

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a red and white robe, holding a staff, standing on a white horse. The background is a landscape with green hills and a blue sky. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER CÆTERAS CRIBIS CONSPICUA CAROLINA" in a serif font.

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ
–ANACAFE–, EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ
CAUSADA POR *Hemileia vastatrix* Berk & Br. EN CUATRO DEPARTAMENTOS DE
GUATEMALA, C.A.

CRISTIAN JOSÉ MACHUCA GALINDO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ
–ANACAFE–, EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ
CAUSADA POR *Hemileia vastatrix* Berk & Br. EN CUATRO DEPARTAMENTOS DE
GUATEMALA, C.A.

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

POR
CRISTIAN JOSÉ MACHUCA GALINDO
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

DR. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO EN FUNCIONES	Dr. Tomas Antonio Padilla Cambara
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomas Antonio Padilla Cambara
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Msc. César Linneo García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	P. Agr. José Benjamín Boche López
VOCAL QUINTO	MEh. Rut Raquel Curruchich Cumez
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardon

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015

Guatemala, agosto de 2015

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 TRABAJO DE GRADUACIÓN REALIZADO EN LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ –ANACAFE-, EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ CAUSADA POR *Hemileia vastatrix* Berk & Br. EN CUATRO DEPARTAMENTOS DE GUATEMALA, C.A. como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Cristian José Machuca Galindo

TRABAJO DE GRADUACIÓN Y ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Supremo creador de los cielos y la tierra, por ayudarme a culminar mi carrera universitaria.

A MI MADRE: Mebal Oralia Galindo Jordán Q.E.P.D.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a ANACAFE, quien por medio del Centro de Investigaciones en Café, apoya el desarrollo tecnológico de la caficultura del país:

Ph.D. Francisco Anzueto, Coordinador del Centro de Investigaciones en Café.

Ing. Humberto Jiménez García, Jefe del Laboratorio de Suelos, Plantas y Aguas.

Ing. Agr. Luis Moisés Peñate Munguía, amigo mío.

Por su valiosa colaboración en el diseño y ejecución de lo contenido en el presente documento:

Ing. Agr. Hermogenes Castillo, Supervisor – Asesor del Ejercicio de Profesional Supervisado, FAUSAC.

Ph. D. Edin Orozco Miranda, Asesor de investigación.

Al área Integrada y Subárea de Ejercicio Profesional Supervisado - EPSA – quienes tienen la noble labor de dar una primera oportunidad para el desarrollo profesional a todos los estudiantes de la FAUSAC.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	vii
CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO DE LA FINCA “ARGELIA”, MUNICIPIO DE GUATEMALA LAS TAPIAS, ZONA 18, GUATEMALA C.A.	
1.1 PRESENTACIÓN.....	2
1.2 MARCO TEÓRICO.....	3
1.2.1 MARCO REFERENCIAL	3
a) PRODUCCIÓN DE CAFÉ	3
1.3 OBJETIVOS.....	5
GENERAL.....	5
ESPECÍFICOS.....	5
1.4 METODOLOGÍA	6
1.4.1 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA.....	6
1.4.2 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	7
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
1.5.1 DIAGNÓSTICO DE CONDICIONES FITOSANITARIAS DEL CULTIVO DE CAFÉ.....	8
1.5.2 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE CAFÉ.....	8
1.5.3 INFORMACIÓN GENERAL	10
1.5.4 MANEJO ADMINISTRATIVO	10
1.5.5 MANEJO AGRONÓMICO SEMILLEROS Y ALMÁCIGOS	11
1.5.6 ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES FITOSANITARIAS DEL CULTIVO DE CAFÉ.....	11
1.6 CONCLUSIONES.....	13
1.7 BIBLIOGRAFÍA	13

CONTENIDO	PÁGINA
CAPÍTULO II	
EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO DE LA ROYA DEL CAFETO CAUSADA POR <i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br. EN LOS DEPARTAMENTOS DE SACATEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, SAN MARCOS Y GUATEMALA C.A.	
2.1 PRESENTACIÓN.....	15
2.2 MARCO TEÓRICO.....	16
2.2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	16
LA ROYA DEL CAFÉ.....	19
2.2.2 MARCO REFERENCIAL	23
2.3 OBJETIVOS.....	25
GENERAL.....	25
ESPECÍFICOS.....	25
2.4 METODOLOGÍA	26
2.4.1 VARIEDADES DE CAFÉ	26
2.4.2 CALENDARIZACIÓN DE APLICACIONES	26
2.4.3 PROGRAMAS EVALUADOS.....	27
2.4.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO	28
2.4.5 CUANTIFICACIÓN DE LA ROYA DEL CAFETO	29
2.4.6 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA	29
2.4.7 ANÁLISIS DEL ÁREA FOLIAR ENFERMA EN EL LABORATORIO	29
2.4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	30
2.4.9 ANÁLISIS DE LA DEFOLIACIÓN CAUSADO POR LA ROYA DEL CAFÉ.....	30
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
2.5.1 EVALUACIÓN DE DOS PROGRAMAS DE APLICACIONES ALTERNANDO PRODUCTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS Y UTILIZANDO SOLO PRODUCTOS BIOLÓGICOS PARA EL MANEJO DE LA ROYA EN PARCELAS DE CAFÉ	31
2.5.2 CUANTIFICACIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA DEL CAFÉ	36
2.5.3 ANÁLISIS DEL ÁREA FOLIAR ENFERMA	41

CONTENIDO	PÁGINA
2.5.4 ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE ROYA DEL CAFÉ (ABCPE)	48
2.5.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA.....	49
2.5.6 ANÁLISIS DE LA DEFOLIACIÓN CAUSADO POR LA ROYA DEL CAFÉ.....	49
2.5.7 CURVAS DE RELACIÓN DE HOJAS SANAS Y HOJAS ENFERMAS CON ROYA.....	51
2.6 CONCLUSIONES.....	56
2.7 RECOMENDACIONES	57
2.8 BIBLIOGRAFÍA	58
2.9 ANEXOS	60
 CAPÍTULO III	
SERVICIOS PRESTADOS EN LA FINCA "ARGELIA ", MUNICIPIO DE GUATEMALA LAS TAPIAS, ZONA 18, GUATEMALA C.A.	
3.1 PRESENTACIÓN	63
3.2 CARACTERIZACION FITOSANITARIA EN LA FINCA "ARGELIA",	64
3.2.1 OBJETIVOS.....	64
3.2.2 METODOLOGÍA.....	65
3.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
3.2.4 ANALISIS FITOPATOLÓGICO.....	67
3.2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRINCIPALES COMPONENTES FITOPATOLÓGICOS	68
3.2.6 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLAGAS FOLIARES.....	69
3.2.7 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLAGAS DE RAÍCES	78
3.2.8 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN EDAFOLÓGICA.....	80
3.2.9 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PENDIENTE	82
3.2.10 PLAN DE MANEJO FITOSANITARIO	83
3.2.11 PLAN DE MANEJO DE TEJIDOS	84
3.3 CONCLUSIONES.....	86
3.4 RECOMENDACIONES	87

3.5 EVALUACIÓN	88
----------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Características climatológicas, coordenadas geográficas, y las zonas de vida según Holdridge de cada unidad experimental, a) Finca Argelia, Zona 18; b) Finca Candelaria, San Juan Alotenago; c) Finca Parraxe, Samayac; d) Finca San Vicente, San Marcos.	23
Cuadro 2. Programación de aplicaciones de productos químicos y biológicos (a); y combinando productos biológicos (b) para el manejo de la roya del café.	27
Cuadro 3. Análisis de Varianza, prueba de Shapiro-Wilks para la variable incidencia de roya del café en la finca Argelia, zona 18, Guatemala.....	32
Cuadro 4. Análisis de Varianza para la variable incidencia de roya del café en la finca Candelaria, San Juan Alotenango.	33
Cuadro 5. Análisis de Varianza y prueba de Tukey para la variable incidencia de roya del café en la finca Parraxe, Samayac, Suchitepéquez.....	34
Cuadro 6. Análisis de Varianza para la variable incidencia de roya del café en la finca San Vicente, La Reforma, San Marcos.	35
Cuadro 7: Valores de área bajo la curva la roya del café, según localidad y programa de manejo evaluado, para la variable incidencia de enfermedad, obtenida utilizando dos metodologías (Trapecio y Simpson).	48
Cuadro 8: Valores de área bajo la curva la roya del café, según localidad y tratamiento, para la variable severidad de enfermedad, obtenida utilizando dos metodologías (Trapecio y Simpson).....	48
Cuadro 9 Índice de dispersión de Morisita y Lloyd, proveniente del análisis de datos obtenidos de 3 programas de manejo de roya evaluados en Finca Argelia, Zona 18 Guatemala; Finca Candelaria, San Juan Alotenago; Finca Parraxe, Samayac y Finca San Vicente, San Marcos.....	61
Cuadro 10: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.	66
Cuadro 11: Matriz de inter relaciones entre lotes de la finca Argelia y las principales plagas presentes. Remarcados en amarillo, datos altos en sus respectivas categorías.	67
Cuadro 12: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.	70
Cuadro 13: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	71
Cuadro 14: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	72
Cuadro 15: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	73
Cuadro 16: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	74
Cuadro 17: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	75

Cuadro 18: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	76
Cuadro 19: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	77
Cuadro 20: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	79
Cuadro 21: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	81
Cuadro 22: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	82
Cuadro 23: Programación de aplicaciones de productos químicos y biológicos para el manejo de la roya del café.....	84

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1 Lesiones en hojas de café, provocados por el patógeno <i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br.....	12
Figura 2: Muestreo de raíces para la detección de plagas del suelo.....	12
Figura 3. Escala diagramática (Kushalappa A.C. y Chaves. G.M 1980).	30
Figura 4. Curvas de progreso de roya del café en tres programas de manejo y severidad de roya en cada programa.....	39
Figura 5. Frecuencia de clases de severidad de roya según escala utilizada para la evaluación de programa de manejo y localidad.	41
FIGURA	PÁGINA
Figura 6. Severidad de roya observada en hojas de café en cuatro lecturas(L), correspondiente a la finca Argelia, zona 18.	44
Figura 7. Severidad de roya observada en hojas de café en cuatro lecturas (L), finca Candelaria, San Juan Alotenango.	45
Figura 8. Severidad de roya observada en hojas de café en cuatro lecturas (L), en finca Parraxe, Samayac, Suchitepéquez.....	46
Figura 9. Severidad de roya observada en hojas de café en cuatro lecturas(L), en la finca San Vicente, La Reforma, San Marcos.....	47
Figura 10: Curvas de defoliación de café en la evaluación de programas de manejo de la roya del.....	51

Figura 11: Curvas de relación de hojas sanas y enfermas con roya en Finca Argelia, Zona 18,.....	52
Figura 12: Curvas de relación de hojas sanas y enfermas con roya, en el estrato medio y superior de la planta.	53
Figura 13: Curvas de relación de hojas sanas y enfermas con roya, en el estrato medio y superior de la planta..	54
Figura 14: Curvas de relación de hojas sanas y enfermas con roya, en elestrato medio y superior de la planta.	55
Figura 15: Sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.....	66
Figura 16: Gráfico del análisis estadístico de Componentes Principalesde las plagas del café. Finca Argelia,,	68
Figura17: Mapa de distribución espacial del comportamiento de la roya del café. Finca Argelia, Guatemala.	69
Figura 18: Mapa de distribución espacial del comportamiento de la phoma.Finca Argelia, Guatemala.....	70
Figura 19: Mapa de distribución espacial del comportamiento de la antracnosis. Finca Argelia, Guatemala.....	71
Figura 20: Mapa de distribución espacial del comportamiento de la mancha de hierro. Finca Argelia, Guatemala.....	72
FIGURA	PÁGINA
Figura 21: Mapa de distribución espacial del comportamiento del ojo de gallo. Finca Argelia, Guatemala.	73
Figura 22: Mapa de distribución espacial del comportamiento del grillo. Finca Argelia, Guatemala.....	74
Figura 23: Mapa de distribución espacial del comportamiento del minador.Finca Argelia, Guatemala.....	75
Figura 24: Mapa de distribución espacial del comportamiento de los ácaros.Finca Argelia, Guatemala.....	77
Figura 25: Mapa de distribución espacial del comportamiento del nematodo.Finca Argelia, Guatemala.....	78

Figura 26: Mapa de distribución espacial del comportamiento del nematodo. Finca Argelia, Guatemala.....	80
Figura 27: Mapa de distribución espacial de la pendiente de la finca Argelia, Guatemala.....	82

RESUMEN

Hemileia vastatrix Berk& Br. es un hongo Basidiomycete causante de la roya del café, principal enfermedad en plantaciones establecidas en áreas húmedas y comprendidas entre 600 a 1,000 metros de altitud en Guatemala. La problemática que presenta la roya del café se agudiza en áreas con altas densidades de siembra, alta carga fructífera, en regiones húmedas y con temperaturas entre 22 y 25 °C.

La presente investigación, el diagnóstico para la generación de información para la planificación de manejo fitosanitario en plantaciones de café junto con los servicios, fue orientada a la evaluación de programas de manejo de la roya del café en fincas de agricultores.

La realización del diagnóstico fitosanitario se realizó en finca Argelia, ubicada en la zona 18, aldea Las Tapias, Guatemala, se determinó el estado fitosanitario de la finca, el avance de enfermedades, comportamiento de plagas, interacción del manejo agronómico proporcionado por la finca, prácticas culturales y efectos de controles químicos y biológicos en el manejo de los problemas fitosanitarios.

En razón de lo anterior, en conjunto con el Laboratorio de Protección Vegetal de ANACAFÉ, se realizó un diagnóstico fitosanitario integral de la finca Argelia. Donde se detalla la información mediante mapas a escala que revelan los puntos estratégicos de presencia y/o ausencia de las plagas y enfermedades más relevantes, tales como: la roya, ojo de gallo, ataque de grillo y minador de la hoja, esto con el objeto de brindar elementos para la toma de decisiones de manera rápida y precisa de la administración de la finca.

Se realizaron aplicaciones de productos químicos y biológicos para el control de *Hemileia vastatrix* en plantaciones de café con agricultores en varias localidades en regiones cafetaleras de Guatemala. Las localidades donde se llevó a cabo el estudio fue en finca Argelia, ubicada en la zona 18, aldea Las Tapias, Guatemala; finca La Candelaria, está localizada a 4 km al sur del municipio de San Juan Alotenango,

Sacatepéquez; finca Parraxé, unidad productiva ubicada a 2 km del municipio de Samayac, Suchitepéquez y finca San Vicente, jurisdicción del municipio de La Reforma, San Marcos.

En el ensayo se establecieron tres parcelas de 8 surcos con 24 plantas, donde se aplicaron los fungicidas en el follaje de las plantas, para cada programa de manejo de la roya del café evaluado. Los fungicidas contemplados en los programas fueron: programa 1) fungicida sistémico Cyproconazole, fungicida de contacto caldo visosa, la bacteria *Bacillus subtilis*, lixiviados de lombricompost y esporas del hongo *Trichoderma* sp.; programa 2) un programa a base de productos biológicos y contempló la bacteria *Bacillus subtilis*, lixiviados de lombricompost y esporas del hongo *Trichoderma* sp.; y programa 3) el testigo del agricultor, consistente en aplicaciones de cobre.

La evaluación de campo y cuantificación de la enfermedad en los ensayos duró 7 meses. Se observó diferente efecto en la reducción de la enfermedad en los programas evaluados. El programa donde se utilizó productos químicos y biológicos, fue el más eficiente en reducir la enfermedad en incidencia y severidad. Los valores promedio de incidencia de roya del café para cada programa evaluado por localidad fueron: en la finca Argelia, testigo 32%, biológico 29.24%, combinado 20.31%; Finca La Candelaria, testigo 83%, biológico 80%, combinado 80%; Finca Parraxé, testigo 98%, biológico 93%, combinado 69% y en la Finca San Vicente, testigo 65%, biológico 45%, combinado 39% de incidencia de roya. Estos datos también son comprobados a través de la comparación de área bajo la curva de la enfermedad o de daño, en donde el programa de aplicaciones que combina productos químicos y biológicos también presentó los valores más bajos. A partir de estos resultados, se recomienda a los agricultores el énfasis en el manejo integrado de la enfermedad. Este documento forma parte del Ejercicio Profesional Supervisado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizado en el periodo comprendido de febrero a noviembre de 2011 dentro de la línea de investigaciones de CEDICAFE, 2011, en ANACAFE.

