *et al.* (1987) y Oren *et al.* (1991), en roya estas barreras son eficientes sólo cuando se aplican antes de la penetración del hongo, ya establecido en la planta el efecto de barrera no se da. En este ensayo, las hojas de café presentaban lesiones e inóculo del ciclo anterior, por lo que la barrera física que provee el aceite mineral no funcionó.

Supuestamente 2018 no fue un buen año para la roya; en el testigo, la incidencia y severidad aumentaron a partir de la finalización de la canícula, que se prolongó hasta el mes de agosto, aunque con valores altos, mostró un comportamiento mejor que el peróxido de hidrógeno y el aceite mineral.

En cuanto al bicarbonato, se considera uno de los tres mejores tratamientos a partir de los datos obtenidos de ABCDPE y la tasa de incremento poblacional para incidencia y severidad. Se puede confirmar que la acción fungicida podría deberse a una perturbación del pH óptimo para la germinación y crecimiento del tubo germinal de *H. vastatrix*, inducen a la deshidratación de la pared celular de las esporas y colapsan las células del hongo (Yáñez *et al.*, 2014).

El jabón de coche tuvo un comportamiento similar al tratamiento 1 (bicarbonato sodio). Los valores de ABCDPE y tasa de incremento poblacional, mostraron que se puede considerar el tercer mejor tratamiento para disminuir incidencia y severidad de *H. vastatrix* en cafetales.

Según Cú Leal *et al.* (2015) el caldo de cenizas, o en este caso, jabón de coche, es un producto que se puede utilizar como fungicida para el control de enfermedades por su contenido de potasio y otros elementos que posee la ceniza y cal. Además de contribuir al equilibrio nutricional de las plantas, su aplicación evita la entrada de patógenos. La ceniza y cal, al poseer pH alcalino, produce efectos tóxicos sobre las estructuras del patógeno ya provoca modificaciones del pH en la superficie de la hoja, que al igual que con el bicarbonato se impide la germinación y crecimiento de esporas.

El de ácido acetilsalicílico obtuvo una tasa de incremento poblacional negativa para incidencia y la segunda tasa poblacional más baja para severidad. Según Liza *et al.* (2016) y Chen *et al.* (1993), el ácido acetilsalicílico es considerado como estimulador de una señal natural para la activación de la resistencia adquirida sistémica en las plantas lo que induce el accionamiento de la muerte celular a partir de la expresión de proteínas PR.

En síntesis, con la similitud de los resultados promovidos cuando se aplica la variable incidencia como cuando se usa la severidad, se puede afirmar que es correcto utilizar cualquiera de las dos variables para cuantificar la roya del café.

6.4 Relación incidencia-severidad

Para purgar las pequeñas diferencias entre leer incidencia o severidad, se realizó análisis de regresión simple para determinar la relación de dependencia entre estas variables en el

desarrollo y explicación de la epidemia. Así, el diagrama de dispersión de puntos en la figura 25, muestra la relación entre incidencia y severidad de la roya del café (*H. vastatrix*).

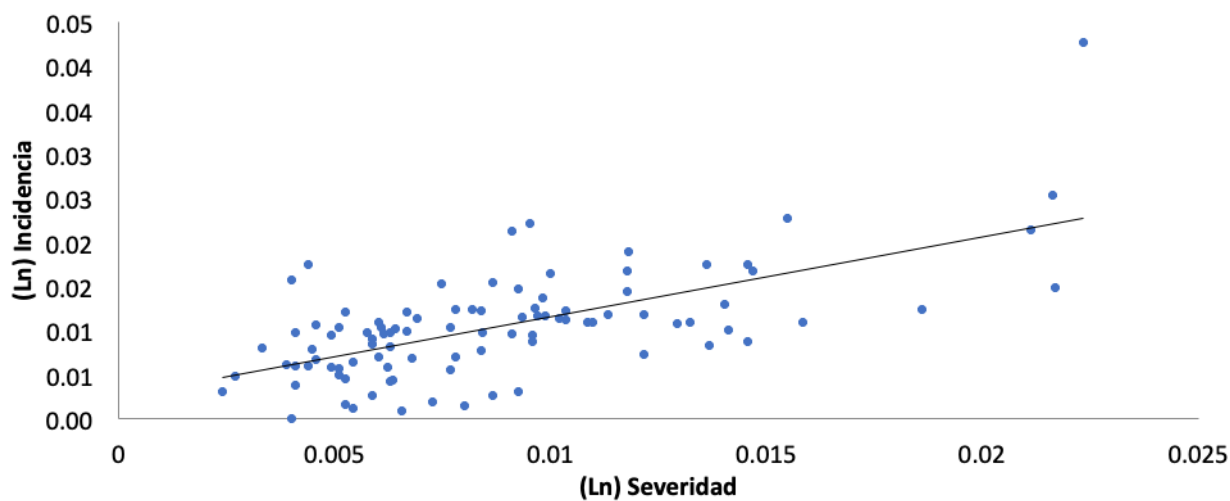


Figura 25. Relación incidencia-severidad para *H. vastatrix* en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, 2018.

El valor de $R^2=0.63$ obtenido del análisis de correlación de Pearson, mostrado en el cuadro 13, es estadísticamente significativo, al aumentar los valores de incidencia, también existirá un aumento en severidad, indicando que estas dos variables son interdependientes y están correlacionadas de manera directa.

Se asume entonces que; para trabajos de comparación de epidemias de la roya del café es suficiente estimar la incidencia para la toma de decisiones. El valor del coeficiente de correlación se puede clasificar como moderado; el cual, transitará a una clase alta conforme se aumente el tamaño de la muestra.

Cuadro 13. Correlación de Pearson.

	Severidad	Incidencia
Severidad	1.00	1.6 E-12
Incidencia	$R^2 = 0.63$	1.00

6.5 Análisis económico

6.5.1 Relación incidencia de roya con rendimiento

Para conocer la relación entre la incidencia de roya (*H. vastatrix*) y el rendimiento de los cafetales de traspatio después de aplicados los tratamientos, se realizó una estimación de cosecha, en donde el tratamiento con mayores rendimientos resultó ser el jabón de coche. La estimación de rendimiento obtenida se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Estimación de rendimiento.

Tratamiento	Producción por árbol (kg)	Producción kg / parcela neta (5 árboles)	Producción kg / repetición (20 árboles)	Producción en kg / 0.22 ha.
T1 Bicarbonato de sodio	0.51	2.56	10.27	452
T2 Peróxido de hidrógeno	0.29	1.47	5.28	232
T3 Ácido acetilsalicílico	0.41	2.05	8.23	362
T4 Aceite mineral	0.38	1.92	7.66	337
T5 Jabón de coche	0.59	2.96	11.86	522
Testigo	0.26	1.32	5.91	260

6.5.2 Análisis marginal

Con la estimación de los rendimientos de los tratamientos, se calculó la tasa de retorno marginal para todos los tratamientos, a partir de los costos de aplicación de cada tratamiento; los cuales se presentan en anexos, cuadro 19A y costos variables de

producción, observados en anexos, cuadro 20A. Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 15.

Cuadro 15. Cálculo de tasa de retorno marginal.

Tratamiento	T1 Bicarbonato de sodio	T2 Peróxido de hidrógeno	T3 Ácido acetilsalicílico	T4 Aceite mineral	T5 Jabón de coche	Testigo
TRM (%)	77	-41	-10	-27	114	4

En este análisis muestra que los tratamientos con mayor tasa de retorno marginal son el jabón de coche y el bicarbonato de sodio.

La tasa de retorno marginal indica que al hacer aplicaciones de jabón de coche para el manejo de la roya en café se obtiene un retorno del 114 % (Q.1.14) por cada quetzal invertido; mientras que, al aplicar bicarbonato de sodio, se obtiene un retorno del 77 % (Q.0.77) por cada quetzal invertido.

El jabón de coche y el bicarbonato de sodio fueron considerados los mejores tratamientos alternativos para la disminución de incidencia, según los datos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad y el análisis de medias LSD Fisher muestra que, el bicarbonato y el jabón de coche son significativamente iguales, por lo que, cualquiera de los dos productos puede ser considerado beneficioso para el pequeño productor, tanto en economía como para manejar la roya.

El ácido acetilsalicílico obtuvo una tasa de retorno marginal negativa. Aunque este producto se considera el segundo mejor tratamiento para reducir la severidad e incidencia de roya, éste no es beneficioso para el productor, ya que, al hacer uso de éste como fungicida, los costos de producción se elevan y se obtienen pérdidas económicas.