CAPÍTULO I
DIAGNÓSTICO DE LA FINCA “ARGELIA”, MUNICIPIO DE GUATEMALA LAS TAPIAS,
ZONA 18, GUATEMALA C.A.

1.1 PRESENTACION

La finca Argelia se encuentra localizada en las Tapias, zona 18, Guatemala. Se dedica a la producción, procesamiento post cosecha y comercialización de café.

La finca destina 43.92 hectáreas cultivadas con café, las variedades principales son: Caturra, Catuaí, Bourbon y Tequisik, produciendo sus propios almácigos.

Su producción es semi- intensiva y convencional. A raíz de un brote severo de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.), durante el tiempo que ANACAFE se ha vinculado en el desarrollo de la finca y la región, se han podido diagnosticar problemas trascendentes, dentro de los cuales, los principales se han convertido en temas de investigación definidas, siendo éstas relativas a las áreas de: entomología y fitopatología.

ANACAFÉ a través del departamento de protección vegetal se condujo el diagnóstico e investigación con el objetivo de la elaboración de un programa fitosanitario, recomendando la implementación de técnicas y estrategias para el manejo de enfermedades e insectos perjudiciales hacia el cultivo de café.

La realización del diagnóstico en finca Argelia, determinó el estado fitosanitario de la finca, el avance de enfermedades, comportamiento de plagas, interacción del manejo agronómico proporcionado por la finca, prácticas culturales y efectos de controles químicos y biológicos en el control de los problemas fitosanitarios.

1.2 MARCO TEÓRICO

1.2.1 MARCO REFERENCIAL

1.2.1.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA FINCA

Nombre Argelia.

Jurisdicción: Las Tapias, Zona 18, Guatemala.

Área total aproximada: 43.92 Hectáreas.

Precipitación pluvial anual promedio: 1,320 mm.

Altitud: 1,468 msnm.

Geo referenciación:

- Latitud Norte 14° 41" 0.94'
- Longitud Oeste 90° 27" 30.443'

1.2.1.2 OBJETIVOS DE LA FINCA

- Producir café.
- Comercializar el café producido.
- Desarrollar tecnología que mejore la eficacia y eficiencia del proceso productivo en todas sus áreas.

1.2.1.3 ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN ACTUALMENTE EN LA FINCA

En lo relativo a la producción de café, actualmente, en la finca se realizan principalmente las actividades que se describen a continuación.

a) PRODUCCIÓN DE CAFÉ

Para la producción de café se destinan actualmente 43.92 hectáreas de extensión, que se encuentran divididas en 9 lotes, se cuenta con plantaciones de diferentes edades, que van desde plantas sembradas en el año en curso y plantas de hasta nueve años, que actualmente se están recepando.

Debido a las fluctuaciones de precios internacionales la calidad del manejo técnico ha disminuido, por lo tanto el manejo que se le da a la plantación es deficiente.

En cuanto al manejo de plagas y enfermedades, la finca tiene previsto conjuntamente con ANACAFE, realizar un monitoreo constante a lo largo del presente año y analizar las problemáticas fitosanitarias, para comprender su dinámica y así poder integrar su manejo.

b) BENEFICIADO DE CAFÉ

Actualmente, se cuenta con un beneficio húmedo con la capacidad de procesar la cosecha total de la finca según su proceso de corte y consecuentemente la capacidad de procesar en patios de secado.

c) INVESTIGACIÓN

Se desarrollan actualmente temas de investigación, que comprenden el área de manejo integrado de plagas y enfermedades, además de estudios de análisis físico – químicos de suelo.

Es importante mencionar el impacto de unidad productiva sobre la economía para la población local, ya que es fuente de empleo para al menos 30 personas a lo largo del año y para la época de cosecha este número asciende hasta 75 personas.

El sistema del cultivo del café es bastante amigable con el ambiente ya que por sus características provee protección al suelo contra la erosión, provee hábitats para muchas aves, mamíferos, insectos y demás organismos.

1.3 OBJETIVOS

GENERAL

Conocer las condiciones fitosanitarias del cultivo de café (*C. arabica* L.) con el objetivo de generar información acerca de la ubicación de las principales plagas y enfermedades y así una toma de rápida de decisiones en finca Argelia, Guatemala, Guatemala.

ESPECÍFICOS

Analizar las condiciones de manejo agronómico actuales del cultivo de café (*C. arabica* L.) en finca Argelia, Guatemala, Guatemala.

Establecer las condiciones fitosanitarias actuales del cultivo de café en finca Argelia.

Definir medidas de control y mitigación de enfermedades del cultivo de café en finca Argelia.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Para la generación de información primaria, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

1.4.1.1 RECORRIDO DE CAMPO

Consistió en visitar la finca y recorrerla en su totalidad, tanto a pie como en automóvil guiados por personal administrativo de la finca, se observaron las condiciones bajo las que se trabaja actualmente y los resultados que se obtienen a partir de las prácticas de manejo empleadas, también se apreciaron las condiciones topográficas, climatológicas y la biodiversidad de la finca, así como los problemas y puntos de mejora en los diferentes pantes de cultivo.

1.4.1.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO

Consistió en la obtención de fotografías con una cámara digital de las instalaciones y las plantaciones de la finca, en lo pertinente a su diagnóstico, para poder analizar detenidamente fenómenos que se puedan apreciar por un período corto de tiempo, durante los recorridos realizados en la misma (Figura 1 y 2)

1.4.1.3 ENTREVISTAS

Se realizaron de forma directa a 5 trabajadores de campo, por medio de un cuestionamiento referente a que plagas o enfermedades eran las más predominantes dentro de la plantación, así como su ubicación. De esta manera fue más eficiente el recorrido de la finca.

1.4.1.4 MUESTREO FITOSANITARIO DEL ÁREA FOLIAR.

Se dividió la finca en lotes y se tomó de cada lote una parcela representativa del lote evaluado. Cada parcela contó con 5 surcos de 20 plantas cada uno. Se midió la incidencia de los diferentes patógenos encontrados en el área foliar mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Incidencia} = (\# \text{ de hojas enfermas} / \# \text{ de hojas sanas}) * 100$$

1.4.1.5 MUESTREO FITOSANITARIO DEL ÁREA RADICULAR

Se tomó una parcela que fuera representativa del sector evaluado. En cada parcela se evaluó el área radicular de 10 plantas.

% de Incidencia = (# de plantas enfermas / # de plantas sanas) * 100

1.4.2 OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

1.4.2.1 REVISIÓN DE LITERATURA

Consistió en la búsqueda, resumen y análisis de información relativa a la finca en estudio, tanto de aspectos climáticos, topográficos, plagas reportadas, y manejo de cultivo.

1.4.2.2 CONSULTA DE DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

Consistió en la búsqueda, resumen y análisis de información sobre plagas del cultivo de café tanto reportadas como potenciales para Guatemala y específicamente sobre las que se encontraron reportadas en la finca estudiada.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 DIAGNÓSTICO DE CONDICIONES FITOSANITARIAS DEL CULTIVO DE CAFÉ

La unidad productiva del cultivo de café, finca Argelia se encuentra localizada en las Tapias, zona 18, Guatemala.

A través del laboratorio de Protección Vegetal de ANACAFÉ se obtuvo comunicación con el administrador de la finca, acordándose la realización del diagnóstico fitosanitario del cultivo de café, así como la implementación de parcelas de observación y experimentales con objeto de investigación de los comportamientos espaciales y temporales de las principales plagas que perjudican la sanidad del cultivo.

Con mapas generados por el departamento de GIS – ANACAFÉ, realizados para la finca, se georeferenció la finca y se delimitaron los sectores que comprenden la unidad productiva (Figura 16).

Se desarrolló el recorrido dentro de los lotes de café conjuntamente con el encargado de la finca, en el recorrido se ubicaron los lotes de plantas de café donde presentaban problemas fitosanitarios (Figura 16).

1.5.2 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE CAFÉ.

Se recopiló información relacionada al manejo de plagas que realiza la finca, así como al manejo agronómico, cultivo, conservación de suelo y otros.

El marco de plantación del cultivo se encuentra a 2 * 2, por lo que podemos inferir a una densidad de siembra de 1750 plantas por manzana. No se encuentra establecido un distanciamiento de sombra en la finca, se encuentran algunas especies forestales nativas y otras que fueron sembradas hace varios años sin un plan de manejo de sombra.

Especies principales para sombra.

- Grevillea sp.

Especies secundarias para sombra.

- Cuje. (*Inga sp.*)
- Fresno. (*Fraxinus americana L.*)

Sombra.

Debido a que el área que se evaluó posee una extensión de 9 manzanas y diferentes porcentajes de pendiente ubicados en distintos puntos del sector se decidió tomar lecturas en cuatro sitios representativos del área.

Se encontró un porcentaje de sombra en el sector que tiene por nombre “Joya del pino” de **1.85 %**.

Pendiente.

Se tomaron lecturas de pendiente mediante un clinómetro en cuatro sitios representativos del área debido a su variación de pendiente, el sector “Joya del pino” comprende un porcentaje de pendiente de **26.5 %**

Observación fenológica.

La plantación se encuentra en un estado óptimo de la floración, donde en partes de la plantación la floración se ha secado casi por completo y en otros la floración se encuentra en su punto óptimo de apertura.

Observación de manejo.

No hay problemas de malezas; no hay problemas de encharcamiento debido al porcentaje de pendiente que se registra en la finca; se poda la plantación cada 3 surcos; la fertilización es muy baja con 2 a 3 onzas al año; en el sector “Joya del pino” predomina la variedad “Tekisic”; observamos pocas raíces en las plantas que se tomaron muestras para un examen de nematodos; la plantación fue establecida en 1992.

3.1.1 INFORMACIÓN GENERAL

La finca posee 43.92 hectáreas cultivadas con café, según registros de la finca las producciones para el ciclo cafetalero 08/09 fueron de 36,288 kg de café en presentación tipo pergamino y para el ciclo 09/10 fue de 31,752 kg producidos, el tipo de café que se produce es D = duro, el cual se caracteriza por ser un grano grande, compacto, denso y corrugado la hendidura generalmente es cerrada y quebrada o en forma de “zig-zag” ANACAFÉ, 2006.

3.1.2 MANEJO ADMINISTRATIVO

La unidad productiva posee registros de resultados de análisis de suelos y análisis foliares a partir del año 2,005, los análisis son realizados por el laboratorio de suelos de ANACAFÉ. De igual manera se poseen registros de control del proceso de beneficiado, análisis de catación así como registros de la precipitación pluvial. Se tienen identificadas las áreas productivas de la finca, cuenta con mapas generados con el fin de delimitar la finca, se tiene registros de las variedades cultivadas, área en manzanas, cantidad de plantas, año de siembra y uso de suelo, vías de acceso. En la figura a continuación presenta el organigrama general de la finca.

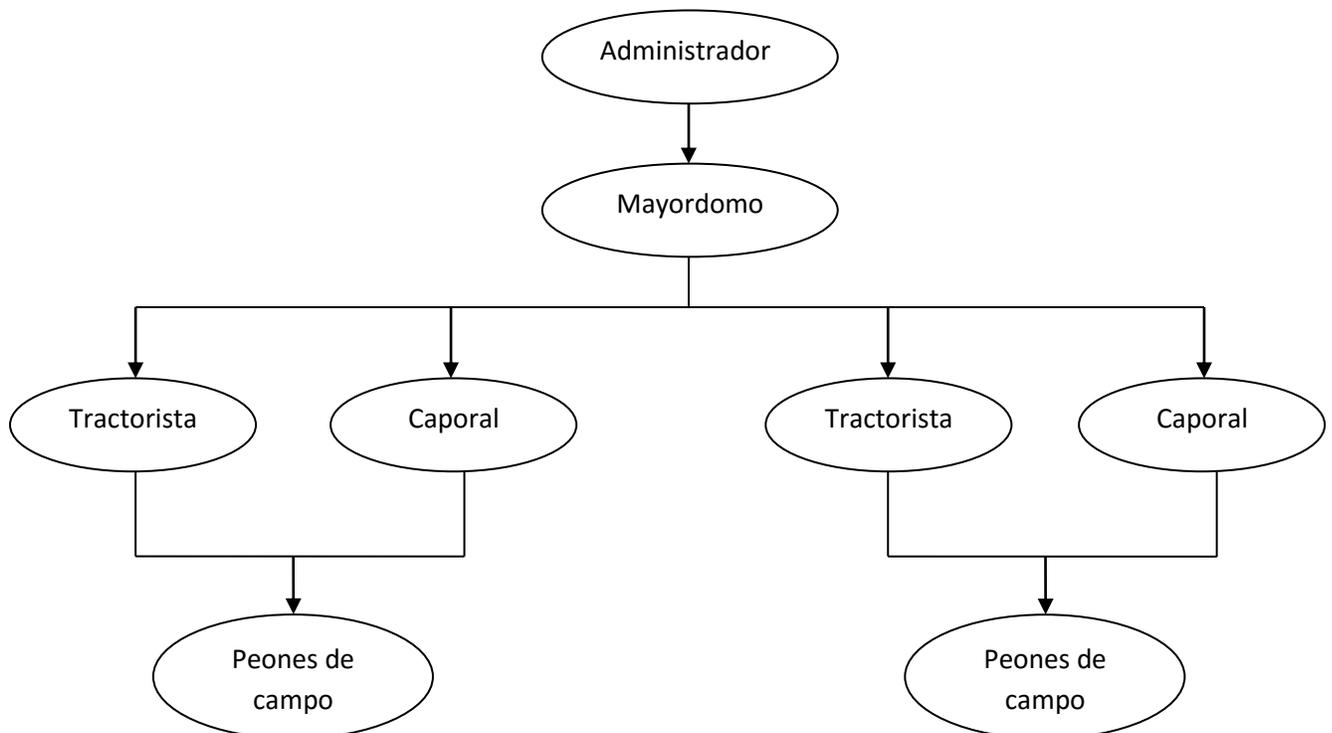


Figura 1. Organigrama general de finca Argelia, Guatemala.

3.1.3 MANEJO AGRONÓMICO SEMILLEROS Y ALMÁCIGOS

El almácigo se encuentra situado a 1,468 msnm con área de 3500 metros cuadrados en topografía plana, se hace uso de bolsas de plástico de color negro con medidas de 6 * 9 pulgadas, la distribución de las bolsas son establecidas en surcos distanciados entre ellos a un metro. Las variedades de café que se encuentran en almácigo son: Bourbon y Catuaí.

Dentro del área de producción de almácigos se observó un lote de 20 plantas con altura promedio de 25 centímetros, a los cuales se les procedió a un desmenuzando para observar características físicas en el sistema radicular donde se observó malformación de raíz pivotante debido a una mala práctica de trasplante, dicha malformación es conocida por los caficultores como “cola de coche”, así como pobre desarrollo de raíces secundarias y raicillas. En el área foliar se observó la presencia de enfermedades como mancha de hierro y lesiones de roya.

3.1.4 ESTABLECIMIENTO DE CONDICIONES FITOSANITARIAS DEL CULTIVO DE CAFÉ.

En el recorrido asistido se identificó los problemas fitosanitarios que poseen relevancia en la unidad productiva del cultivo de café, siendo estos: roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.), phoma (*Phoma* sp.) y mancha de hierro (*Cercospora* sp.). La figura 1 presenta lesiones provocadas por el patógeno *Hemileia vastatrix* Berk & Br.