7. CONCLUSIONES

- 7.1 El bicarbonato de sodio se considera el mejor tratamiento por su efectividad y su eficiencia para demorar el progreso de la epidemia de roya del café.
- 7.2 Los tratamientos que subsiguen en efectividad y eficiencia al bicarbonato de sodio son el ácido acetilsalicílico y el jabón de coche, éstos disminuyen el efecto de *H. vastatrix*, tanto para incidencia como severidad.
- 7.3 Con lo análogo de los resultados promovidos cuando se aplica la variable incidencia como cuando se usa la severidad y los resultados del análisis de la relación incidencia/severidad, se confirma que: para trabajos de comparación de epidemias de la roya del café en pequeñas parcelas, es suficiente estimar la incidencia para la toma de decisiones.
- 7.4 Financieramente el jabón de coche es la mejor opción para el manejo de la roya; puesto que, además de proporcionar un buen manejo de la roya, se obtiene un retorno económico de un quetzal con catorce centavos (Q. 1.14) por cada Quetzal invertido.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1.** Incorporar la aplicación de jabón de coche, 432 g/ha (en caso de inexistencia o escasez, utilizar bicarbonato de sodio 675 gr/ha), al programa de manejo de la roya del café, como alternativa a la aplicaciones de fungicidas tradicionales.
- 8.2.** Continuar con la investigación de los tres mejores tratamientos alternativos, producto del presente trabajo con el propósito de optimizar los programas de manejo de la roya del café.
- 8.3.** Evaluar dosis mayores de peróxido de hidrógeno y aceite mineral para considerar su respuesta e incorporación a los planes de manejo.
- 8.4.** Utilizar la variable incidencia con la metodología propuesta por Monterroso (2019), para la cuantificación de la roya del café con propósito de tomar decisiones de manejo.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, G. (2004). *Plant Pathology* (5 ed.). US, Academic Press. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02037-6>
2. Andrango, R. (2012). *Manual del Huerto Familiar con Enfoque Biointensivo*. Recuperado de Honduras: Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano website: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4191>
3. Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L. F., & Hincapié, E. (2007). *Sistemas de Producción de Café en Colombia*. Colombia: Cenicafé. (v. 1). Recuperado de https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf
4. Barquero, M. (2013). *Recomendaciones para el Combate de la Roya del Cafeto* (3 ed.). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/281625030_Recomendaciones_para_el_combate_de_la_roya_del_cafeto
5. Becker-Raterink, S., Moraes, W. B. C., & Quijano-Rico, M. (1991). *La Roya del Cafeto: Conocimiento y Control*. Alemania: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
6. Beltrán, J. M., Ogura, T., Manzo, G., & Arias, C. (2005). Catalasas de Hongos Fitopatógenos: ¿Factores de Virulencia y Resistencia a los Fungicidas? *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24(1), 50–58. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61224108>
7. Benezer, M., Castro, E., & García, E. (2008). La Producción de Especies Reactivas de Oxígeno Durante la Expresión de la Resistencia a Enfermedades en Plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26(1). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092008000100009
8. Bettiol, W. (2006). Productos Alternativos para el Manejo de Enfermedades en Cultivos Comerciales. *Fitosanidad*, 10, 85–98. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116102001>

9. Carrinl, G., & Rico-Gray, V. (2002). Mycoparasites on the Coffee Rust in Mexico. *Fungal Diversity*, 1, 49–60. Recuperado de http://www.fungaldiversity.org/fdp/sfdp/FD_11_49-60.pdf
10. Chen, Z., Silva, H., & Klessig, D. F. (1993). Active Oxygen Species in the Induction of Plant Systemic Acquired Resistance by Salicylic Acid. *Science*, 262(5141), 1883–1886.
11. Colonia, L. M. (2012). *Manejo Integrado de Plagas en el Cultivo de Café*. Perú: AgroBanco. Recuperado de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-k-cafe.pdf>
12. Consejo Nacional del Café de Nicaragua (CONACAFÉ). (2014). *Pronóstico de Cosecha en el Cultivo de Café*. Nicaragua: CONACAFÉ. Recuperado el 4 de abril de 2019, de Slide Share website: <http://es.slideshare.net/sharemangg/http-conacafeorgestimacion-de-cosecha>
13. Cú Leal, G., Reyes, R., & Aguirre, C. (2015). *Técnicas Básicas para la Elaboración de Insumos Agroecológicos*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 30 p. Recuperado de <https://www.catie.ac.cr/guatemala/attachments/article/18/tecnicas-basicas-para-la-elaboracion-de-insumos-peque.pdf>
14. Cuervo, Y., Tornos, P., Hernández, J. C., Orihuela, D., Domínguez, M. E., & Moreno, E. (2014). Eficacia de Peróxidos en la Desinfección de Suelos Aptos para el Cultivo de Fresa en el Mediterráneo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(4), 393–398. Recuperado de <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-4/10a.pdf>
15. Díaz Puentes, L. N. (2012). Resistencia Sistémica Adquirida Mediada por el Ácido Salicílico. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 257–267. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a30.pdf>
16. Dotor, M. Y., & Cabezas, M. (2014). Mecanismos de Resistencia Sistémica en Plantas. *Acta Iguazu, Cascavel*, 3(2), 1–19. Recuperado de <http://saber.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/viewFile/10277/7380>
17. Ercros, España. (2013). *Agua Oxigenada, Resumen de Seguridad*. Recuperado el 8 de diciembre de 2019, de http://www.ercros.es/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=756&Itemid=647

18. Escobar Osegueda, I. (2011). *Diagnostico Administrativo Municipal: Municipio de San José Poaquil Departamento de Chimaltenango*. (Tesis Lic. Admon. Emp., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas: Guatemala). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0772_v10.pdf
19. Esquivel Vásquez, A. (2016). De Sebo y Ceniza: Etnografía de la Jabonería Tradicional. *Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2), 144. Recuperado de <https://digi.usac.edu.gt/ojsrevistas/index.php/csh/article/view/306>
20. Gaffney, T., Friedrich, L., Vernooij, B., Negrotto, D., Nye, G., Uknes, S., ... Ryals, J. (1993). Requirement of Salicylic Acid for the Induction of Systemic Acquired Resistance. *Science*, 261(5122), 754–756. <https://doi.org/10.1126/science.261.5122.754>
21. Guharay, F., Monterrey, J., Monterroso, D., & Staver, C. (2000). *Manejo Integrado de Plagas en el Cultivo del Café* (Pascal Cha). Managua, Nicaragua: CATIE.
22. Gutiérrez, G. C., & De la Torre, R. (2007). Resistencia Sistémica Adquirida en Plantas: Estado Actual. *Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13(2), 157–162. Recuperado de <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchscfaXIII481.pdf>
23. Guzmán, V. H. (2016). *Diagnóstico de la Cadena del Café, Identificación de Cadenas Ecoproductivas y su Potencial Acceso a Mercados, en la Zona del PQroyecto PPRCC*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/9809.pdf>
24. Harrington, L. (1982). *Ejercicios Sobre el Análisis Económico de Datos Agronómicos*. México: CIMMYT.
25. Hernández Riesco, S., Cabaleiro Sobrino, C., Jacas Miret, J., & Martín López, B. (2002). El Empleo de Aceites Minerales, Vegetales y de Pescado en el Control Integrado de Plagas y Enfermedades del Viñedo. *Boletín de Sanidad Vegetal, Plagas*, 28(2), 223–237. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-28-02-223-237.pdf>
26. Horst, R. K., & Kawamoto, S. O. (1992). Effect of Sodium Bicarbonate and Oils on the Control of Powdery Mildew and Black Spot of Roses. *Plant Disease*, 76(3), 247. <https://doi.org/10.1094/pd-76-0247>

27. Liza, S. C., Saenz, H. H., & Torres, O. C. (2016). Environmental Effect and Acetylsalicylic Acid on Agronomic Performance of Three Sweet Potato Genotypes. *OALib*, 03(10), 1–7. <https://doi.org/10.4236/oalib.1103009>
28. Mamani Turpo, A. (2014). *Inductores de Defensa para el Control de Peronospora destructor Berk. en Allium cepa var. Aggregatum G. Don cv. 'Criolla Limeña' en Zona Árida* (Tesis Ing. Agr., Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía: Perú). Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
29. Mendoza, R., Monterroso, D., & Gutiérrez, Y. (1995). Estudio de la Relación Incidencia-Severidad de las Principales Enfermedades del Café (*Coffea arabica* L.) en Nicaragua. *Manejo Integrado de Plagas*, 36, 12–17.
30. Mendoza Rodríguez, M., Ocaña, B., Acosta Suárez, M., & Roque, B. (2017). Effect of H₂O₂ Application During 'Grande Naine' - *Mycosphaerella fijiensis* Interaction. *Bioteconología Vegetal*, 17(3), 153–159. Recuperado de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/553/pdf>
31. Monroig, M. F. (2016). *Morfología del Cafeto*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, sede Mayagüez Recuperado de http://academic.uprm.edu/mmonroig/HTMLobj-1858/Morfologia_cafeto2.pdf
32. Monterroso, D. (2013). *Modelos Generales para Interpretar la Dinámica de las Enfermedades en Plantas*. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales. 8 p. (Sin publicar).
33. Monterroso, D. (2019). *Método Integrado para Estimar la Magnitud Física de las Enfermedades Foliares más Importantes del Sistema Café (2)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales. 14 p. (Sin publicar).
34. Mora Aguilera, G. (2008). *Bases de Estudios Epidemiológicos para el Manejo de Patosistemas Agrícolas*. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí Recuperado de http://langif.uaslp.mx/documentos/presentaciones_internacional/01/drmora.pdf

35. Moreno Montoya, S., Martínez-Carrasco, J. E. Á., & Urrestarazu Gavilán, M. (2007). Bioseguridad en la Producción Hortícola y en el Consumo de Alimentos. *Vida Rural*, 40, 40–46. Recuperado de http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Vrural%5CVrural_2007_259_40_46.pdf
36. Oloriz, M. I., & Ocaña, B. (2014). Efecto del H₂O₂ sobre el Crecimiento *in vitro* de un Aislado Cubano de *Mycosphaerella fijiensis*. *Bioteología Vegetal*, 14(2), 123–126. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/319262960_Efecto_del_H2O2_sobre_el_crecimiento_in_vitro_de_un_aislado_cubano_de_Mycosphaerella_fijiensis_Version_electronica
37. Oren, J. Z., & Eyal, Z. (1991). Effect of Film-Forming Compounds on the Development of Leaf Rust on Wheat Seedlings. *Plant Disease*, 75(3), 231. <https://doi.org/10.1094/pd-75-0231>
38. Rangel, G. R., Castro, E., Beltran, E., Reyes, H., & García, E. (2010). El Ácido Salicílico y su Participación en la Resistencia a Patógenos en las Plantas. *Biológicas*, 12(2), 90–95. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Elácidosalicílicoyresistenciaenplantas.pdf>
39. Rivillas, C. A., Serna, C. A., Cristancho, M. A., & Gaitán, A. L. (2011). *La Roya del Cafeto en Colombia. Impacto, Manejo y Costos del Control. Resultados de Investigación* (S. M. Marín, Ed.). Colombia: CENICAFE. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot036.pdf>
40. Roselló, J., & Porcuna, J. L. (2012). *Cultivo Ecológico del Tomate y del Pimiento*. España: Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Recuperado de https://www.icia.es/icia/download/Agroecología/Material/Cultivo_ecologico.pdf
41. Sancho, F. (2012). La Fabricación Casera o Popular de Jabón. *Revista de Agricultura*, 369–371. Recuperado de <http://www.mag.go.cr/rev-histo/ra-14-08-369.pdf>
42. Sandoval, C., Terreros, V., & Schiappacasse, F. (2009). Control de *Cladosporium echinulatum* en Clavel Mediante el uso de Bicarbonatos y *Trichoderma*. *Ciencia e Investigación Agraria*, (March), 12. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/240990047_Control_of_Cladosporium_echinulatum_in_carnation_using_bicarbonates_and_Trichoderma

43. Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2010). *Plan de Desarrollo San José Poaquil, Chimaltenango*. Guatemala: SEGEPLAN.
44. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Alimentaria Agroalimentaria, - Mexico (SENASICA). (2013). *Manual técnico para el manejo preventivo de la roya del cafeto*. Recuperado de México: SENASICA website: <http://www.royacafe.lanref.org.mx/Documentos/Manualtecnicoroya.pdf>
45. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Alimentaria Agroalimentaria, - Mexico (SENASICA). (2016). *Roya del Cafeto Hemileia vastatrix Berkeley & Broome Ficha Técnica no. 40*. Recuperado de México: SENASICA, *Ficha Técnica no. 40*. SAGARPA website: <http://www.cesaveson.com/files/docs/campanas/vigilancia/fichas2016/ROYAcafeto.pdf>
46. Talhinhos, P., Batista, D., Diniz, I., Vieira, A., Silva, D. N., Loureiro, A., ... Silva, M. do C. (2017). The Coffee Leaf Rust Pathogen *Hemileia vastatrix*: one and a half Centuries Around the Tropics. *Molecular Plant Pathology*, 18(8), 1039–1051. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/mpp.12512>
47. Toapanta, G. (2018). *Aplicación de Peróxido de Hidrógeno para el Control de Oídio (Oidium sp.) en el Cultivo de Mora (Rubus glaucus Benth) bajo Cubierta Plástica* (Tesis Ing. Agr., Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias: Ecuador). Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>
48. Torres, S., Velandia, J., & Murcia, H. (2013). Aplicación Alternada de Ácido Acetilsalicílico con Fungicidas en el Control de Mildeo Polvoso en Rosa. *Ciencia y Agricultura*, 10, 45–51. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/300088632_Aplicacion_alternada_de_acido_acetilsalicilico_con_fungicidas_en_el_control_de_mildeo_polvoso_en_rosa
49. Ward, C. Y. (1954). *The Germination and Seedling Development of Cotton as Influenced by Selected Inert Seed Coating Materials Applied Singly and in Combination with Certain Fungicides, Fertilizers, and Hormones*. Texas, US: Texas Technological College.

50. Yáñez Juárez, M., Ayala Tafoya, F., Partida Ruvalcaba, L., Velázquez Alcará, T., Godoy Angulo, T. P., & Días Valdéz, T. (2014). Efecto de Bicarbonatos en el Control de Cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(6). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600007

51. Zavaleta, E. (2000). Alternativas de Manejo de las Enfermedades de las Plantas. *Terra*, 17(3), 201–207. Recuperado de <https://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art201-207.pdf>

52. Zi Dzib, C. C. (2017). Uso de Ceniza para el Manejo de Plagas en la Milpa Maya. *Factor MAP, Gaceta*, 1(1), 5–6. Recuperado de http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/2265-gaceta-no1-factor-map

53. Ziv, O., & Frederiksen, R. A. (1983). Control of Foliar Diseases with Epidermal Coating Materials. *Plant Disease*, 67(2), 212. <https://doi.org/10.1094/pd-67-212>

54. Ziv, O., & Frederiksen, R. A. (1987). The Effect of Film-Forming Anti-Transpirants on Leaf Rust and Powdery Mildew Incidence on Wheat. *Plant Pathology*, 36(3), 242–245. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1987.tb02231.x>

10. ANEXOS

Cuadro 16A. Siglas utilizadas en el documento.

No.	Sigla	Significado
1	ABCDPE	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad
2	AS	Ácido salicílico
3	ASS	Ácido acetilsalicílico
4	EROs	Especies reactivas de oxígeno
5	PR	Proteínas de patogenicidad
6	RH	Respuesta hipersensible
7	RSA	Resistencia sistémica adquirida
8	TRM	Tasa de retorno marginal

Fuente: elaboración propia, 2019.

Sector 1

Planta sin tratamiento	R1-T1	Planta sin tratamiento	R1-T2	Planta sin tratamiento	R1-T3	Planta sin tratamiento	R1-T4	Planta sin tratamiento	R1-T5	Planta sin tratamiento	R1-TES	Planta sin tratamiento
Surco sin tratamiento												
Planta sin tratamiento	R2-T4	Planta sin tratamiento	R2-T3	Planta sin tratamiento	R2-TES	Planta sin tratamiento	R2-T1	Planta sin tratamiento	R2-T2	Planta sin tratamiento	R2-T5	Planta sin tratamiento
Surco sin tratamiento												
Planta sin tratamiento	R3-T3	Planta sin tratamiento	R3-T5	Planta sin tratamiento	R3-T2	Planta sin tratamiento	R3-T1	Planta sin tratamiento	R3-TES	Planta sin tratamiento	R3-T4	Planta sin tratamiento
Surco sin tratamiento												

Planta sin tratamiento	R4-T2	Planta sin tratamiento	R4-T4	Planta sin tratamiento	R4-TES
Surco sin tratamiento					
Planta sin tratamiento	R4-T1	Planta sin tratamiento	R4-T5	Planta sin tratamiento	R4-T3
Surco sin tratamiento					

Sector 2

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 26A. Croquis del área experimental.

Cuadro 17A. Datos -ABCDPE- Incidencia en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

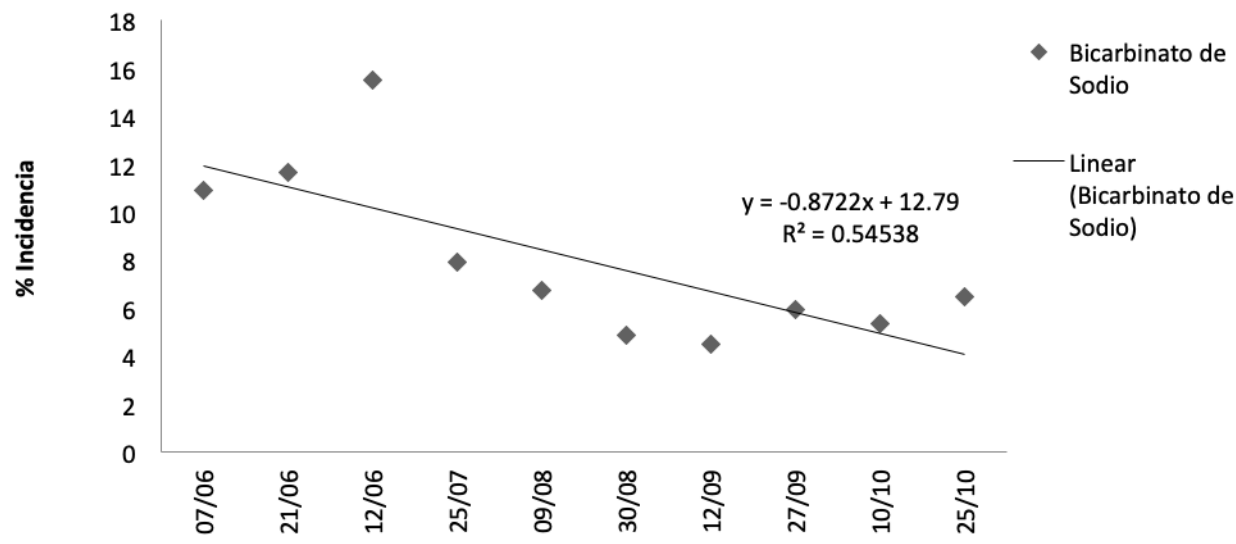
Repetición	Tratamiento	ABCDPE Incidencia	ABCDPE Incidencia datos transformados
1	T1	529.014551	0.78
2	T1	1,890.08626	1.82
3	T1	749.953649	0.84
4	T1	1,232.99002	1.33
1	T2	1,310.26633	1.41
2	T2	4,016.87714	3.01
3	T2	2,535.27257	2.15
4	T2	1,249.80028	1.44
1	T3	1,382.69009	1.50
2	T3	1,091.88842	1.25
3	T3	959.953183	1.05
4	T3	1,069.13797	1.25
1	T4	2,479.54116	2.12
2	T4	1,589.06147	1.62
3	T4	1,452.22245	1.55
4	T4	1,332.30863	1.46
1	T5	1,164.09899	1.35
2	T5	1,417.4744	1.47
3	T5	567.300416	0.67
4	T5	913.989404	1.11
1	Testigo	1,624.21375	1.66
2	Testigo	2,596.41457	2.15
3	Testigo	1,021.59146	1.06
4	Testigo	1,624.11539	1.65

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 18A. Datos -ABCDPE- Severidad en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