Figura 2. Lesiones en hojas de café, provocados por el patógeno *Hemileia vastatrix* Berk & Br.

Se realizaron muestreos dirigidos según la sectorización de la finca entre las fechas de 07 de febrero – 11 de marzo abarcando todos los sectores de la finca. En la obtención de muestras representativas se dirigió a plantas amarillentas que indican posibles desbalances causados por plagas, a partir de resultados en fase de campo y laboratorio se determinó porcentajes de incidencia de las principales enfermedades foliares, gallina ciega, cochinillas de la raíz y comportamiento nematológico en 25 gramos de raíz.

Orden:	18 - 1607			
Responsable:	Pablo Figueroa			
Finca:	Argelia			
Localización:	Guatemala, GUATEMALA			
Cultivo:	CAFÉ			
Análisis Nematológico				
No.	Identificación	<i>Pratylenchus sp.</i>	<i>Meloidogyne sp.</i>	
10616	Lote Joya del Pino	535 en 25 gr./raiz	00 en 25 gr./raiz	
10617	Lote La Pastoria	15 en 25 gr./raiz	00 en 25 gr./raiz	
10618	Lote El limonar	503 en 25 gr./raiz	00 en 25 gr./raiz	
10619	Lote Candadillo 2	825 en 25 gr./raiz	00 en 25 gr./raiz	
10620	Lote La Huerta	10 en 25 gr./raiz	00 en 25 gr./raiz	
10621	Lote Chico Dominguez	1045 en 25 gr./raiz	00 en 25 gr./raiz	
10622	Lote La Pilita	930 en 25 gr./raiz	00 en 25 gr./raiz	
10623	Lote El Colmenar	535 en 25 gr./raiz	0 en 25 gr./raiz	

Figura 3. Resultados de análisis nematológico a nivel de laboratorio.

3.2 CONCLUSIONES

Se identificaron los problemas fitosanitarios que poseen mayor relevancia en la unidad productiva del cultivo de café, siendo estos: roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.), phoma (*Phoma* sp.) y mancha de hierro (*Cercospora* sp.).

Implementar como manejo de tejidos podas en bloque, y una programación adecuada de aplicaciones de fungicidas.

Debido a que la enfermedad más relevante de la finca Argelia es la roya, se definieron tratamientos combinados de fungicidas sistémicos, de contacto y biológicos a lo largo del año, profundizados en el capítulo número 2 en este documento.

3.3 BIBLIOGRAFÍA

- ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 213 p.
- CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones de Café, CO). 1995. Descripción de especies y variedades de café. Caldas, Colombia. p. 26.
- Holdridge, L. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO DE LA ROYA DEL CAFETO CAUSADA POR *Hemileia vastatrix* Berk & Br. EN LOS DEPARTAMENTOS DE SACATEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, SAN MARCOS Y GUATEMALA C.A.

CHAPTER II

EVALUATION OF MANAGEMENT PROGRAMS OF THE COFEE RUST CAUSED BY *Hemileia vastatrix* Berk & Br. IN THE DEPARTMENTS OF SACATEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ, SAN MARCOS AND GUATEMALA C.A.

4.1 PRESENTACIÓN

Entre los problemas patológicos del cultivo del café (*Coffea arabica*), la roya del café causada por *Hemileia vastatrix* Berk & Br.es uno de los más importantes en plantaciones ubicadas a 600 a 1,000 m de altitud. La roya del cafeto, se presenta donde existen precipitaciones frecuentes (1,100 – 3,000 mm), alta humedad (70 a 85%) y temperatura favorable (22 - 25 °C), ocasiona defoliación y ello disminuye la productividad (Avelino, 1991).

Ante la problemática que presenta la roya del café para los agricultores, se realizó el presente estudio que contempló la evaluación de programas de manejo de dicha enfermedad. Los ensayos se establecieron en la zona central, sur y occidental de Guatemala. Para ello, se delimitaron parcelas experimentales en cuatro lugares representativos donde se cultiva el café y que presentaban problemas de roya. Se realizaron visitas de campo en las localidades en las parcelas de café con un diseño de parcelas pareadas donde se realizaron las aplicaciones de los tratamientos. Se cuantificó incidencia y severidad de la roya del café en cada parcela correspondiente a los programas evaluados.

Los dos programas de manejo fitosanitario para la roya del café fueron: combinación de productos químicos, biológicos y aspectos agronómicos; biológicos y aspectos agronómicos; comparado con el programa testigo utilizado por el agricultor. Las variables cuantificadas en el campo fueron incidencia y severidad, datos que se utilizaron para realizar análisis temporal, espacial y análisis del área bajo la curva de daño de la roya.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1.1 HISTORIA Y ORIGEN DEL CAFÉ (*Coffea arabica*)

El café tiene su centro de origen en la lejana Abisinia (en la geografía actual Etiopía), en el Nororiente de África. En el mundo sobre salen por su importancia comercial, las variedades de café arábigo y robusta. La primera variedad abarca casi las tres cuartas partes de la producción mundial y se cultiva principalmente en Centro y Sur de América. El cafeto es probablemente originario de la provincia de Kafa, en Etiopía, pero la cuestión no está resuelta completamente (Delgado, 1998).

Pero los grandes propagadores del café fueron los holandeses, que explotaron grandes plantaciones del mismo en sus colonias de Ceilán e Indonesia. Ellos fueron los importadores del cafeto y quienes lo aclimataron en los jardines botánicos de Ámsterdam, Paris y Londres, desde donde pasó a la Guayana holandesa, al Brasil, a Centroamérica y a otros muchos países (Delgado, 1998).

4.2.1.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Las exportaciones del país durante la temporada 2009/2010 fueron menores en comparación a la temporada 2008/2009. Se vendieron al mercado internacional 204, 192,909 kg oro. El ingreso de divisas por exportaciones de café de la temporada 2009/2010 registró un nivel mayor que a la temporada 2008/2009 ya que se captaron 691.3 millones de dólares y 129.7 millones de dólares adicionales arriba de los ingresos percibidos la temporada anterior (ANACAFE, 2011).

4.2.1.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CAFÉ

La planta de café pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Dicotiledónea, sub-clase Asteridae, orden Rubiales, familia Rubiaceae, género *Coffea* y especie *C. arabica* (Leroy, 1980).

4.2.1.4 MORFOLOGÍA DEL CAFÉ

La planta del café tiene un solo eje, en cuyo extremo hay una zona de crecimiento activo que alarga el tallo, formando nudos y entrenudos. Las ramas laterales se alargan y la parte superior del eje vertical continúa creciendo, así, se producen nuevas ramas en diversos ángulos y la planta adquiere forma cónica. El eje central o rama ortotrópica crece verticalmente, solo produce yemas vegetativas. Las ramas laterales o plagiotrópicas, llamadas “bandolas” son las ramas primarias y dan origen a ramas secundarias o de segundo orden, de las que a su vez pueden salir ramillas terciarias. Las ramas secundarias y terciarias, constituyen lo que se conoce como palmilla de café (ANACAFE, 2006).

La cosecha se concentra en el crecimiento nuevo de ramas inferiores y ramas nuevas del ápice, las axilas florales solo producen una vez. Por esta razón la producción anual se incrementa durante los primeros 3 o 5 años, tendiendo luego a disminuir, lo que hace necesario la práctica de la poda o recepa (ICAFE, 1990).

4.2.1.5 VARIEDADES DE CAFÉ COMERCIALES

Bourbón: variedad de *C. arabica* originaria de las islas Reunión, (islas Bourbón). Las variedades Arábigo y Caturra poseen características muy afines a la variedad Bourbón. Son árboles de porte normal alto; la ramificación es menos pendiente y abundante; las hojas son anchas y redondeadas (CENICAFE, 1995).

Catuaí: línea proveniente de la selección de las progenies del cruzamiento entre las variedades de *C. arabica*: Caturra y Mundo Novo, hecho en Brasil y seleccionado por su vigor y porte bajo. Las características externas del árbol son similares a las de caturra, pero es más vigoroso (CENICAFE, 1995).

Villa sarchí: cultivar de porte bajo, originario de Costa Rica, producto de una mutación del cultivar Bourbón, con alta producción y vigoroso. Es una mutación natural del *Coffea arabica*, tal y como sucedió con las variedades Pacas en El Salvador, año 1949 y Caturra en Brasil, 1915.

Caturra: mutante encontrado en Brasil, derivado de la variedad Bourbon. Tiene entrenudos cortos y porte bajo. El ángulo que forman las ramas primarias jóvenes con el tallo principal es menos agudo que el de la variedad Bourbon y tiende a ser semejante a la variedad Catuaí. (CENICAFE, 1995).

Catimor: los árboles de esta introducción son progenies avanzadas de una única planta encontrada en una plantación de *C. arabica* en la isla de Timor (sur de la india). Es un cruzamiento natural entre las especies *C. arabica* y *C. canephora*, seleccionado por su resistencia a las razas de roya conocidas. Tiene características predominantes de *Coffea arabica* con algunas semejanzas al Mundo Novo, aunque se presentan árboles de diferente tipo, debido a su carácter de híbrido inter específico (CENICAFE, 1995).

Pachecolis: es originaria de Mataquescuintla, Jalapa (Guatemala), y fue encontrada dentro de plantaciones de Caturra y Pache Común. Posee frutos rojos de tamaño grande, hojas elípticas onduladas de consistencia áspera. Presenta cierta tolerancia a *Phoma* sp. Planta de porte bajo con entrenudos cortos, con altura de 0.8 – 1.25 m. Se adapta muy bien en altitud de 900 – 1900 m con temperaturas frescas oscilantes entre 20 – 21°C (ANACAFE, 2006).

Principales enfermedades del cultivo de café, estas enfermedades se encuentran en plantaciones en toda la república.

- Cercospora, causada por *Cercosporasp.*
- Mancha de derrite, causada por *Phomasp.*
- Mancha de ascochyta, causada por *Ascochyta*sp.
- Antracnosis, causada por *Colletotrichum gloeosporioides.*
- Ojo de gallo, causada por *Mycena citricolor* Berk. & Curtis.
- Roya, causada por *Hemileia vastatrix* Berk & Br.

LA ROYA DEL CAFÉ

La roya del cafeto, causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. es una de las enfermedades más limitantes de la caficultura mundial (Silva et al., 2006). Se encuentra diseminada en todos los países donde es cultivado el café y puede causar pérdidas de 10% a 40% (Silva et al., 2006). Apareció por primera vez en África Oriental en 1861, pero fue reportada por primera vez aún a principios de 1869 en la isla asiática de Ceilán. La gama de resistencia genética contra este patógeno observada en los cafetales silvestres de Etiopía apoya la hipótesis de que la enfermedad se originó en África. La diseminación hacia América Latina se inició en el territorio de Brasil, donde se detectó por primera vez en 1970. Sobre su introducción a esta región existen dos versiones: i) las uredosporas serían transportadas por los vientos alisios desde el África, ii) introducción accidental a través de material vegetal o ropas contaminadas. Luego, desde Brasil se diseminó a todos los demás países latinoamericanos (Avelino et al., 1991). Se registraron los primeros síntomas de la roya del café en Guatemala en el año 1980 (CEDICAFE, 2010).

Este hongo es un parásito obligado que afecta las hojas de las especies del género *Coffea*, básicamente *C. arabica* (Aguilar, 1995, Avelino et al., 1991) y se multiplica principalmente a través de la uredospora (Avelino et al., 1991). Los primeros síntomas de la enfermedad, que consisten en pequeñas lesiones amarillentas, aparecen alrededor del punto de penetración (envés de las hojas), que con el tiempo se unen y producen las uredosporas de color anaranjado característico; en el haz se observa manchas cloróticas y finalmente las lesiones se vuelven necróticas. La receptividad de las hojas a la roya aumenta en la fase de producción, debido a la desprotección de las hojas por migración de compuestos fenólicos hacia los frutos; además una fuerte intensidad lumínica y temperaturas altas aumentan la receptividad de las hojas. Luego de la penetración, la resistencia genética, el potencial hídrico del suelo, la humedad relativa y la temperatura son factores determinantes de la colonización de la hoja por el hongo. En la zona tropical, el desarrollo epidemiológico del hongo comprende cuatro fases: progreso lento, fase de crecimiento acelerado, infección máxima y descenso. La curva de progreso de la

enfermedad está relacionada a cinco factores principales, la lluvia, la temperatura, la carga fructífera, la época de cosecha y el inóculo residual (Avelino et al., 1991).

La alta incidencia de la enfermedad se debe a la abundancia del inóculo y la rápida diseminación influenciada por los factores ambientales (Aguilar, 1995). La fuerte defoliación causada por la enfermedad se traduce en disminución de la producción. Con un nivel de infección de 68% se han reportado pérdidas de producción de hasta 48%, además, se ha constatado que la roya acentúa el ritmo bianual de la producción (Avelino et al., 1991). El control de esta enfermedad se basa en el uso de técnicas de erradicación y uso de fungicidas, pero una buena alternativa sana y amigable con el medio la constituye el uso de la resistencia genética.

La importancia de la roya radica en que es la enfermedad más devastadora del cultivo de café, por lo tanto desarrollar variedades resistentes a roya, vía mejoramiento genético de plantas, viene siendo un objetivo de alta prioridad en muchos países (Prakash et al., 2004). El cultivo de variedades genéticamente resistentes constituye una estrategia apropiada y efectiva económicamente para el manejo de las enfermedades en el cultivo de café, entre ellas la roya (Silva et al., 2006). Además, porque el género *Coffea* exhibe gran variabilidad en el grado de susceptibilidad a la roya (Aguilar, 1995).

Líneas de Catimores expresan cierto grado de resistencia a la roya del café, por lo que se recomienda recombinar las mejores líneas y enriquecer la base genética a partir de individuos silvestres que se encuentran en la colección del CATIE; asimismo, se han desarrollado variedades Catimores resistentes a roya utilizando como padre donante de resistencia al Híbrido de Timor (Avelino et al., 1991).

4.2.1.6 RECOMENDACIONES DE MANEJO DE LA ROYA DEL CAFÉ

Uso de químicos

- Fungicidas de contacto

Los productos basados en cobre fueron los más estudiados por su bajo costo y porque su efecto había sido comprobado en otras regiones del mundo. A los pocos años de aparecer la roya en El Salvador y en Honduras, se corroboró la eficiencia del oxiclورو, del hidróxido y del óxido de cobre (Bonilla, 1984; Oseguera et al., 1984). Simultáneamente, las dosis y frecuencias de aspersion se fueron afinando.

Con dos aplicaciones de óxido de cobre en junio y agosto se logra una eficacia aceptable contra la roya, con respecto a tres aplicaciones en abril – junio – agosto ó mayo – julio – septiembre (Avelino et al., 1991). Para mayor seguridad, la primera aplicación debería hacerse con un fungicida sistémico para controlar la infección primaria y las que se hayan producido en las hojas jóvenes antes de junio. La segunda aplicación podrá hacerse posteriormente con toda seguridad, con un fungicida a base de cobre, entre 45 días y dos meses después de la primera aplicación (Avelino et al., 1991).

- Fungicidas sistémicos

Además de los fungicidas a base de cobre, también se han investigado diferentes productos sistémicos de acción curativa. Aunque estos productos constituyen una alternativa eficiente para el control de la enfermedad, su alto costo, los ha convertido en productos inaccesibles para la mayoría de productores.

Se ha visto que las aplicaciones de sistémicos, cuando la presión de la infección es baja, dan buenos resultados contra la roya anaranjada. Es muy recomendable utilizar dosis bajas con el fin de reducir el desarrollo de resistencia por parte del patógeno hacia los fungicidas de acción sistémica, por lo cual también resultan aceptables desde el punto de vista económico. El uso de fungicidas sistémicos en esta forma y en alternancia con productos a base de cobre limita los riesgos de seleccionar cepas resistentes y prolonga la vida del producto (Avelino et al., 1991).