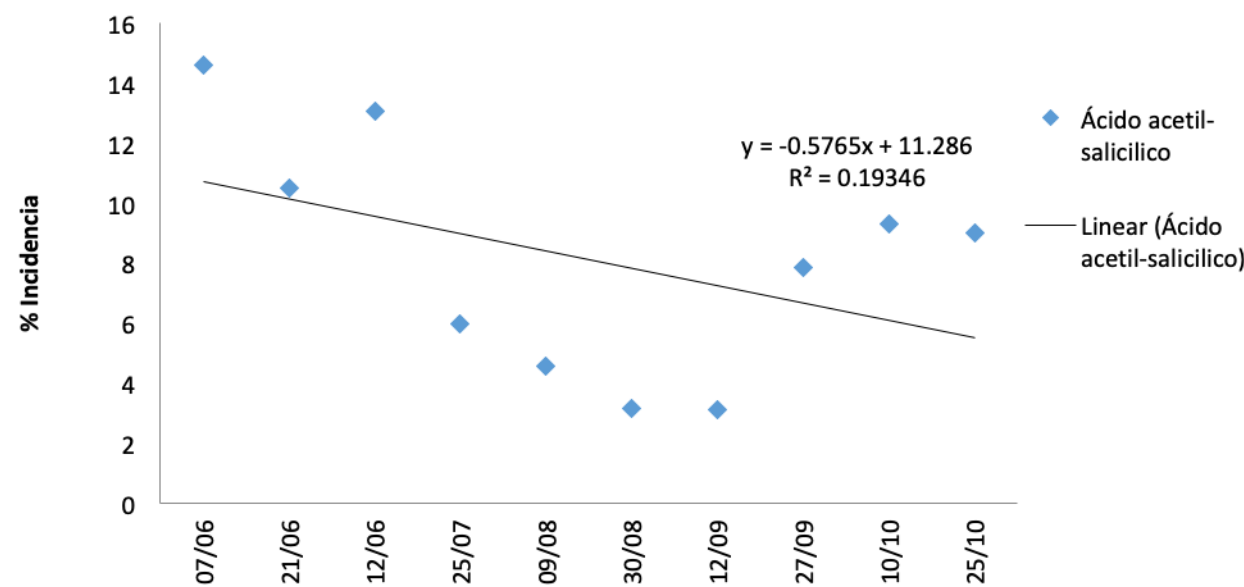
Repetición	Tratamiento	ABCDPE Severidad	ABCDPE Severidad datos transformados
1	T1	285.61	0.451006031
2	T1	495.47	0.683819281
3	T1	236.14	0.380965539
4	T1	320.03	0.509227834
1	T2	1,239.28	1.175342877
2	T2	1,697.22	1.442485214
3	T2	1,679.72	1.436716069
4	T2	1,307.17	1.227422388
1	T3	374.06	0.560382247
2	T3	461.11	0.66161541
3	T3	354.64	0.54880876
4	T3	307.50	0.496717756
1	T4	839.17	0.953813064
2	T4	800.87	0.934300635
3	T4	437.39	0.649982187
4	T4	644.67	0.835592816
1	T5	478.42	0.691394801
2	T5	791.83	0.926601224
3	T5	346.11	0.548423597
4	T5	327.89	0.491396443
1	Testigo	703.44	0.865570544
2	Testigo	1,456.28	1.297699668
3	Testigo	840.78	0.956491034
4	Testigo	685.67	0.875172012

Fuente: elaboración propia, 2019.



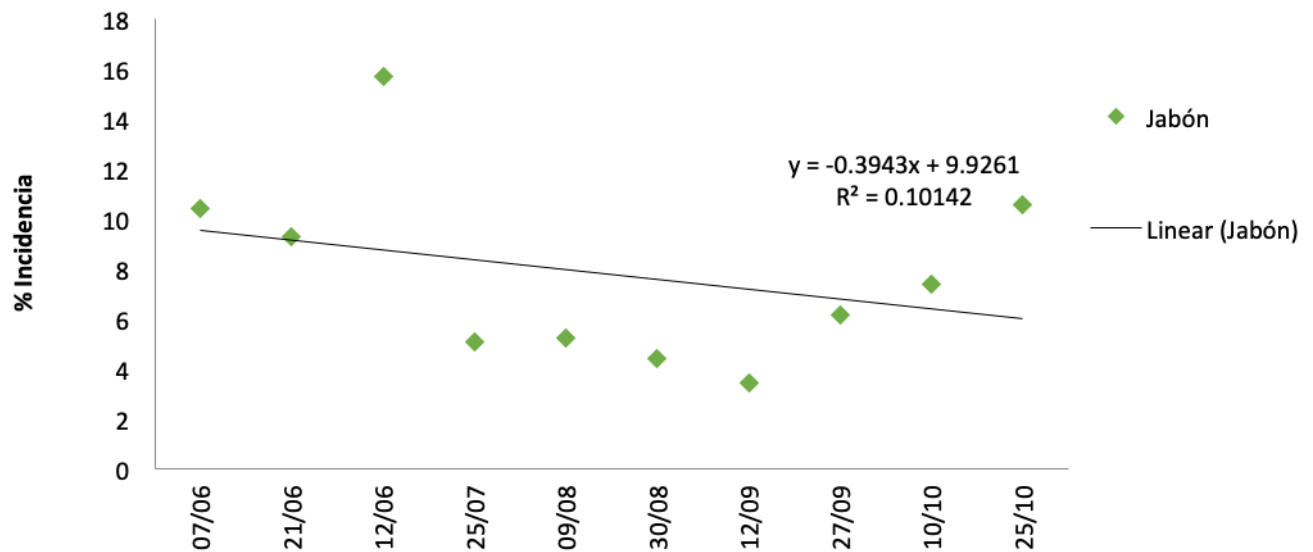
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 27A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de bicarbonato de sodio; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



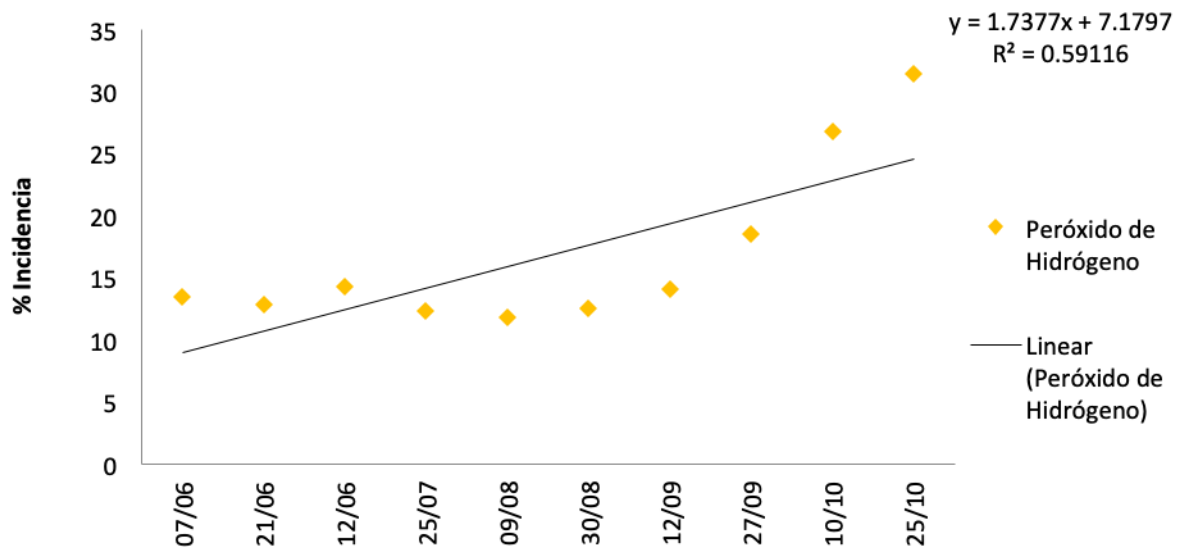
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 28A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de ácido acetilsalicílico; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



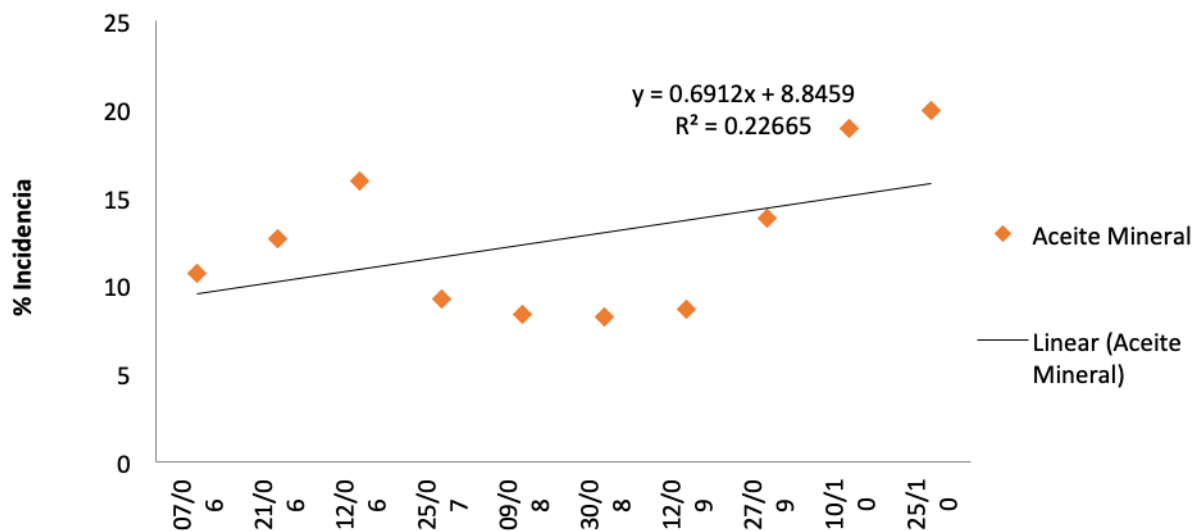
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 29A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de jabón de coche; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