El control biológico

- Uso de *Verticillium* sp.

Recientes estudios demostraron que sobre las uredosporas del hongo *H. vastatrix*, se desarrollaba un hongo que llegaba a cubrir con un micelio blanco todo el soro y del que no se conoce su influencia en las posteriores lesiones que se manifiestan en las hojas atacadas por la roya. Una vez aislado este hongo, se identificó como perteneciente al género *Verticillium*, de la especie *V. hemileiae* (Leal et al., 1962).

Otro aspecto de importancia en los canales de “control” de este hongo, es que a la vista de los resultados logrados, se han obtenido respuestas semejantes de digestión de las uredosporas de varios tipos de royas. De ello se deduce que este hongo segrega una sustancia lítica que penetra las paredes celulares, con propiedades características de una enzima, responsable de la desintegración de las uredosporas de *Puccinia* sp., *Melampsora* sp. y *Hemileia* sp. (Leal et al., 1962).

Observaciones realizadas sobre microcultivos de uredosporas en diferentes tiempos de incubación, demostraron que *V. hemileiae* se desarrollaba bien, utilizando como única fuente de alimento las uredosporas. Según los autores Leal y Villanueva a los tres días y a lo largo de los siguientes, el ataque se hizo evidente, con liberación de parte del contenido interno y desaparición de la membrana, hasta llegar a los catorce días, en que no pudo apreciarse las uredosporas. (Leal et al., 1962).

- Uso de *Trichoderma* sp.

Debido a los efectos benéficos evidenciados con el uso de *Trichoderma* sp. en el pasado para el control de patógenos como: ojo de gallo, (Arroyo, 1975); *Rhizoctonia solani* (ASCOLFI, 1993); *Corticium salmonicolor*, (ASCOLFI, 1993); se tomó en cuenta este microorganismo benéfico dentro del programa de aplicaciones de productos biológicos y se estudió el efecto antagónico sobre *H. vastatrix* en los ensayos de investigación de ANACAFE.

4.2.2 MARCO REFERENCIAL

La evaluación de aplicaciones para el manejo fitosanitario de la roya del café se llevó a cabo en fincas de agricultores productores de café, en diferentes condiciones climáticas y topográficas. Así mismo, fueron ubicadas en condiciones óptimas para el desarrollo de la roya del café.

Cuadro 1. Características climatológicas, coordenadas geográficas, y las zonas de vida según Holdridge de cada unidad experimental, a) Finca Argelia, Zona 18; b) Finca Candelaria, San Juan Alotenago; c) Finca Parraxe, Samayac; d) Finca San Vicente, San Marcos.

Depto.	Altitud (m)	Pp (mm/año)	T°C	HR %	Suelos	Latitud	Longitud	Zonas de Vida
Guatemala	1,468	1,533	13 - 22	64 – 84	Volcánico	14°37'48"	90°31'53.3"	Bosque Húmedo Subtropical Templado
Sacatepéquez	900	1,318	13 - 25	61 - 82	Volcánico	14° 33' 24"	90°44' 02"	Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical
Suchitepéquez	800	5,200	21 - 33	65 - 83	Volcánico	14°32' 02"	91°30' 12"	Bosque muy húmedo Subtropical
San Marcos	1,140	1,500	12 - 25	67 - 85	Volcánico	14°57' 40"	91°47' 44"	Bosque Húmedo Subtropical Templado

Fuente: Holdridge1997, Instituto Nacional Forestal.

En el departamento de Guatemala se encuentra la finca Argelia, esta unidad productiva se ubica en la zona 18, perteneciente a la aldea Las Tapias. En la finca se manejan las variedades: Catuaí, Bourbon y Tekisick, en la finca se encuentran las características climatológicas, coordenadas geográficas, así como las zonas de vida según Holdridge (Cuadro 2).

La finca La Candelaria, está localizada a 4 kilómetros al sur del municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez. En la finca se manejan las variedades: Catuaí, Bourbon, Caturra, Villa Sarchí y Catimor. La finca La Candelaria cuenta con las características climatológicas, coordenadas geográficas, así como las zonas de vida según Holdridge (Cuadro 2).

En el departamento de Suchitepéquez se encuentra la finca El Parraxé, esta unidad productiva se ubica a 2 kilómetros del municipio de Samayac. En la finca se manejan las variedades: Catuaí, Caturra y Catimor. En la finca se encuentran las características climatológicas, coordenadas geográficas, así como las zonas de vida según Holdridge (Cuadro 2).

En el departamento de San Marcos se encuentra la finca San Vicente, jurisdicción del municipio de La Reforma, el cual se ubica a 26 kilómetros del municipio de Coatepéque, en la finca se manejan las variedades: Catuaí, Bourbón y Caturra. En la finca se encuentran las características climatológicas, coordenadas geográficas, así como las zonas de vida según Holdridge (Cuadro 2).

4.3 OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar dos programas fitosanitarios para el manejo de la roya del café en la zona central, sur y occidental de Guatemala comparados con el testigo.

ESPECÍFICOS

Evaluar el programa de manejo para la roya del café combinando solo productos biológicos.

Evaluar el programa de manejo de la roya del café con la combinación de productos químicos y biológicos.

4.4 METODOLOGÍA

4.4.1 VARIEDADES DE CAFÉ

Para la finca Argelia ubicada en la zona 18, el ensayo se ubicó en plantaciones con las variedades Catuaí, Bourbon y Tekisick, dentro de cada tratamiento se encontraban establecidas arbitrariamente varios individuos de las variedades mencionadas. Para la finca La Candelaria ubicada en el municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez se utilizó la variedad Villa Sarchí, plantación de 5 años, con buen manejo agronómico. Para la finca El Parraxé, ubicada en el municipio de Samayac se utilizaron las variedades Catuaí y Caturra, esta plantación se encontraba en el segundo año de recepa. Para la finca San Vicente, jurisdicción del municipio de La Reforma, se utilizaron las variedades: Catuaí, Bourbon y Caturra, estas variedades se encontraban establecidas de manera arbitraria dentro de las parcelas experimentales.

4.4.2 CALENDARIZACIÓN DE APLICACIONES

En estudios anteriores realizados en ANACAFE junto a la tutoría de los técnicos de CEDICAFE se definieron las fechas de cada programación de aplicaciones. Algunos de estos estudios realizados en ANACAFE afines al presente son:

- Estudio de la efectividad de fungicidas sistémicos en el control de la roya del cafeto en plantas de vivero (Bonilla, 1987).
- Evaluación de cuatro fungicidas en el combate de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) (Mendez, 1982).
- Evaluación de fungicidas para el control de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) en café del suroccidente de Guatemala (Toledo et. Al., 2000).
- Evaluación de fungicidas en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*, Berk & Br. 1869) Chicolá, 1983, (Domínguez, 1985).

El cronograma de aplicaciones para la evaluación de programas utilizando productos químicos y biológicos se hizo de mayo a septiembre de 2011, según lo especificado en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Programación de aplicaciones de productos químicos y biológicos (a); y combinando productos biológicos (b) para el manejo de la roya del café.

Productos y fechas correspondientes al programa combinado				
Primera repetición 03 de mayo	Segunda repetición 07 de junio	Tercera repetición 07 de julio	Cuarta repetición 01 de agosto	Quinta repetición 6 de septiembre
Fungicida Sistémico	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Trichoderma</i> sp. Lixiviados	Caldo viçosa	Fungicida sistémico	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Trichoderma</i> sp. Lixiviados
Productos y fechas correspondientes al programa con uso de biológicos				
Primera repetición 03 de mayo	Segunda repetición 07 de junio	Tercera repetición 07 de julio	Cuarta repetición 01 de agosto	Quinta repetición 6 de septiembre
<i>Bacillus subtilis</i> <i>Trichoderma</i> sp. Lixiviados	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Trichoderma</i> sp. Lixiviados	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Trichoderma</i> sp. Lixiviados	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Trichoderma</i> sp. Lixiviados	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Trichoderma</i> sp. Lixiviados

4.4.3 PROGRAMAS EVALUADOS

A) Combinación de fungicidas sistémicos, de contacto y productos biológicos, que fueron calendarizados de acuerdo a fenología y recomendaciones de ensayos previos. Los productos químicos incluidos fueron:

1. Fungicida sistémico – cyproconazole, 0.5 – 0.8 l/ha.
2. Fungicidas de contacto – Caldo viçosa, 430 l/ha, cuya composición está basada en la adición de las siguientes sales por separado: sulfato de cobre – 2,150 g, sulfato de cinc – 1,290 g, sulfato de hierro – 1,290 g y ácido bórico – 645 gramos.

Adición de hidróxido de calcio diluido por separado en recipiente plástico, 2,150 gramos. Posteriormente, las sales diluidas en agua fueron adicionadas sobre la suspensión de agua e hidróxido de calcio, de manera lenta y bajo agitación.

Los productos biológicos alternados con los químicos anteriormente indicados fueron:

3. La bacteria *Bacillus subtilis*, 1 l/ha.
4. Lixiviados de lombricompost en cada aplicación, 20 l/ha.
5. Esporas del hongo *Trichoderma* sp. 250 g/ha.

B) Para el programa que incluyó la combinación de productos biológicos, se incluyeron los siguientes productos:

1. La bacteria *Bacillus subtilis*, 1 l/ha.
2. Lixiviados de lombricompost 20 l/ha.
3. Esporas del hongo *Trichoderma* sp., 250 g/ha.

C) Testigo del agricultor, este consistió en el manejo brindado por cada agricultor en las fincas donde se ubicaron los ensayos.

4.4.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

El ensayo fue establecido en plantaciones de café. Las parcelas experimentales en cada localidad por tratamiento consistieron en 8 surcos de 24 plantas de manera pareada, que comprendió un área de 384 m² por parcela. Para el levantamiento de datos, se utilizó el diseño de bloques completos al azar y se generó la información con repeticiones anidadas en el tiempo, dichas lecturas fueron tomadas en cada aplicación según el programa de cada tratamiento (combinado, biológico y testigo), en donde los programas fueron contemplados como tratamientos. En el anexo 1 se muestra el croquis de cada localidad donde se llevaron a cabo las evaluaciones.

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

i = 1,2,3,..., t
j = 1,2,3,..., n

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general τ_i = Efecto del tratamiento i ε_{ij} = Error aleatorio

β_j =Parámetro, efecto de bloque j

4.4.5 CUANTIFICACIÓN DE LA ROYA DEL CAFETO

4.4.5.1 INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD

Para el registro de datos de estas variables, se ubicaron parcelas de 8 surcos con 24 plantas, en donde se cuantificó la enfermedad, se contempló incidencia y severidad de roya en las plantas de café durante el periodo del 03 de mayo al 04 de octubre de 2011, periodo el cual duró la evaluación.

a. Incidencia: para esta variable se realizaron lecturas de roya en donde se usó la escala descriptiva de presencia (1) o ausencia de enfermedad (0) por planta, a partir de ello, se determinó la incidencia de la enfermedad en porcentaje.

b. Severidad: se consideró el daño total de la planta, referido a la cantidad de lesiones, defoliación y hojas afectadas por el hongo utilizando una escala descriptiva: 0, sano; 1, presencia de pústulas e hipersensibilidad; 2, pocas hojas con pústulas sin esporas; 3, pocas pústulas por hoja con alta producción de esporas y poco distribuidas; 4, media cantidad de pústulas por hoja, distribuida en el estrato bajo, medio y alto de la planta, con alta producción de esporas; 5 alta cantidad de pústulas con alta producción de esporas y alta defoliación de la planta.

4.4.6 ANÁLISIS ESPACIAL DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA

Para este objetivo, las parcelas experimentales por tratamiento consistieron en 8 surcos de 24 plantas, ambos de manera secuencial o continua, en donde se determinó la incidencia de la enfermedad, con ello, se utilizó una matriz de 8X8, que fue utilizada en la construcción de mapas de la enfermedad. Para el análisis de la distribución espacial de la roya del café, fue necesaria la utilización del programa MorLloyd Ver. 1.0, elaborado por Mora & Rivas, México.

4.4.7 ANÁLISIS DEL ÁREA FOLIAR ENFERMA EN EL LABORATORIO

Dentro de la parcela de café, se tomó una muestra compuesta de hojas con roya. Los hojas fueron conducidas al laboratorio de ANALAB y con ayuda de la escala

diagramática de Kushalappa & Chaves (1980), se compararon y se determinó severidad por hoja.

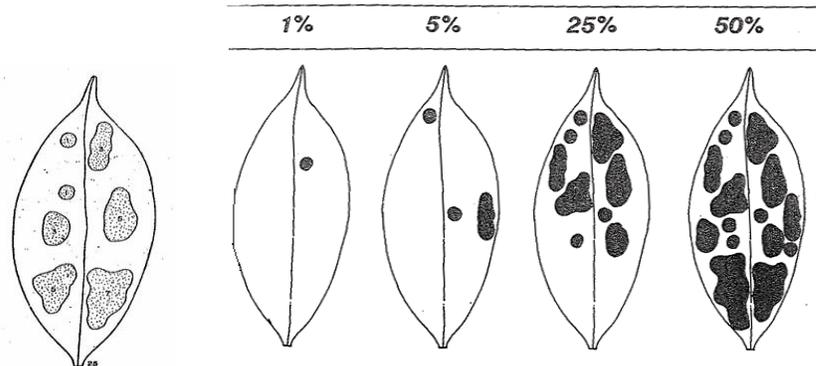


Figura 4. Escala diagramática (Kushalappa A.C. y Chaves. G.M 1980).

La escala consta de 4 diagramas de hojas de café, mostrando respectivamente 1, 5, 25 y 50% de sus áreas para indicar el área de la hoja ocupada por las lesiones de la roya. En cada hoja, una cantidad conocida del área como 1, 2, 3, 5, 7 y 10% es ocupada por lesiones individuales o por algunas pústulas juntas, especialmente al 7 y 10%. Las intensidades de roya del 30% o más bajo, cuando se requiere más exactitud, se realiza una acumulación del conteo de área cubierta por uredosporas o lesiones individuales por hojas, considerando una lesión cada vez. (KUSHALAPPA & CHAVES, 1980).

4.4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se consideraron los datos obtenidos de la incidencia en las plantas de las parcelas experimentales, posteriormente se analizó la severidad con su respectiva escala mencionada anteriormente, en cada localidad. Los datos de cada lectura realizada en cada experimento, fueron considerados como una repetición anidada en el tiempo, dentro de un análisis con un diseño de bloques completos al azar. Para ello, se utilizó el software Infostat para dichos análisis. El objeto de lo anterior fue establecer si existía diferencia significativa entre programas durante el periodo de tiempo en donde se realizó la evaluación.

4.4.9 ANÁLISIS DE LA DEFOLIACIÓN CAUSADO POR LA ROYA DEL CAFÉ

Para obtención de información de la variable defoliación, se seleccionaron 15 plantas y de cada planta, 30 ramas plagiotrópicas dentro de la parcela de café que consistió en 8

surcos y 24 plantas que fueron las mismas utilizadas en cuantificación de la enfermedad. Las ramas seleccionadas, fueron identificadas desde el inicio del ensayo. Se contó el número total de hojas en cada lectura (incluyó hojas nuevas y viejas). También fueron cuantificadas las hojas sanas (sin roya) y enfermas (con roya). Por diferencia se obtuvo el número de hojas caídas en cada conteo. Todo ello fue realizado en las parcelas donde se ubicó el programa que contempló productos químicos y biológicos o “combinado” y la que combinó productos biológicos, “biológico”.

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1 EVALUACIÓN DE DOS PROGRAMAS DE APLICACIONES ALTERNANDO PRODUCTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS Y UTILIZANDO SOLO PRODUCTOS BIOLÓGICOS PARA EL MANEJO DE LA ROYA EN PARCELAS DE CAFÉ

La efectividad de los programas basados en productos químicos y biológicos en el manejo de la roya en café, para la reducción de la enfermedad en las cuatro localidades fue diferente. Al final de la evaluación, las plantas de café que fueron sometidas al programa donde se combinaron fungicidas químicos y biológicos (programa combinado), tuvieron menor severidad de la enfermedad y esto se demostró en el análisis de área bajo la curva de la enfermedad o de daño (Cuadro 4 y 5). Referido al programa donde se incluyeron productos biológicos se observó mayor enfermedad en todas las localidades. A partir de los resultados, se concluyó que el programa donde se observó menor enfermedad, fue en el programa donde se hizo la combinación de fungicidas sistémicos, de contacto y biológicos, iniciando la primera aplicación de fungicidas químicos antes del inicio de las lluvias. Esta aplicación, estuvo orientada a reducir el inóculo primario de *H. vastatrix*. Esto constituye una buena opción para recomendar a los agricultores en el manejo de la roya del café. Tal como fue demostrado por Avelino et al. (1991) en investigaciones realizadas en Costa Rica, donde concluye que la primera aplicación debe hacerse con un fungicida sistémico para controlar la infección primaria y las que se hayan producido en hojas jóvenes antes de junio.

4.5.1.1 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE INCIDENCIA DE LA ROYA DEL CAFÉFINCA ARGELIA, ZONA 18

En el análisis de varianza con la información de datos de incidencia de roya obtenidos en la finca Argelia, hubo diferencia significativa entre programas evaluados cuadro 4. Se observa un coeficiente de variación de 19.51%, el cual indica que la información o datos es confiable. Debido a que la variable de respuesta es un porcentaje y estos no son necesariamente normales, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks para determinar si el error sigue una distribución normal, corroborándose que en efecto estos si son normales. En la comparación múltiple de medias a través de la prueba de Tukey, se obtuvo la conformación de dos grupos, se observa que el tratamiento testigo y biológico conforman un grupo y corresponde a los programas donde se presentó mayor enfermedad en el campo. El programa combinado o integrado con valores menores y a partir de este análisis y en el campo fue diferente. Desde el punto de vista de eficacia para el control de roya, el combinado fue más efectivo

Cuadro 3. Análisis de Varianza, prueba de Shapiro-Wilks para la variable incidencia de roya del café en la finca Argelia, zona 18, Guatemala.

Análisis de Varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	21	0.98	0.97	19.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
Fuentes de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P – Valor
Modelo	19702.49	8	2462.81	87.24	< 0.0001
Tratamiento	522.07	2	261.03	9.25	0.0037
Error	338.77	12	28.23		
Total	20041.26	20			
Tukey Test Alfa=0.05 DMS=7.57687					
Error: 28.2306		Grados de libertad: 12			
Tratamiento	Medias	N	E.E.		
Testigo	31.99	7	2.01	A	
Biológico	29.24	7	2.01	A	
Combinado	20.31	7	2.01		B

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

Prueba de normalidad del error

Variable	N	Media	D.E.	W*p(UnilateralD)
RDUO Incidencia	21	0.00	4.12	0.4332

Finca Candelaria, San Juan Alotenango

El análisis de varianza con la información de datos de incidencia de roya obtenidos en la finca Candelaria, demuestra que no hubo diferencia significativa entre programas evaluados cuadro 5. Se observa un coeficiente de variación de 5.43%, el cual indica que la información o datos es confiable. Debido a que la variable de respuesta es un porcentaje y estos no son necesariamente normales, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks para determinar si el error sigue una distribución normal, corroborándose que en efecto estos si son normales. Indica que registraron el mismo nivel de control sobre la roya.

Cuadro 4. Análisis de Varianza para la variable incidencia de roya del café en la finca Candelaria, San Juan Alotenango.

Análisis de Varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Incidencia	21	0.99	0.98	5.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
Fuentes de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P – Valor
Modelo	17079.86	8	2134.98	110.22	< 0.0001
Tratamiento	15.60	2	7.80	0.40	0.6772
Error	232.45	12	19.37		
Total	17312.31	20			

Prueba de Tukey para la variable incidencia de roya Alfa=0.05 DMS=7.57687					
Error:19.3709		Grados de libertad: 12			
PROGRAMA	Medias	N	E.E.		
Testigo	82.22	7	1.66	A	
Biológico	80.88	7	1.66	A	
Combinado	80.13	7	1.11	A	

Prueba de normalidad del error

Variable	N	Media	D.E.	W*p(UnilateralD)
RDUO Incidencia	21	0.00	3.41	0.8221

Finca Parraxé, Samayac

En el análisis de varianza con la información de datos de incidencia de roya obtenidos en la finca Parraxé, hubo diferencia significativa entre programas evaluados cuadro 6. Se observa un coeficiente de variación de 16.26%, el cual indica que la información o datos es confiable. Debido a que la variable de respuesta es un porcentaje y estos no son necesariamente normales, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks para determinar si el error sigue una distribución normal, corroborándose que en efecto estos si son normales. En la comparación múltiple de medias a través de la prueba de Tukey, se obtuvo la conformación de dos grupos, se observa que el tratamiento testigo y biológico conforman un grupo y corresponde a los programas donde se presentó mayor enfermedad en el campo. El programa combinado o integrado con valores menores y a partir de este análisis y en el campo fue diferente. Desde el punto de vista de eficacia para el control de roya, el combinado fue más efectivo

Cuadro 5. Análisis de Varianza y prueba de Tukey para la variable incidencia de roya del café en la finca Parraxe, Samayac, Suchitepéquez.

Análisis de Varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Incidencia	21	0.69	0.49	16.26	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
Fuentes de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P – Valor
Modelo	5520.86	8	690.11	3.37	0.0287
Tratamiento	2967.88	2	1483.94	7.26	0.0086
Error	2453.76	12	204.48		
Total	7974.62	20			

Tukey Test Alfa=0.05 DMS=20.39179					
Error: 204.4804		Grados de libertad: 12			
Tratamiento	Medias	N	E.E.		
Testigo	98.66	7	5.40	A	
Biológico	93.82	7	5.40	A	
Combinado	71.37	7	5.40		B

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

Prueba de normalidad del error

Variable	N	Media	D.E.	W*p(UnilateralD)
RDUO Incidencia	21	0.00	11.08	0.9200

Finca San Vicente, San Marcos

En el análisis de varianza con la información de datos de incidencia de roya obtenidos en la finca San Vicente, hubo diferencia significativa entre programas evaluados cuadro 7. Se observa un coeficiente de variación de 27.27%, el cual indica que la información o datos es confiable. Debido a que la variable de respuesta es un porcentaje y estos no son necesariamente normales, se realizó la prueba de Shapiro-Wilks para determinar si el error sigue una distribución normal, corroborándose que en efecto estos si son normales. A través de la prueba de Tukey, se obtuvo la conformación de dos grupos, se observa que el tratamiento testigo y biológico conforman un grupo correspondiente a los programas donde se presentó mayor enfermedad en el campo. Visto como control de roya, el tratamiento combinado logra mantener el lote libre de este hongo en un 60.2%. El programa combinado o integrado con valores menores y a partir de este análisis y en el campo fue diferente. Desde el punto de vista de eficacia para el control de roya, el combinado fue más efectivo.

Cuadro 6. Análisis de Varianza para la variable incidencia de roya del café en la finca San Vicente, La Reforma, San Marcos.

Análisis de Varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Incidencia	21	0.86	0.77	27.27	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
Fuentes de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	P – Valor
Modelo	14308.46	8	1788.56	9.54	0.0004
Tratamiento	2470.51	2	1235.26	6.59	0.0117
Error	2250.03	12	187.50		
Total	16558.49	20			

Tukey Test Alfa=0.05 DMS=20.39179

Error: 204.4804		Grados de libertad: 12			
Tratamiento	Medias	N	E.E.		
Testigo	65.18	7	5.18	A	
Biológico	45.68	7	5.18	A	B
Combinado	39.80	7	5.18		B

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

4.5.2 CUANTIFICACIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA DEL CAFÉ

4.5.2.1 PORCENTAJE DE INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE ROYA DEL CAFÉ POR LOCALIDAD

La incidencia de roya en las plantas de café, varió de acuerdo al programa evaluado (Gráfica 1a, b, c, d). La incidencia de la enfermedad alcanzó niveles del 50% en las etapas de mayor intensidad de lluvia en finca Candelaria, finca Parraxé y finca San Vicente. El promedio de incidencia correspondiente en cada programa utilizado en el estudio fue: en finca Argelia, testigo 32%, biológico 29.24%, combinado 20.31%. Finca La Candelaria, testigo 83%, biológico 80%, combinado 80%. Finca Parraxé, testigo 98%, biológico 93%, combinado 69%. Finca San Vicente, testigo 65%, biológico 45%, combinado 39%. Los valores para esta variable, se observan altos y en algunas localidades, parece no tener diferencia entre programas. Sin embargo, la diferencia, está en la severidad para cada programa que fue evaluado. El promedio de severidad para cada programa de aplicaciones a lo largo del estudio fue: en finca Argelia, testigo 7%, biológico 6%, combinado 4%. Finca La Candelaria, testigo 36%, biológico 32%, combinado 29%. Finca Parraxé, testigo 31%, biológico 25%, combinado 14%. Finca San Vicente, testigo 15%, biológico 10% y combinado 8%. En la localidad finca La Candelaria, se registraron niveles de severidad de la enfermedad mayores del 50% de septiembre a octubre y en la finca Parraxé, se observaron dichos niveles de severidad en el mes de noviembre y se cuantificó pérdida de hasta 300 hojas por planta en los tratamientos testigo. En plantas con altos niveles de roya se observó defoliación. Como consecuencia de la defoliación, se observó estrés en las plantas y por el daño, se esperaba deficiente producción para el año siguiente. En la literatura se menciona que la defoliación, se

manifiesta en los estratos medios y bajos de la planta donde las hojas son más susceptibles al ataque de la roya (Avelino et al., 1991).

En cuanto a la severidad de roya, en las parcelas donde se evaluó el programa combinado (químicos y biológicos), hubo menor severidad de roya. Los valores más bajos fueron: en finca Argelia 0.2%; para la finca La Candelaria 5.4%; en finca Parraxé 4.4%; y para la finca San Vicente 0.4%, observado en el mes de junio (Gráfica 1a, b, c, d). A la vez, en campo se observó menor defoliación en dicha época. A partir del mes de junio, en las localidades de Sacatepéquez, San Marcos y Suchitepéquez se observó incremento de la incidencia de la enfermedad con 52% y luego permaneció con incidencia entre 90 y 100% para los programas de biológicos y el testigo del agricultor, hasta los meses de octubre y noviembre del 2011.

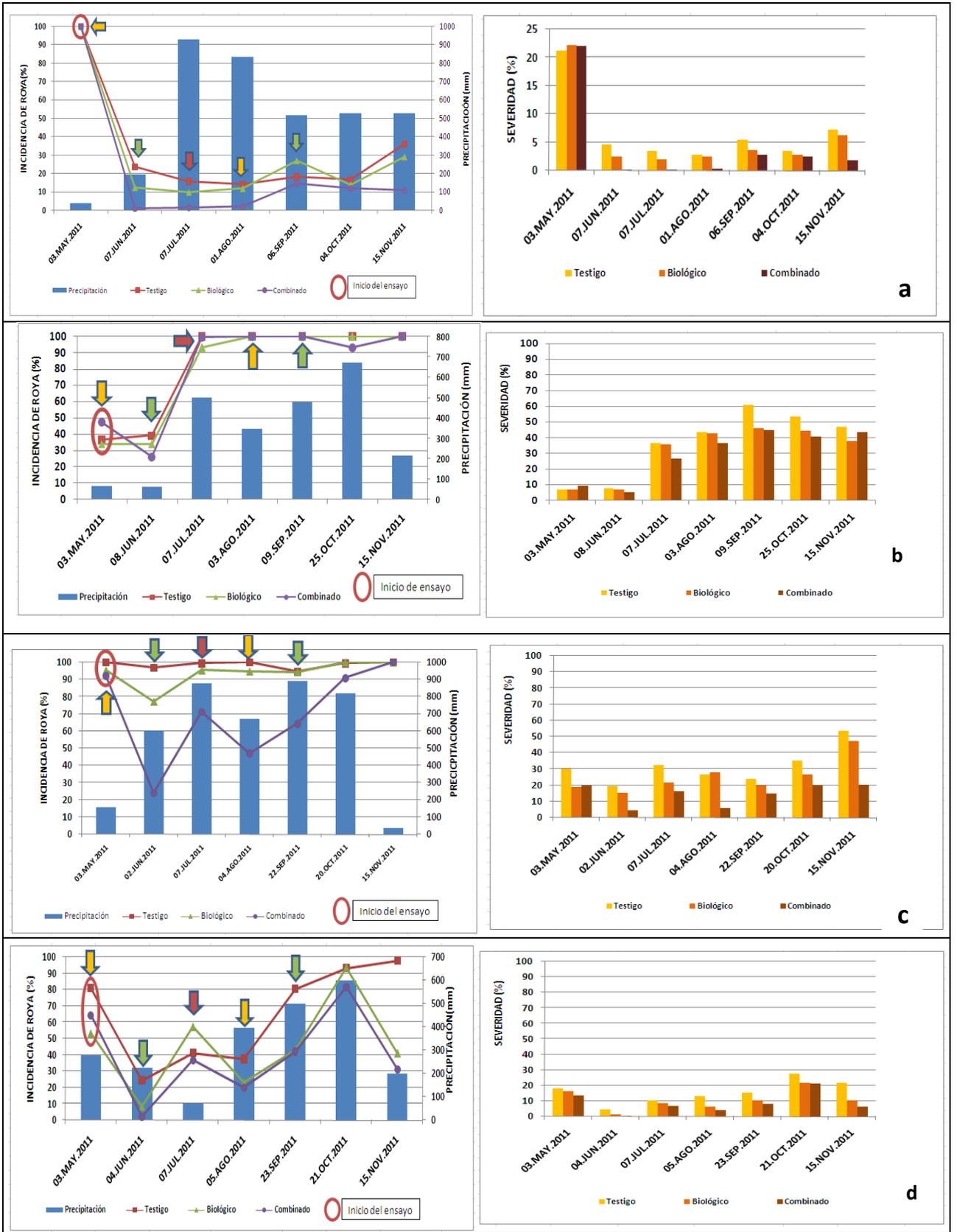


Figura 5. Curvas de progreso de roya del café en tres programas de manejo (izquierda) y severidad de roya en cada programa (derecha) y su relación con precipitación pluvial por localidad. a) Finca Argelia, Zona 18, Guatemala; b) Finca Candelaria, San Juan Alotenago, Sacatepéquez; c) Finca Parraxé, Samayac, Suchitepéquez; d) Finca San Vicente, San Marcos. Fechas indican momento de aplicación: fungicida sistémico (triazol) , fungicida de contacto (caldo Viçosa)  y fungicida biológico .

Con el fin de brindar información más detallada, se analizaron las lecturas de severidad de roya en las plantas de café, basada en las clases de la escala que fue utilizada para evaluar el daño dentro de cada parcela donde se evaluó cada programa de manejo. Así, en la finca Argelia para la primera lectura de enfermedad realizada con fecha de 03 de mayo de 2011, la severidad fue de clase 1 (presencia de soros e hipersensibilidad) según escala utilizada y 2 (pocas hojas con pústulas sin esporas). Para el resto de lecturas, en los otros programas también predominó severidad clase 0, o sea que hubo predominancia de plantas sanas. La tasa de crecimiento de la enfermedad para el tratamiento testigo fue de 2.52, biológico 2.81, combinado 2.29.

Para la localidad de la finca Candelaria, en el tiempo que duró la evaluación, se observó que en el tratamiento testigo predominaron las clases 0, 1, 2 y 3 (media cantidad de pústulas por hoja con alta producción de esporas y defoliación). Para el programa combinado y programa de uso de biológicos predominaron las clases 0, 1 y 2. En donde se percibió menor enfermedad, comparado con el testigo. La tasa de crecimiento de la enfermedad para el tratamiento testigo fue de 4.15, biológico 4.19, combinado 3.96.