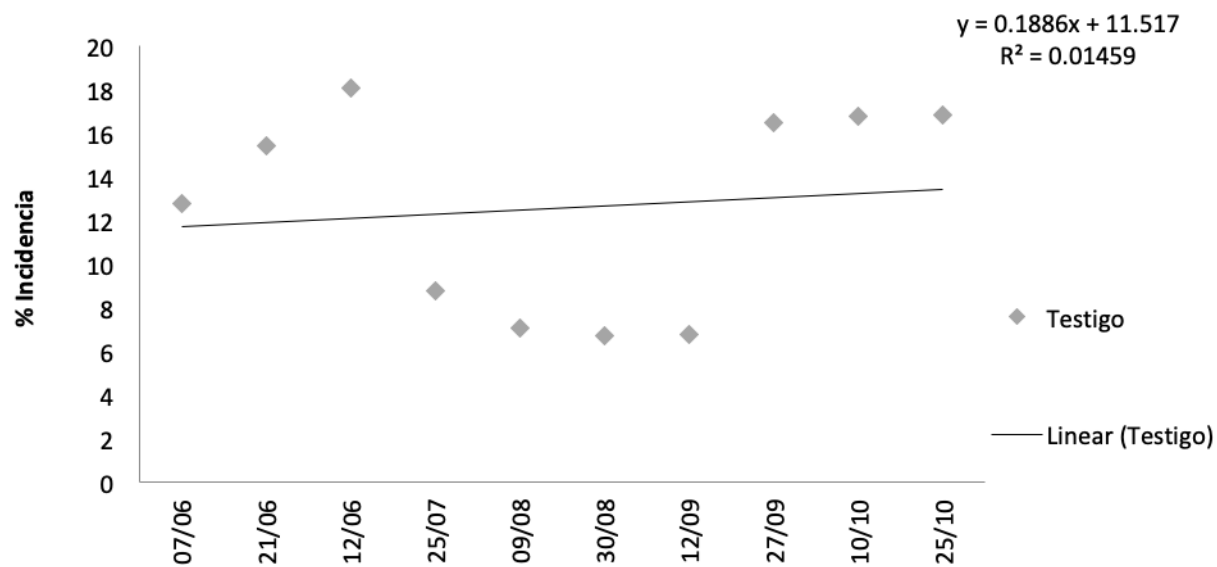
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 30A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de peróxido de hidrógeno; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



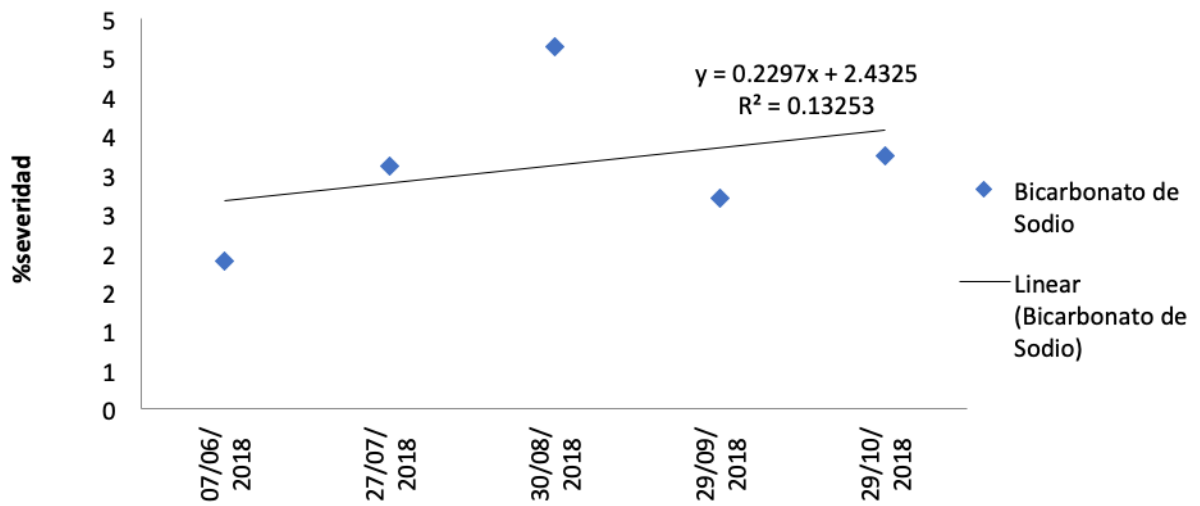
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 31A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de aceite mineral; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



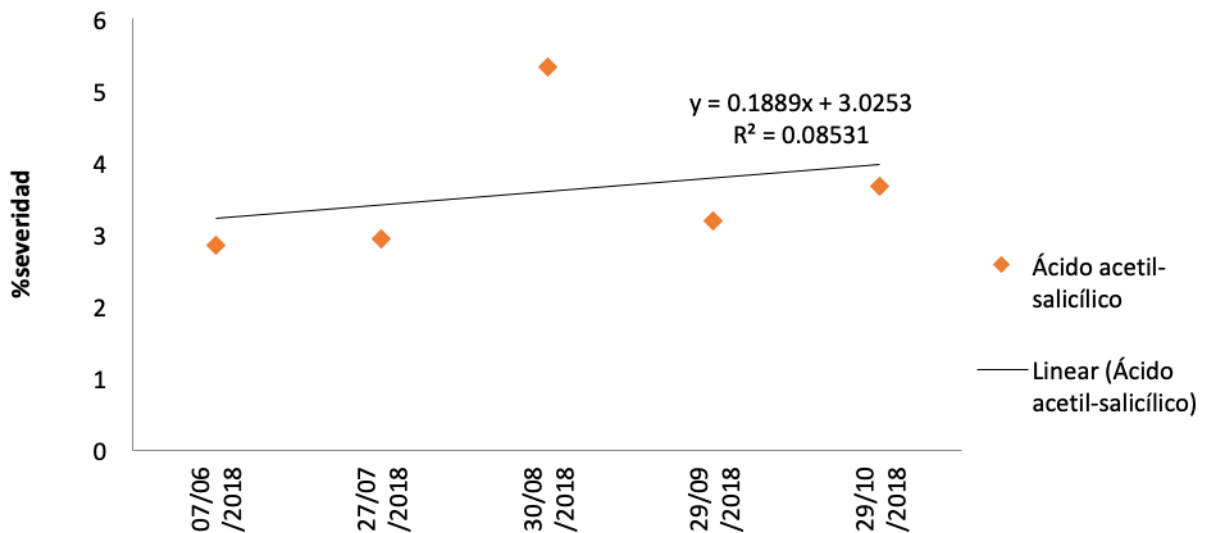
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 32A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de testigo; incidencia de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



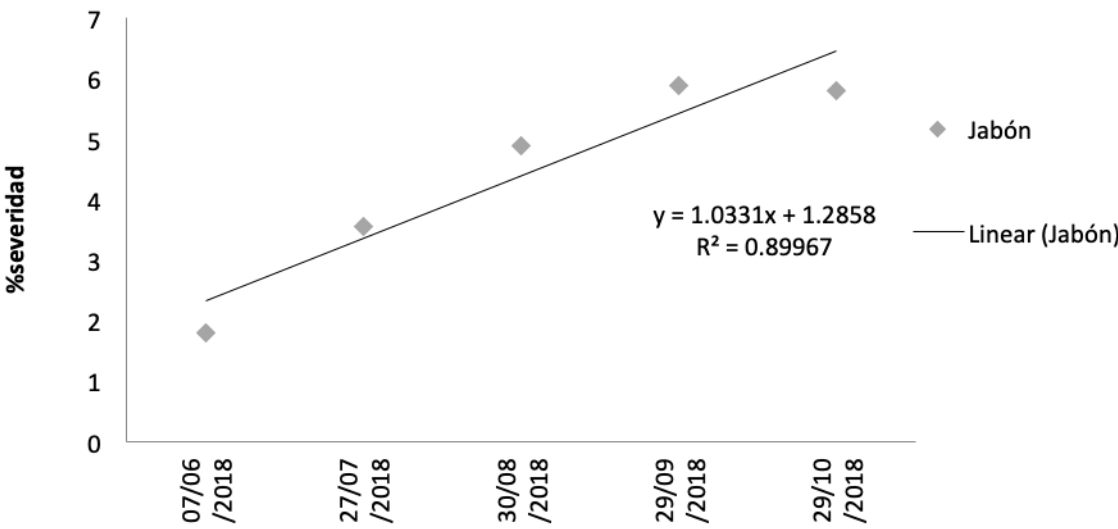
Fuente: elaboración propia, 2019

Figura 33A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de bicarbonato de Sodio; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



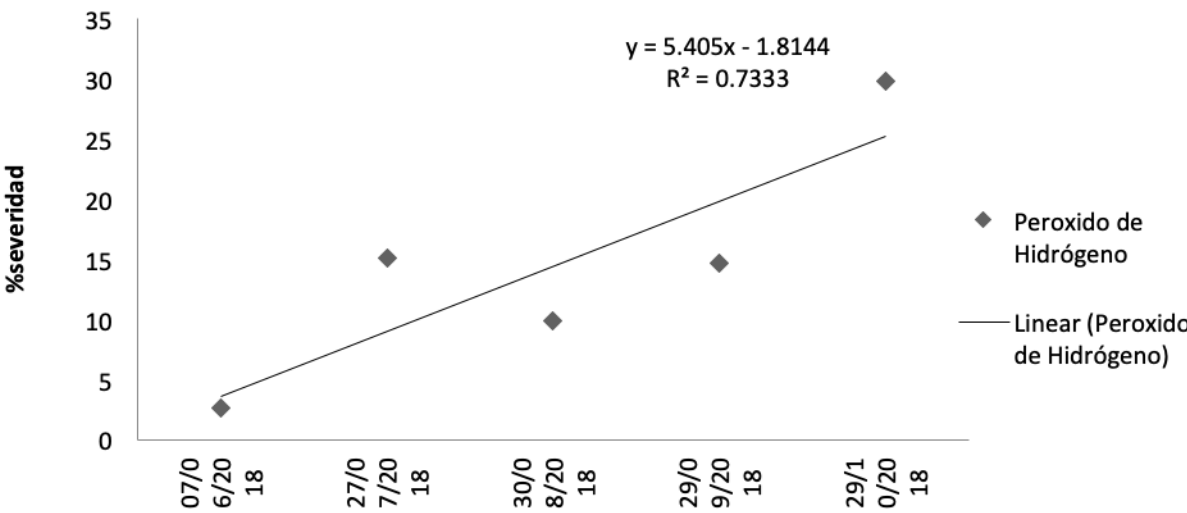
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 34A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de ácido acetilsalicílico; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