Para la localidad de la finca Parraxé, en Suchitepéquez, durante el tiempo que duró la evaluación, en el tratamiento testigo y biológico predominaron las clases 0, 1, 2 y 3. Ya para el programa combinado predominaron las clases de 0 y 1. Este resultado permite comprender el efecto en la reducción de la roya, al utilizar manejo integrado para dicha enfermedad, tal como observado en las otras localidades. La tasa de crecimiento de la enfermedad para el tratamiento testigo fue de 2.18, biológico 2.05, combinado 1.54.

Para la localidad de la finca San Vicente, en San Marcos, se observó para los programas testigo, biológico y combinado las clases 0, 1, 2 y 3. Sin embargo, los valores de severidad predominantes en el combinado y biológico corresponden a las clases 0 y uno, que indica mejor sanidad de las plantas. La tasa de crecimiento de la enfermedad para el tratamiento testigo fue de 4.29, biológico 3.49, combinado 3.37. En conclusión, basado en el análisis de severidad observado en cada localidad, se determinó que el programa combinado permitió mantener mejor la sanidad de los cafetos en las parcelas, tal como se presenta en las Gráficas 2a, b, c y d.

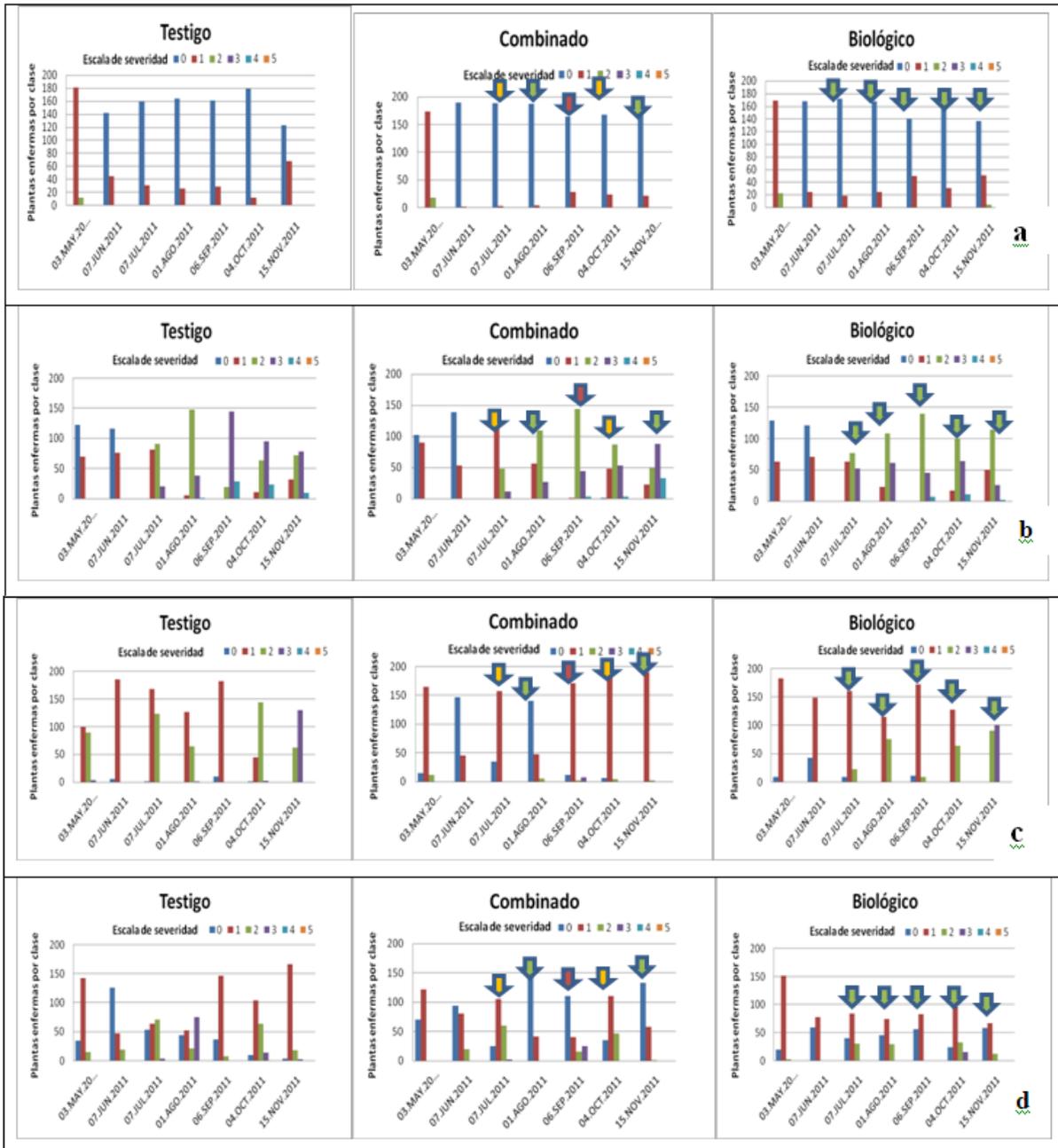


Figura 6. Frecuencia de clases de severidad de roya según escala utilizada para la evaluación de programa de manejo y localidad. a) Finca Argelia, Zona 18, Guatemala; b) Finca Candelaria, San Juan Alotenago, Sacatepéquez; c) Finca Parraxé, Samayac, Suchitepéquez; d) Finca San Vicente, San Marcos. Escala= 0 sano; 1, presencia de soros e hipersensibilidad; 2, pocas hojas con soros sin esporas; 3, media cantidad de soros por hoja con alta producción de esporas y defoliación; 4, gran cantidad de soros por hoja distribuida en la planta y alta defoliación; 5, alta cantidad de soros con alta producción de esporas, alta defoliación de la planta. Flechas indican fecha de aplicación de Fungicida Sistémico (triazol) ↓, Fungicida de contacto (caldo viçosa) ↓ y fungicida biológico ↓.

4.5.3 ANÁLISIS DEL ÁREA FOLIAR ENFERMA

Se analizó la proporción de roya en las hojas enfermas para cada programa y localidad, en fechas específicas cuando se realizó la cuantificación de roya en el laboratorio. En general, el porcentaje de tejido enfermo fue menor en el programa donde se alternaron fungicidas químicos y biológicos (programa combinado), tal como se presenta en las figuras 4-7. En dichas figuras se comparan las hojas enfermas colectadas en el campo, con las de la escala diagramática de Kushalappa y Chaves, 1980. A continuación, se describe lo observado en cada localidad.

Finca Argelia, Zona 18

El porcentaje de área foliar enferma de las hojas colectadas en el campo y comparadas con la escala diagramática (parte superior de la gráfica) alcanzó máximo de 50%, en la fecha de 4 de octubre solamente en el tratamiento biológico, Figura 4.

Para las cuatro lecturas que se llevaron a cabo en el tratamiento testigo, el 45% de las hojas evaluadas presentaron el 1% de tejido enfermo, el 42% un 5% de tejido enfermo, el 12% de la hojas con el 25% de área con roya y el 2% con 50% de tejido enfermo. Para el programa de aplicaciones de productos biológicos, el 40% de las hojas evaluadas presentó 1% de tejido ocupado por roya, el 52% presentó roya en el 5% del área foliar, el 5% presentó roya en el 25% del área foliar y el 2% de las hojas evaluadas, 50% área foliar dañada por roya. Para el programa combinado (uso de productos químicos y biológicos) el 44% de las hojas evaluadas reflejó el 1% de tejido ocupado por

roya, el 46% presentó roya en el 5% del área foliar y el 10% presentó roya en el 25% del área foliar. Se concluye para este ensayo que el programa combinado tuvo un mejor efecto en la sanidad de las hojas en comparación con los dos programas evaluados.

Finca Candelaria, San Juan Alotenango

En esta localidad, en todas las fechas en las que se tomó la muestra de hojas, los porcentajes de roya para los diferentes programas evaluados fueron análogos. Basado en la escala diagramática presentaron similar severidad.

Para las cuatro lecturas que se llevaron a cabo, en el programa testigo en el 4% de las hojas evaluadas hubo 1% de tejido enfermo, el 28% reflejó un 5% de tejido enfermo, en el 43% se encontró el 25% de área ocupada por roya y el 25% presentó un 50% de tejido enfermo con roya. Para el programa de productos biológicos, el 3% de las hojas evaluadas presentó el 1% de tejido ocupado por roya, el 16% presentó roya en el 5% del área foliar enfermo, el 28% presentó roya en el 25% del área foliar y el 32% de las hojas evaluadas presentó roya en el 50% del área foliar. Para el programa combinado (químicos y biológicos), el 9% de las hojas evaluadas presentó el 1% de tejido ocupado por roya, en el 22% el daño fue del 5% del área foliar, el 37% presentó roya en el 25% del área foliar y el 27% presentó roya en el 50% del área foliar.

Para un grado de severidad de 50%, la roya en la planta de café ya se encuentra en un grado avanzado de daño y presentó defoliación avanzada, Figura 5.

Finca Parraxé, Samayac

Para esta localidad, si existió diferencias en cuanto a la severidad de roya del café observada para cada programa. En el tratamiento combinado en la segunda y tercera fecha, ninguna hoja llegó a niveles del 50% de tejido enfermo. En las cuatro lecturas que se llevaron a cabo, en el tratamiento testigo el 7% de las hojas evaluadas se determinaron con el 1% de severidad, el 29% con 5% de tejido enfermo, el 42% se cuantificó el 25% de área ocupada por roya y el 23% presentó 50% de tejido enfermo. Para el programa de productos biológicos, el 11% de las hojas evaluadas presentó el 1% de tejido ocupado por roya, el 40% el 5% del área foliar, el 41% presentó roya en el 25% del área foliar y el 10% de las hojas evaluadas presentó roya en el 50% del área foliar. Para el programa de

combinado (uso de químicos y biológicos), en el 27% de las hojas evaluadas hubo 1% de severidad de roya, el 34% presentó roya en el 5% del área foliar, el 26% presentó roya en el 25% del área foliar y el 12% presentó severidad del 50% del área foliar. Este registro coincide con los valores de incidencia y severidad discutidos anteriormente, (Gráficas 1 y 2).

Finca San Vicente, San Marcos

En el testigo utilizado en esta localidad se observó mayor concurrencia de roya en la clase de severidad correspondiente al 50% en la escala de roya en las hojas, para la última fecha, similar a lo observado en las Gráficas 1 y 2.

Para las cuatro lecturas que se llevaron a cabo, en el tratamiento testigo el 22% de las hojas evaluadas presentó el 1% de tejido enfermo, el 48% reflejó un 5% de tejido enfermo, el 26% con el 25% de área ocupada por roya y el 4% con el 50% de tejido enfermo. Para el programa de biológicos, el 30% de las hojas evaluadas presentó el 1% de tejido ocupado por roya, el 43% presentó roya en el 5% del área foliar, el 22% presentó roya en el 25% del área foliar y el 5% de las hojas evaluadas presentó roya en el 50% del área foliar. En el programa combinado, el 25% de las hojas evaluadas estuvo en severidad del 1% de tejido con roya, el 54% presentó roya en el 5% del área foliar y el 21% presentó roya en el 25% del área foliar.

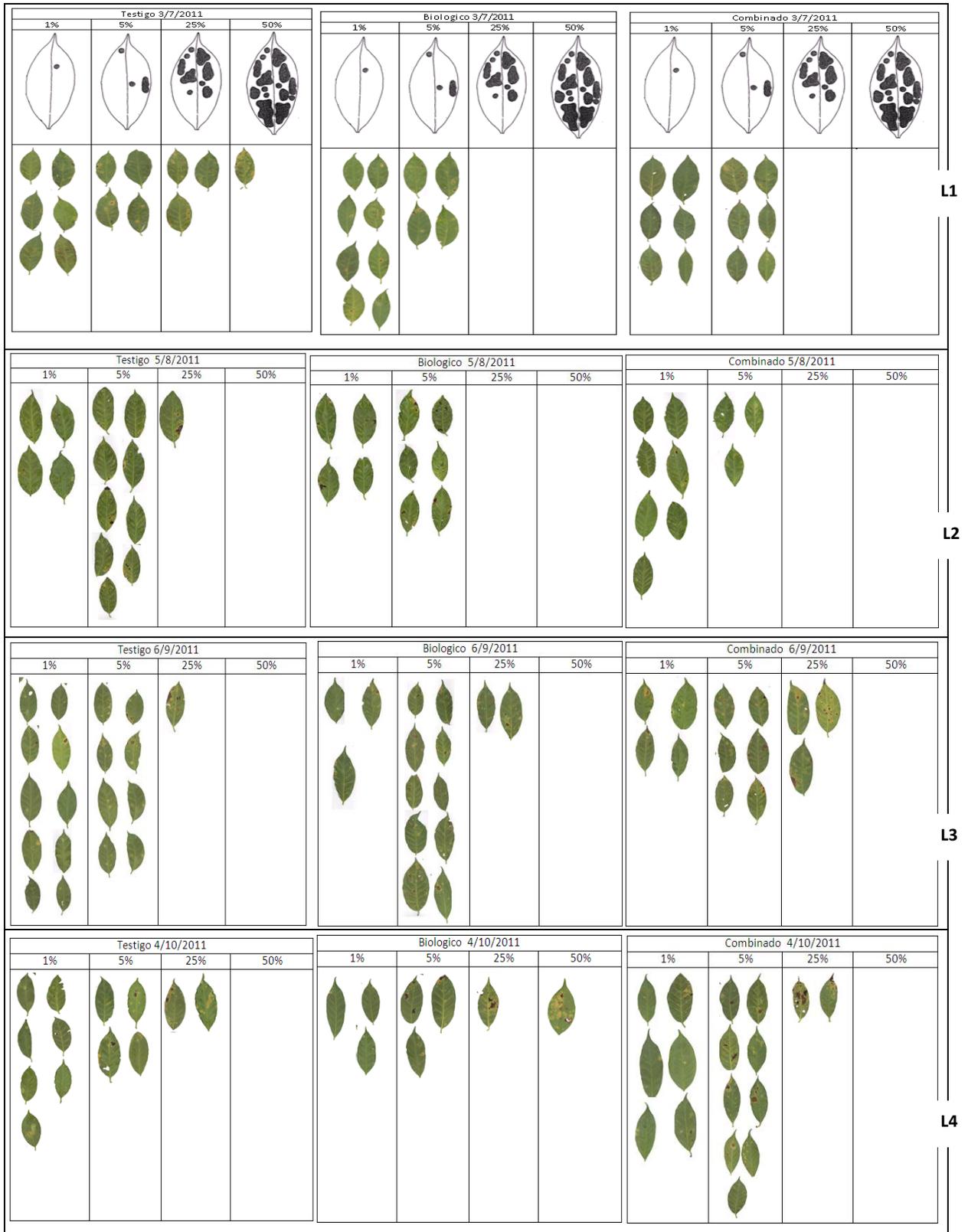


Figura 7. Severidad de roya observada en hojas de café en cuatro lecturas (L), correspondiente a la finca Argelia, zona 18. En cada clase (1%, 5%, 25%,50%) se incluye el número de hojas enfermas encontradas en campo, con base a la escala diagramática de Kushalappa 1980 (parte superior).

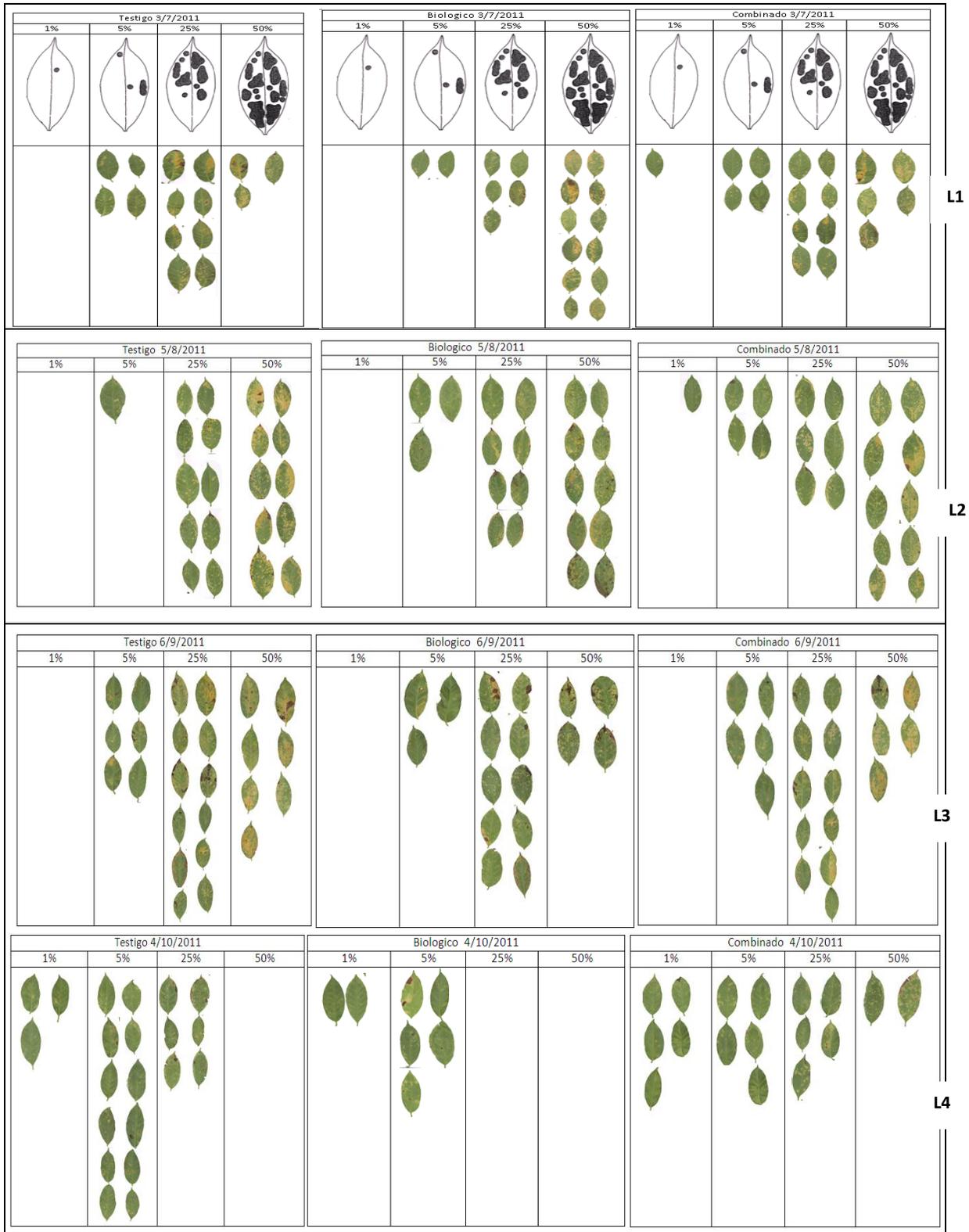


Figura 8. Severidad de roya observada en hojas de café en cuatro lecturas (L), finca Candelaria, San Juan Alotenango. En cada clase (1%, 5%, 25%,50%), se incluye el número de hojas enfermas con roya encontradas en campo, con base a la escala diagramática de Kushalappa 1980 (parte superior).

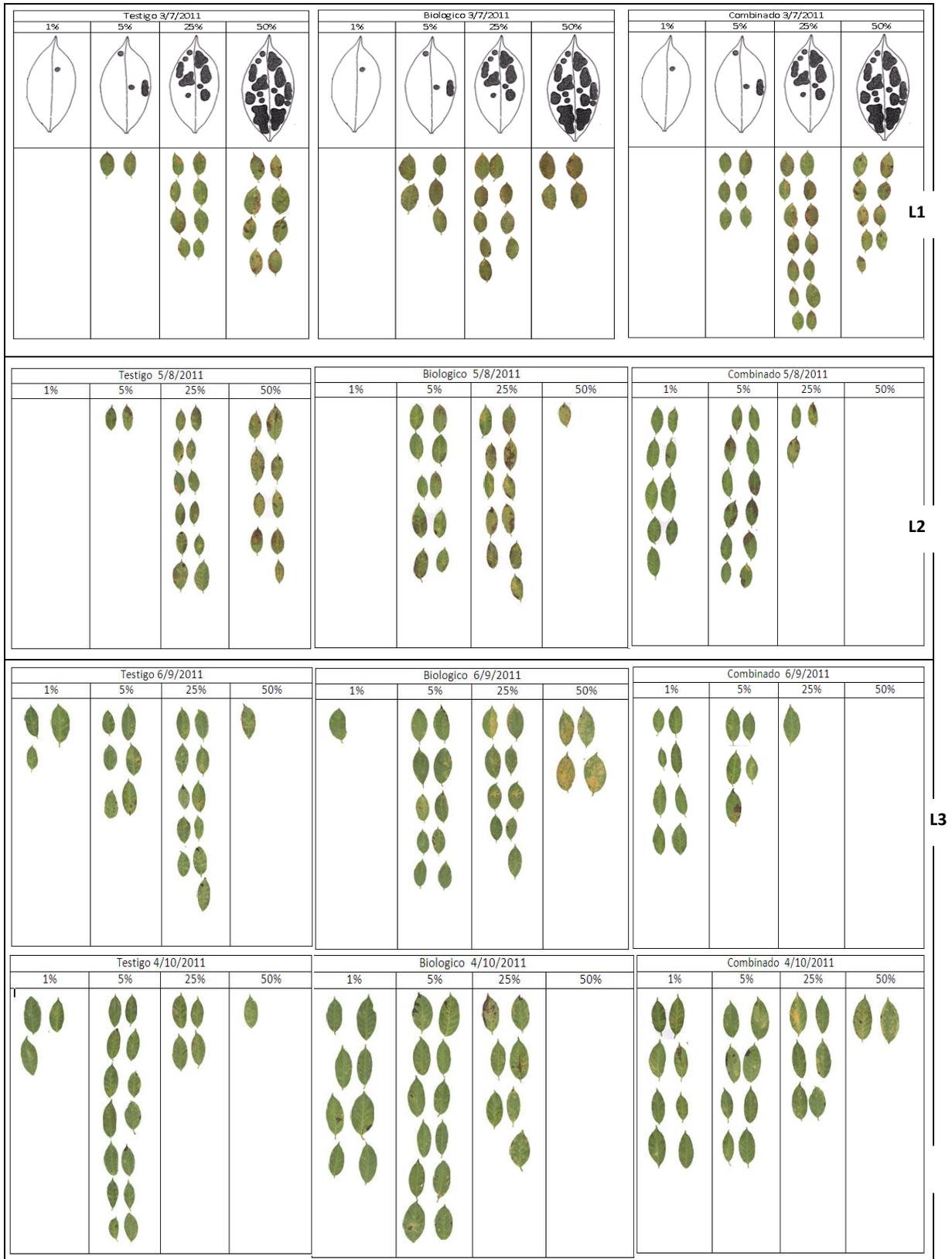


Figura 9. Severidad de roya observada en hojas de café en cuatro lecturas (L), en finca Parraxe, Samayac, Suchitepéquez. En cada clase (1%, 5%, 25%,50%) se incluye el número de hojas enfermas con roya encontradas en campo, con base a la escala diagramática de Kushalappa 1980 (parte superior).

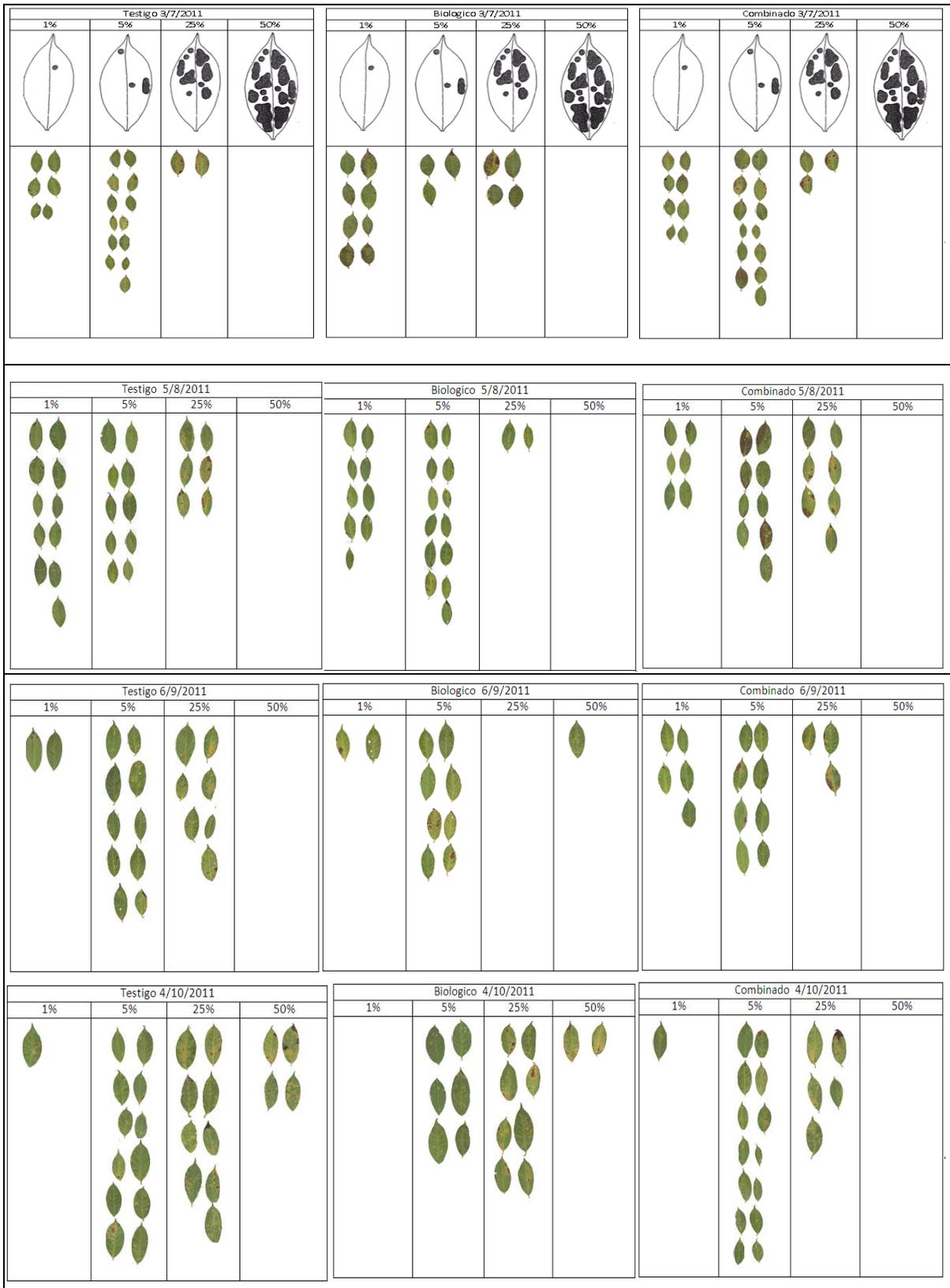


Figura 10. Severidad de roya observada en hojas de café en cuatro lecturas (L), en la finca San Vicente, La Reforma, San Marcos. En cada clase (1%, 5%, 25%,50%) se incluye el número de hojas enfermas con roya encontradas en campo, con base a la escala diagramática de Kushalappa 1980 (parte superior).

4.5.4 ÁREA BAJO LA CURVA DEL PROGRESO DE ROYA DEL CAFÉ (ABCPE)

Los valores de área bajo la curva fueron diferentes para todos los programas de manejo de roya evaluados (Cuadros 8 y 9). La suma de los valores de incidencia del ABCPE obtenidos por el método del trapecio y Simpson fueron: testigo 68.75 - 64.93, biológico 60.15 - 56.53, combinación de productos químicos y biológicos 37.35 - 36.04. Los valores de severidad del ABCPE por el método del trapecio y Simpson fueron: testigo 23.00 – 21.54, biológico 16.70 – 15.45, combinación de productos químicos y biológicos 11.50 – 10.86. En este caso, valores menores de ABCPE, indican menor cantidad de enfermedad. Los valores de incidencia y severidad utilizados para este análisis fueron tomados en campo.

Cuadro 7: Valores de área bajo la curva la roya del café, según localidad y programa de manejo evaluado, para la variable incidencia de enfermedad, obtenida utilizando dos metodologías (Trapecio y Simpson).

LOCALIDAD	TRATAMIENTO					
	TRAPECIO	SIMPSON	TRAPECIO	SIMPSON	TRAPECIO	SIMPSON
	TESTIGO		BIOLÓGICO		COMBINADO	
ARGELIA	6.69	5.85	3.68	4.19	2.92	3.07
LA CANDELARIA	21.43	20.42	24.66	23.08	12.95	12.35
EL PARRAXE	24.64	24.02	20.61	18.65	14.50	13.98
SAN VICENTE	15.99	14.64	11.20	10.61	6.98	6.64

Cuadro 8: Valores de área bajo la curva la roya del café, según localidad y tratamiento, para la variable severidad de enfermedad, obtenida utilizando dos metodologías (Trapecio y Simpson).

LOCALIDAD	TRATAMIENTO					
	TRAPECIO	SIMPSON	TRAPECIO	SIMPSON	TRAPECIO	SIMPSON
	TESTIGO		BIOLÓGICO		COMBINADO	
ARGELIA	1.44	1.24	0.86	0.67	0.73	0.60
LA CANDELARIA	9.74	9.18	9.24	8.68	5.18	4.95
EL PARRAXE	7.92	7.36	4.15	3.68	4.00	3.78
SAN VICENTE	3.90	3.76	2.45	2.42	1.59	1.53

4.5.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA

Basado en el cálculo de los índices de Morisita y Lloyd, la epidemia de la roya del café, para las condiciones de la finca Argelia, zona 18, se manifestó de manera uniforme para los tres programas en la fecha 03 de mayo de 2011. Para la fecha del 7 de julio de 2011, solamente el tratamiento biológico mantuvo la distribución de la enfermedad de manera uniforme y los tratamientos testigo y combinado cambiaron a una distribución agregada. Posteriormente, el 15 de noviembre de 2011 cambió a una condición aleatoria en los programas testigo y biológico, en el combinado se manifestó de manera de agregada.

Para las condiciones de la finca La Candelaria, San Juan Alotenango, la distribución espacial de roya durante el estudio, se manifestó de manera agregada para los programas testigo y biológico, de manera uniforme en el programa combinado, para la fecha 03 de mayo de 2011. El 7 de julio de 2011, fue manera uniforme para los tres tratamientos. Cambió a una condición uniforme en los tres tratamientos, para la fecha de 15 de noviembre de 2011. Para las condiciones de la finca Parraxé, Suchitepéquez, se manifestó de manera uniforme para los tres tratamientos, para la fecha 03 de mayo de 2011, y mantuvo la misma condición para las fechas de 7 de julio y 15 de noviembre de 2011. Para las condiciones de la finca San Vicente, San Marcos, se manifestó de manera uniforme para los tres tratamientos, para la fecha 03 de mayo de 2011. Para la fecha del 7 de julio de 2011, se manifestó de manera uniforme para los tres tratamientos y cambió a una condición de agregados únicamente en los tratamientos biológico y combinado, para la fecha de 15 de noviembre de 2011. Los índices respectivos para cada lectura y en cada localidad aparecen en el anexo 2.