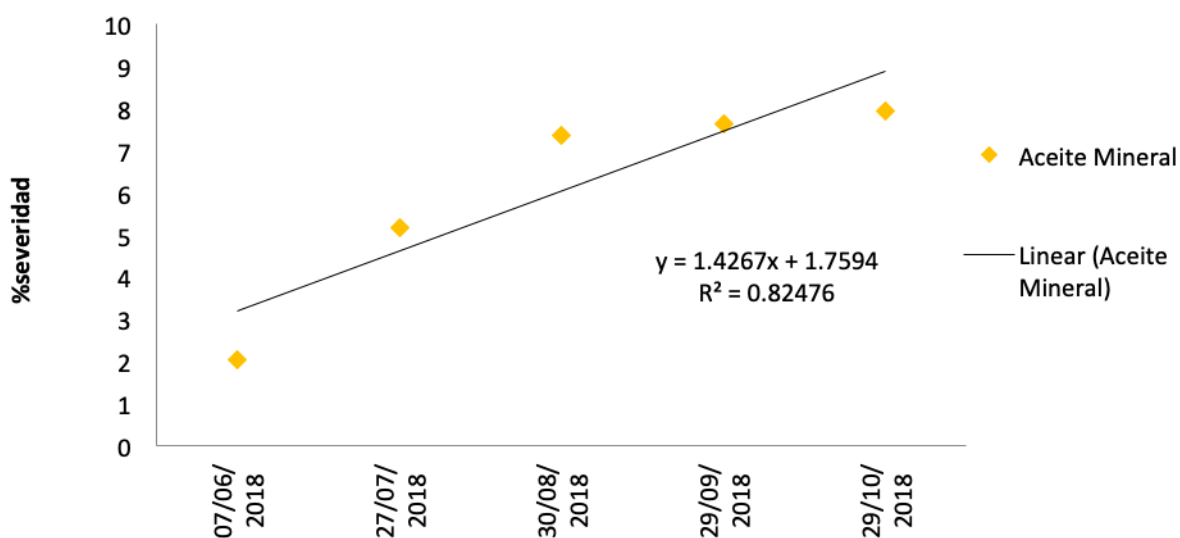
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 35A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de jabón de coche; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.



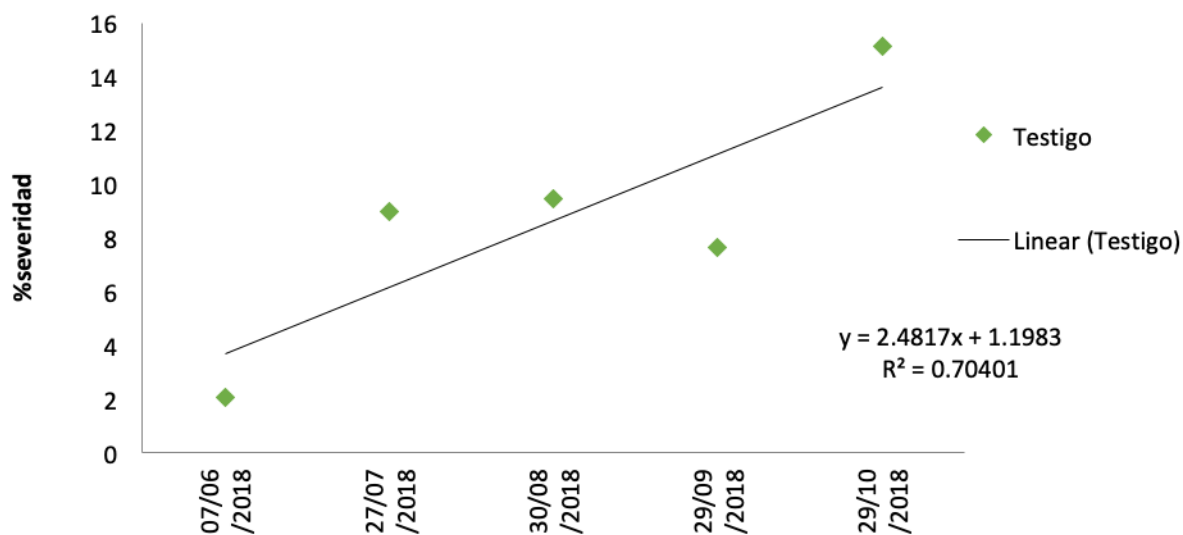
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 36A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de peróxido de hidrógeno; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 37A. Linealización de la epidemia en el tratamiento aceite mineral; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio - octubre del 2018.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 38A. Linealización de la epidemia en el tratamiento de testigo; severidad de roya en cafetales de San José Poaquil, Chimaltenango, junio – octubre del 2018.

Cuadro 19A. Costo de aplicación por tratamiento.

Tratamiento	Dosis por 0.22 Ha.	Costo unitario (Q.)	Presentación	Medida	Costo por 0.22 ha (1 aplicación) (Q.)	Costo por 0.22 ha (ciclo productivo) (Q.)
Bicarbonato de sodio	0.5	10	0.45	kg	11	111
Agua oxigenada	4.8	15	1	litro	72	720
Aspirina	0.06	3	0.003	kg	60	600
Aceite mineral	0.16	15	0.03	litro	80	800
Jabón de coche	0.32	10	0.45	kg	7	71
Testigo	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia, 2019.

Cuadro 20A. Costos variables de producción.

Tratamiento	Costo variable (Q.)
T1 Bicarbonato de sodio	861.00
T2 Peróxido de hidrógeno	1470.00
T3 Ácido acetilsalicílico	1,350.00
T4 Aceite mineral	1,550.00
T5 Jabón de coche	821.00
Testigo	750.00

Fuente: elaboración propia, 2019.



CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el período del Ejercicio Profesional Supervisado, se brindaron dos servicios en la zona 5 del municipio de San José Poaquil, Chimaltenango. Luego de realizar el diagnóstico, y tomando en cuenta las necesidades de los pobladores, se tuvo como objetivo principal brindar apoyo y contribuir con el desarrollo de la comunidad y sus habitantes.

La zona 5 y en el municipio en general, cuentan con una deficiencia en el tratamiento y recolección de desechos sólidos y orgánicos. Muchos de estos desechos son tirados, incinerados o enterrados en los patios de los hogares provocando problemas a corto plazo a la comunidad.

Para aprovechar las cualidades de los desechos orgánicos que se producen diariamente en estas casas y ofrecer una fuente de fertilizante orgánico a los habitantes, se planteó la implementación de lombricomposteras con un grupo organizado de mujeres perteneciente a dicha zona.

A su vez, el municipio cuenta con uno de los peores índices de pobreza e inseguridad alimentaria a nivel departamental, lo que provoca que el desarrollo y crecimiento de éste se vea afectado por las tasas de desnutrición que existen en sus pobladores. Al realizar un huerto comunitario en conjunto con mujeres originarias de la zona, se pretendió aumentar el acceso, disponibilidad, la calidad y cantidad de alimentos para las familias.

A continuación, se presentan los objetivos, las metodologías implementadas y los resultados obtenidos al realizar estos dos servicios en esta zona del casco urbano del municipio.

2. SERVICIO 1. IMPLEMENTACIÓN DE LOMBRICOMPOSTERAS CON GRUPO DE MUJERES “AROMA DE CAFÉ”, EN ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO

2.1 INTRODUCCIÓN

Durante la ejecución del diagnóstico, se hizo evidente la precariedad del servicio de extracción de basura en esta zona del municipio; las familias queman, entierran o tiran los desechos orgánicos e inorgánicos a sus patios, creando un foco de enfermedades y plagas que afectan a la comunidad a corto plazo. A su vez, un porcentaje de estas familias utilizan los desechos orgánicos como “abono” para sus cafetales, sin embargo, estos desechos no atraviesan un proceso de descomposición o compostaje adecuados, por tanto, estos desechos no pueden brindar al cafetal todos los potenciales nutrientes que podrían atribuir al ser manejados adecuadamente.

Según el Grupo de Acción para el Medio Ambiente (GRAMA, 2014): aproximadamente del 100 % de los desechos que se producen en los hogares, del 40 % al 50 % son residuos orgánicos, estos residuos se pueden aprovechar ampliamente utilizándolos de una manera inteligente.

A partir de la escasez de recursos económicos para adquirir fertilizantes químicos, la necesidad de fertilizar los cafetales y reducir la cantidad de residuos orgánicos que generan los hogares, se decidió implementar composteras o lombricomposteras en botes plásticos para crear un nuevo recurso para la comunidad.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo general

Implementar lombricomposteras con el grupo de mujeres “Aroma de Café”, para dar a conocer; en servicio, la elaboración y uso de fertilizantes orgánicos en zona 5 del municipio de San José Poaquil, Chimaltenango.

2.2.2 Objetivos específicos

1. Transferir el conocimiento sobre: colección, tratamiento y uso de desechos orgánicos producidos en los hogares.
2. Capacitar al grupo de mujeres en la elaboración de lombricompostera para producción de abono orgánico con el propósito de fertilizar los cafetales de traspatio de las beneficiarias.

2.3 Metodología

El proyecto se llevó a cabo en la zona 5 del municipio de San José Poaquil con el grupo de mujeres “Aroma de Café”.

Luego de realizado el diagnóstico, se determinó que el proyecto a ejecutar sería la implementación de lombricomposteras en los hogares de las integrantes del grupo anteriormente mencionado.

Para informar a la líder e integrantes del grupo, se efectuó una reunión, en la cual se hizo una presentación para exponer el proyecto y los beneficios que traería éste a sus hogares; el objetivo de la reunión era contabilizar el porcentaje de las mujeres a participar e informar el compromiso que asumirían al obtener este beneficio.

En conjunto con el grupo de mujeres, se construyó la lombricompostera y se le agregaron los elementos necesarios para su óptimo funcionamiento (figura 52A, anexos).

Después de tres meses de entregadas las lombricomposteras, se realizó una visita a los hogares de las beneficiarias para verificar uso y comportamiento de la compostera a partir de una matriz previamente elaborada. Al finalizar ésta, se proporcionaron indicaciones a las beneficiarias del manejo de las composteras y observaciones para optimizar su uso (figura 41).

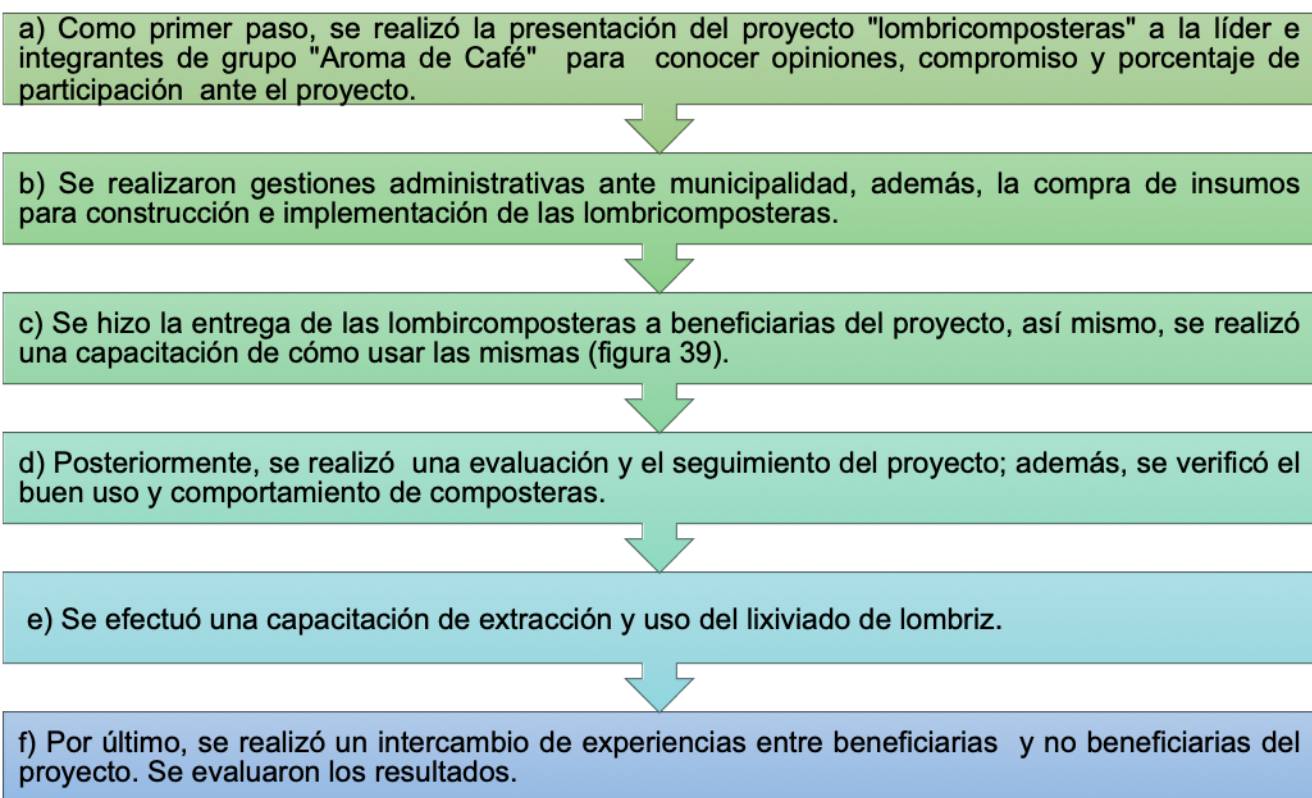
Para terminar el proyecto, se realizó una práctica de campesino a campesino tres meses después de la primera evaluación. Esta actividad consistió en el intercambio de opiniones y experiencias de beneficiarias; esto con la finalidad de compartir los conocimientos adquiridos de las participantes a las mujeres que no participaron en el proyecto (figura 48A, anexos).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 39. Construcción y entrega de lombricomposteras a beneficiarias.

En la figura 40, se detalla la metodología utilizada en campo para la introducción de lombricomposteras al área mediante un flujograma.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 40. Metodología de introducción de lombricomposteras.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 41. Visita a hogares de beneficiarias.

2.4 Resultados

Durante la primera reunión realizada con las integrantes del grupo Aroma de Café, se obtuvieron datos de participación; un 60 % de las mujeres decidieron participar en el proyecto y obtuvieron la compostera para adquirir una fuente de abono orgánico. En el cuadro 21 se detallan los datos de las beneficiarias.

Cuadro 21. Nombre de integrantes del grupo “Aroma de Café” de la zona 5.

No.	Nombre	Beneficiaria del proyecto
1	Julia Sanic Cutzal	Sí
2	Martina Quina Chutá	Sí
3	Vicenta Ortiz Cún	Sí
4	María Ofeliia López	Sí
5	Clara Ortiz Quiná	Sí
6	Vilma Azucena Chalí	No
7	Yohana Sisimit	Sí
8	Albrtina Oxi Curruchiche	No
9	Estela Maxia Cumes	No
10	Emiliana Lópwz Ortiz	No
11	Paula López Samol	Sí
12	María Santos López	No
13	Alba Violeta Cutzal	Sí
14	Maria Rosa Mendez	Sí
15	Marta Lidia Gabriel López	No

Durante el proceso de seguimiento y evaluación, se observó la cantidad de agua agregada, cantidad de desechos orgánicos agregados, el funcionamiento y cuidado que se brindaba. Un 22 % de las beneficiarias redujo la cantidad de agua y desechos agregados, lo que provocó una disminución en la descomposición y producción de composta.

El resto de las mujeres, un 78 %, continuó con el uso correcto de la lombricompostera, en éstas se observó el inicio de la descomposición y pequeñas cantidades de lixiviado de

lombriz en los contenedores. El lixiviado de lombriz y la composta se observa en la figura 42.



Figura 42. Lixiviado y composta de lombriz.

En la evaluación final se observó que un 67 % de las beneficiarias obtuvieron resultados satisfactorios en la producción de composta y lixiviado de lombriz; el material estaba en un 100 % descompuesto y las lombrices se encontraban en buen estado.

Se obtuvo por lombricompostera en promedio 500 ml de lixiviado de lombriz a los seis meses de producción.

El 33 % de las beneficiarias no continuaron con las labores del mantenimiento de la compostera, lo que ocasionó la muerte de las lombrices.

Durante el intercambio de experiencias, que se muestra en la figura 43, tanto las beneficiarias, como las no beneficiarias del proyecto discutieron las ventajas y desventajas del compostaje en recipientes plásticos en su idioma natal, kaqchikel, por lo que no se pudo recolectar mayor información por desconocimiento del idioma.



Figura 43. Intercambio de experiencias.

2.5 Evaluación

Para la evaluación se creó una matriz de seguimiento con parámetros para identificar el funcionamiento de la lombicompostera y el manejo que las propietarias le prestaban a la misma. La matriz se puede observar, en anexos, en la figura 51A.

2.6 Conclusiones

1. Se redujo considerablemente la cantidad de desechos orgánicos producidos en los hogares de las mujeres, aprovechando así los beneficios que se pueden obtener al someterlos a un proceso de compostaje.
2. Se fomentó la separación de desechos sólidos y orgánicos, disminuyendo la cantidad de desechos orgánicos desaprovechados.

2.7 Recomendaciones

1. Realizar mayor cantidad de visitas a los beneficiarios para asegurar que un 100 % de ellos obtengan resultados satisfactorios en la implementación de lombricomposteras.

3. SERVICIO 2: EJECUCIÓN DE HUERTO COMUNITARIO CON HABITANTES DE LA ZONA 5 DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ POAQUIL, CHIMALTENANGO

3.1 INTRODUCCIÓN

El municipio de San José Poaquil a nivel departamental es el segundo con el índice más alto de pobreza extrema y se encuentra también en el sexto lugar de vulnerabilidad nutricional, además, 31 de sus comunidades están categorizadas según el índice de riesgo de inseguridad alimentaria y nutricional en un rango de alto riesgo y muy alto riesgo, según un estudio realizado por INSAN para el plan de desarrollo municipal elaborado por SEGEPLAN en el año 2010.

La zona 5 del casco urbano del municipio es indudablemente la que menos desarrollo y crecimiento tiene de todas las zonas del municipio, los índices de inseguridad alimentaria se hacen notar en la población por la escasez de recursos y la poca disponibilidad y acceso a alimentos que tienen las familias en este lugar.

Se planteó la ejecución de un huerto comunitario en la zona 5 del municipio, para contribuir con el desarrollo de la población, además, aumentar el acceso, disponibilidad, la calidad y cantidad de alimentos que poseen los pobladores.

Establecer un huerto comunitario trae consigo una serie de beneficios, tales como contar con variedad de alimentos durante todo el año, fortalecimiento de los lazos que existen entre los habitantes, producción de una manera sana y segura hasta llegar a la comercialización de las cosechas (FAO, 2005).

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 Objetivo general

Ejecutar un huerto comunitario con mujeres habitantes del municipio de San José Poaquil para contribuir con el desarrollo de la población.

3.2.2 Objetivos Específicos

1. Facilitar acceso a alimento a familias beneficiarias del huerto comunitario.
2. Dar a conocer los beneficios de la asociación y rotación de cultivos en la comunidad.

3.3 Metodología

El proyecto se llevó a cabo en el vivero comunal de café que posee la zona 5 del municipio. Para aprovechar el espacio disponible y las aptas condiciones que posee éste, se concluyó con el grupo de mujeres que era idóneo establecer allí un huerto comunitario. La metodología utilizada se describe a continuación.

Para dar a conocer lo que conlleva un huerto comunitario, se impartió una charla a las participantes de las tareas que implica establecer uno, y los beneficios que obtendrían si todas lo realizaban de la manera correcta. Además, durante el proceso se dieron diversas capacitaciones para enriquecer los conocimientos de las beneficiarias, los temas impartidos fueron: “la asociación de cultivos”, “uso de insecticidas orgánicos y su elaboración (extracto alcohólico de ajo, cebolla y chile)” y “la importancia de la rotación de cultivos”. En la figura 44 se observa una de las charlas impartidas a las beneficiarias.

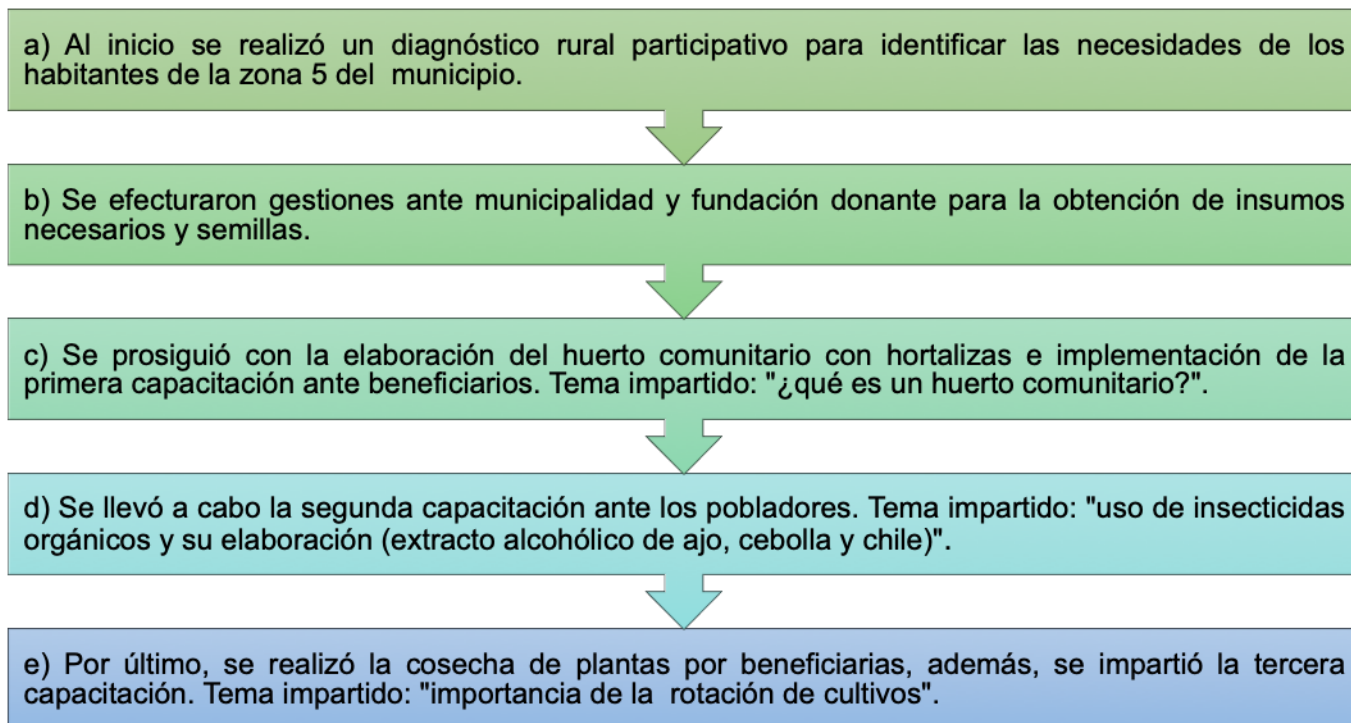
Para el huerto se contó con un área de 25 m², que fue dividida en 8 tablones, en los cuales se sembró rábano, espinaca, repollo, cebolla, brócoli, perejil, acelga, zanahoria, remolacha y colinabo. La siembra, el manejo y la cosecha se llevaron a cabo por las mujeres beneficiarias del proyecto con ayuda de la epesista. La preparación del terreno se observa, en anexos, en la figura 50A.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 44. Charla “la importancia de rotación de cultivos”.

En la figura 45, se detalla la metodología utilizada, mediante un flujograma.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 45. Metodología implementada para elaboración de huerto urbano.

En la figura 46 se muestra la siembra realizada por las beneficiarias y la impartición de una de las charlas planificadas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 46. Ejecución de la metodología.

3.4 Resultados

Por parte de la institución donante se obtuvo semilla suficiente para realizar la resiembra del año siguiente de los cultivos de rábano, espinaca, zanahoria, brócoli, acelga, perejil, remolacha y repollo. Así mismo, se adquirieron pilones de cebolla, y se obtuvo semilla de colinabo o “kulix” por parte de las beneficiarias.

La implementación del huerto comunitario tuvo resultado satisfactorio en cuanto al manejo; se fertilizó con abono orgánico y se regó abundantemente durante todo el proceso.

Las beneficiarias, luego de un análisis, decidieron sustituir la espinaca y la acelga por colinabo o kulix, ya que argumentaron que preferían ésta para su alimentación.

La cosecha fue realizada según el ciclo de cada cultivo, cada beneficiaria obtuvo una parte de la cosecha (figura 49A, anexos).

En la figura 47 se muestra parte del huerto comunitario implementado.



Figura 47. Huerto comunitario.

3.5 Evaluación

Se evaluaron las condiciones del terreno antes de iniciar con el huerto comunitario: a) su disponibilidad de agua, b) cercanía a hogares de las beneficiarias, c) fácil acceso para beneficiarias, d) cantidad de sombra y e) el área con la que se contaba.

3.6 Conclusiones

1. La sustitución de espinacas y acelgas en el huerto comunitario por colinabo o “kulix”, benefició en mayor proporción a las mujeres, ya que ésta es una planta que se consume desde tiempos ancestrales, lo que provoca confianza en el momento de cocinarla y comerla.
2. La asociación de cultivos tuvo como resultado un mejor aprovechamiento del espacio disponible, además, disminuyó la cantidad de plagas en el huerto comunitario.

3.7 Recomendaciones

1. Indagar con beneficiarios qué semillas posee la comunidad para incluirlas en el huerto que se desea implementar.

4. BIBLIOGRAFÍAS

1. Grupo de Acción para el Medio Ambiente (GRAMA). (2014). *Manual de Vermicompostaje*. Recuperado de [https://www.asociaciongrama.org/documentacion/manuales/Manual Vermicompostaje GRAMA.pdf](https://www.asociaciongrama.org/documentacion/manuales/ManualVermicompostajeGRAMA.pdf)
2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia (FAO). (2005). *Huerto Familiar Integrado*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/at761s.pdf>
3. Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala (SEGEPLAN). (2010). *Plan de Desarrollo San José Poaquil, Chimaltenango*. Guatemala: SEGEPLAN.

5. ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 48A. Exposición de beneficiaria en intercambio de experiencias.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 49A. Cosecha de rábanos por beneficiarias.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 50A. Preparación del terreno para huerto comunitario.

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Agronomía
Ejercicio Profesional Supervisado – EPS –

Matriz para supervisión y seguimiento de Composteras

Nombre beneficiaria: _____ Fecha: _____
Tiempo de uso: _____
Nombre supervisor: _____

Objetivo: evaluar el estado físico, uso y mantenimiento de composteras caseras establecidas en zona 5 de San José Poaquil.

Instrucciones: Seleccionar un ítem (bueno, malo, debe mejorar) según criterio de supervisor.

Aspecto a evaluar	Bueno	Malo	Debe mejorar
Estado de físico de compostera			
Humedad de materia orgánica			
Cantidad de lombrices			
Estado de lombrices			
Cantidad de desechos orgánicos agregado			

Con que frecuencia agrega desechos orgánicos _____

Con que frecuencia agrega agua a la compostera _____

Ha observado insectos presentes en su compostera _____

Última vez que se agregó desechos orgánicos _____

Descomposición Óptima ☐ Buena ☐ Deficiente ☐

OBSERVACIONES

Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 51A. Preparación del terreno para huerto comunitario.

1



Para la construcción de una lombricompostera se necesitan de dos botes plásticos y una tapadera.

2



Al bote 1, donde se recolectan los desechos sólidos, se hacen agujeros en la parte inferior del recipiente para dejar pasar lixiviado de lombriz.

3



Al bote 2, donde se recolecta el lixiviado de lombriz, se le hace un agujero 5 cm arriba de la base del recipiente. Este agujero servirá para recolectar el lixiviado.

4



Se le coloca al agujero en el bote 2 una tapadera. Ésta puede ser fabricada con la tapadera de una botella plástica de agua pura.

5



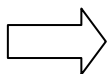
Al igual que al bote 1, a la tapadera de la lombricompostera se le hacen agujeros.

6



Se unen las 3 partes, el bote 1 el bote 2 y la tapadera.

7



A partir del paso 6, ya se puede agregar la materia orgánica y las lombrices en el bote 1.

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 52A. Construcción de lombricompostera casera.