4.5.6 ANÁLISIS DE LA DEFOLIACIÓN CAUSADO POR LA ROYA DEL CAFÉ

Para la fecha de 3de mayo, cuando se inició el estudio, el conteo de número de hojas por bandola, en todas las parcelas en cada localidad fue diferente. En la finca Argelia, Zona 18 se cuantificó en el tratamiento testigo 347 hojas, biológico 334 hojas, combinado 359 hojas; en finca Candelaria, San Juan Alotenango se cuantificó en la tratamiento testigo 494 hojas, biológico 561 hojas, combinado 576 hojas; finca Parraxé, Samayac se cuantificó en la tratamiento testigo 403 hojas, biológico 407 hojas, combinado

419 hojas; finca San Vicente, San Marcos se cuantificó en la tratamiento testigo 407 hojas, biológico 403 hojas, combinado 392 hojas, en 30 bandolas. Este número de hojas para esta fecha, corresponde al valor inicial en cada parcela donde se aplicó cada programa (Figura 10). Posterior a la aplicación de los fungicidas correspondientes a cada programa a partir de esa fecha, en la séptima cuantificación realizada el 15 de noviembre, se observó mayor número de hojas únicamente para los programas que combinaban fungicidas sistémicos, de contacto y biológicos. Este resultado permite indicar que este programa evitó defoliación, algo que no se observó en los programas biológicos y testigo. El conteo de número de hojas por bandola para la fecha de 15 de noviembre, en todas las parcelas en cada localidad varió. En la finca Argelia, Zona 18 se cuantificó en el tratamiento testigo 402 hojas, biológico 438 hojas, combinado 591 hojas; finca Candelaria, San Juan Alotenago se cuantificó en la tratamiento testigo 115 hojas, biológico 198 hojas, combinado 527 hojas; finca Parraxé, Samayac se cuantificó en el tratamiento testigo 120 hojas, biológico 160 hojas, combinado 534 hojas; finca San Vicente, San Marcos se cuantificó en el tratamiento testigo 360 hojas, biológico 211 hojas, combinado 403 hojas, en 30 bandolas.

El promedio de defoliación así como de emergencia foliar para la fecha de 15 de noviembre para los tratamientos en cada localidad fueron de: finca Argelia, Zona 18, no se registró defoliación; finca Candelaria, San Juan Alotenago se cuantificó pérdida de hojas en el tratamiento testigo de 20 hojas, biológico 20 hojas, combinado 10 hojas mensualmente; finca Parraxé, Samayac se cuantificó en la tratamiento testigo una pérdida de 15 hojas mensualmente, tratamiento biológico una pérdida de 13 hojas mensualmente, en el tratamiento combinado se obtuvieron 6 hojas mensualmente; finca San Vicente, San Marcos se cuantificó en el tratamiento testigo una pérdida de 20 hojas mensualmente, el tratamiento biológico una pérdida de 10 hojas mensualmente, en el tratamiento combinado se obtuvieron 6 hojas mensualmente. Se considera que cada localidad se encuentra bajo condiciones favorables para el desarrollo de la roya del café. Con este análisis, se demuestra la defoliación de la planta ocasionada por la roya del café y justifica la aplicación de fungicidas sistémicos, de contacto y biológicos de manera preventiva e integrada para el manejo de dicha enfermedad.

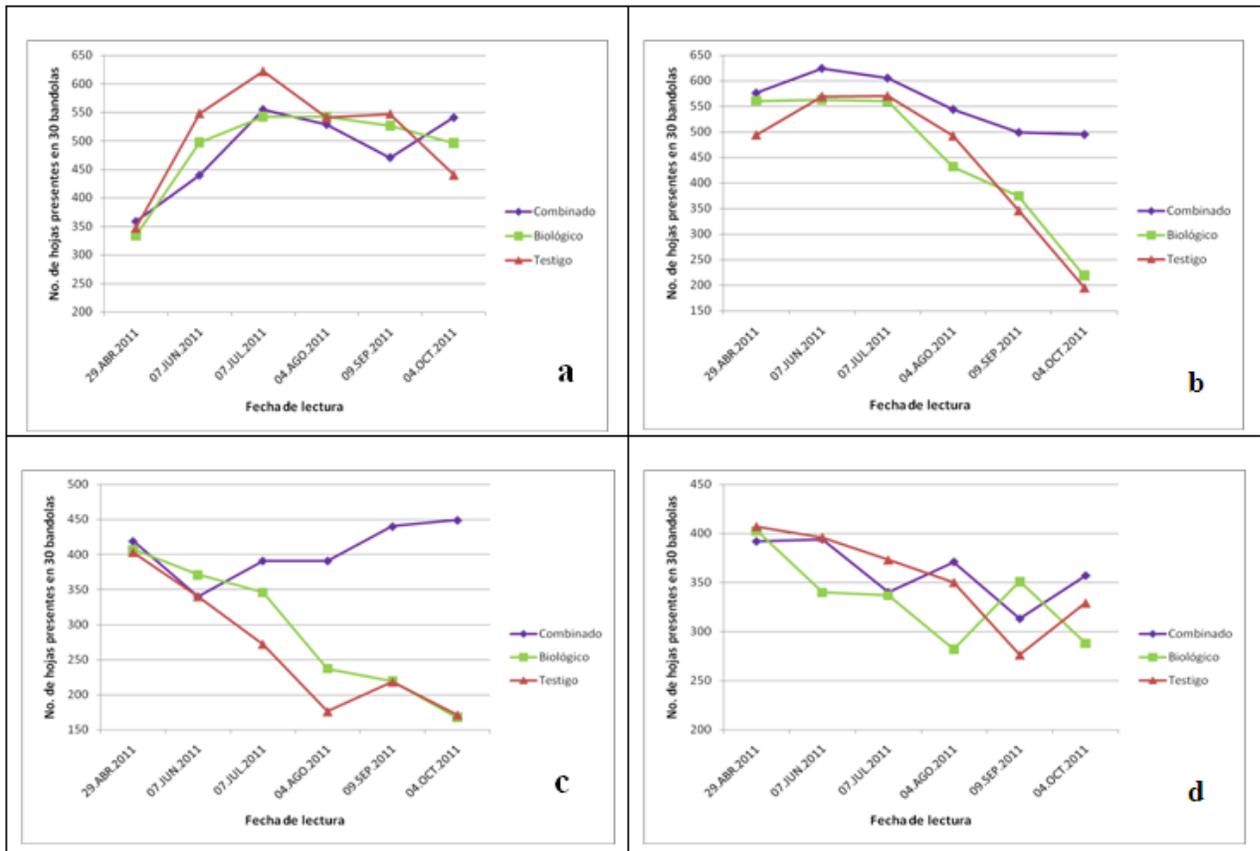


Figura 11. Curvas de defoliación de café en la evaluación de programas de manejo de la roya del café en a) Finca Argelia, Zona 18; b) Finca Candelaria, San Juan Alotenago; c) Finca Parraxé, Samayac y d) Finca San Vicente, San Marcos, 2011.

4.5.7 CURVAS DE RELACIÓN DE HOJAS SANAS Y HOJAS ENFERMAS CON ROYA

En la finca Argelia, zona 18, se registraron niveles de severidad mayores del 20% en el mes de mayo. La roya afectó al 20% de las hojas de ramas evaluadas, únicamente en los meses de junio, julio y agosto, para el programa biológico. Para esta localidad se registró 3.0 como área bajo la curva en el programa testigo del agricultor para el estrato alto de la planta y para el estrato bajo 4.3. En el programa biológico, se registró un área bajo la curva en el estrato alto de 3.57 y 6.03 para el estrato bajo. En el programa combinado, en el estrato alto fue de 2.07 y para el estrato bajo fue de 3.07, Figura 11. En este caso, valores menores de área bajo la curva, indican mejor control de la enfermedad y menor incidencia de roya. Se concluye que en el estrato bajo de las plantas de café hay

más roya. Esto es debido a que ahí se presenta un microclima propicio para la enfermedad.

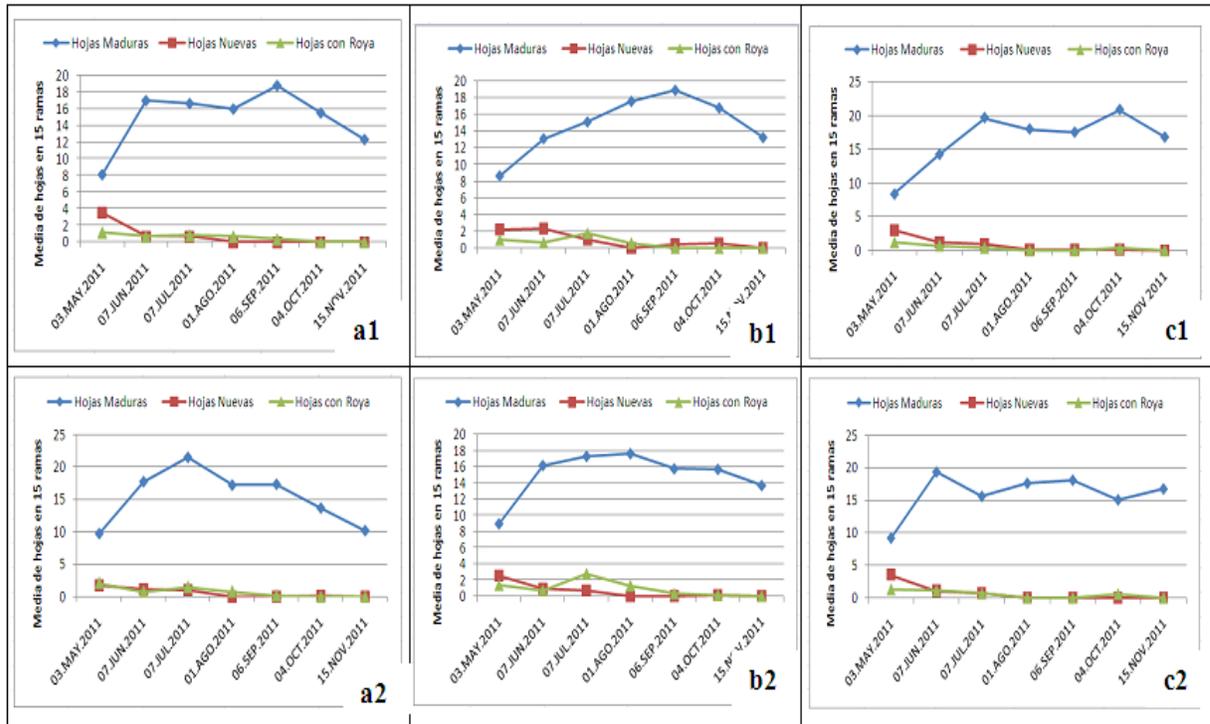


Figura 12. Curvas de relación de hojas sanas y enfermas con roya, localizadas en el estrato medio de la planta y superior de la planta. Evaluación de programas de manejo de la roya: a1 y a2) manejo testigo, b1 y b2) programa biológico, c1 y c2) programa combinado en Finca Argelia, Zona 18, Guatemala, 2011.

En la localidad finca La Candelaria, hubo severidad mayor del 50% en los meses de septiembre y octubre, a la vez la roya afectó al 55% de las hojas evaluadas en los mismos meses en el programa biológico. A partir del mes de junio la cantidad de hojas afectadas con roya incrementó hasta llegar a un punto máximo en septiembre y luego decreció debido a la defoliación por efecto de la roya. Para esta localidad se registró un área bajo la curva en el tratamiento testigo de 16.20 para el estrato alto de la planta y 16.1 para el estrato bajo. En el programa biológico, se registró 24.8 de área bajo la curva en el estrato alto y 22.57 para el estrato bajo. Para el programa combinado los valores de área bajo la curva de roya fueron de 12.76 para el estrato alto y 22.47 para el estrato bajo. En este caso, valores menores de área bajo la curva, indican menor cantidad de enfermedad.

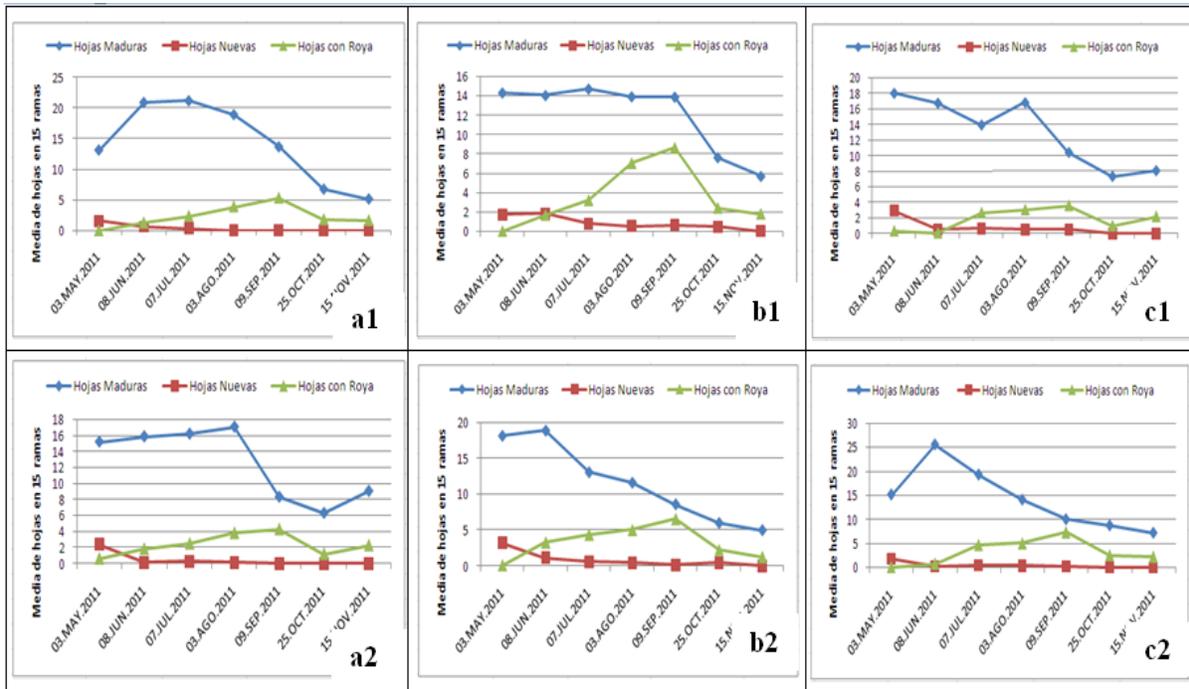


Figura 13. Curvas de relación de hojas sanas y enfermas con roya, localizadas en el estrato medio (parte inferior) y superior (parte superior) de la planta. Evaluación de tratamientos para el manejo de la roya: a1 y a2) manejo testigo, b1 y b2) programa biológico, c1 y c2) programa combinado en Finca Candelaria, San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

Para la finca Parraxé en Samayac, se registró de severidad del 50% únicamente en el tratamiento testigo para el 15 de noviembre 2011. A la vez, contrasta con la cantidad de hojas afectadas por la roya a lo largo de todo el estudio para ambos estratos de este programa. Para el programa biológico, la roya afectó 40% de las hojas evaluadas, se observó este ataque para el mes de agosto, así fue decreciendo por la misma defoliación por causa de la roya. En el programa combinado la defoliación únicamente se presentó para el estrato bajo de la planta y para el estrato alto se ganaron hojas a lo largo del estudio, para la fecha del 22 de septiembre se registró el mayor número de hojas afectadas por la roya, con 27% de las hojas evaluadas. Para esta localidad se registró área bajo la curva de enfermedad de 20.7 en el programa testigo para el estrato alto y 14.4 para el estrato bajo; para el programa biológico se registró un área bajo la curva de daño de 20.27 en el estrato alto y 17.23 en el bajo. Para el programa combinado el área bajo la curva fue 11.27 en el estrato alto y 15.4 para el estrato bajo.

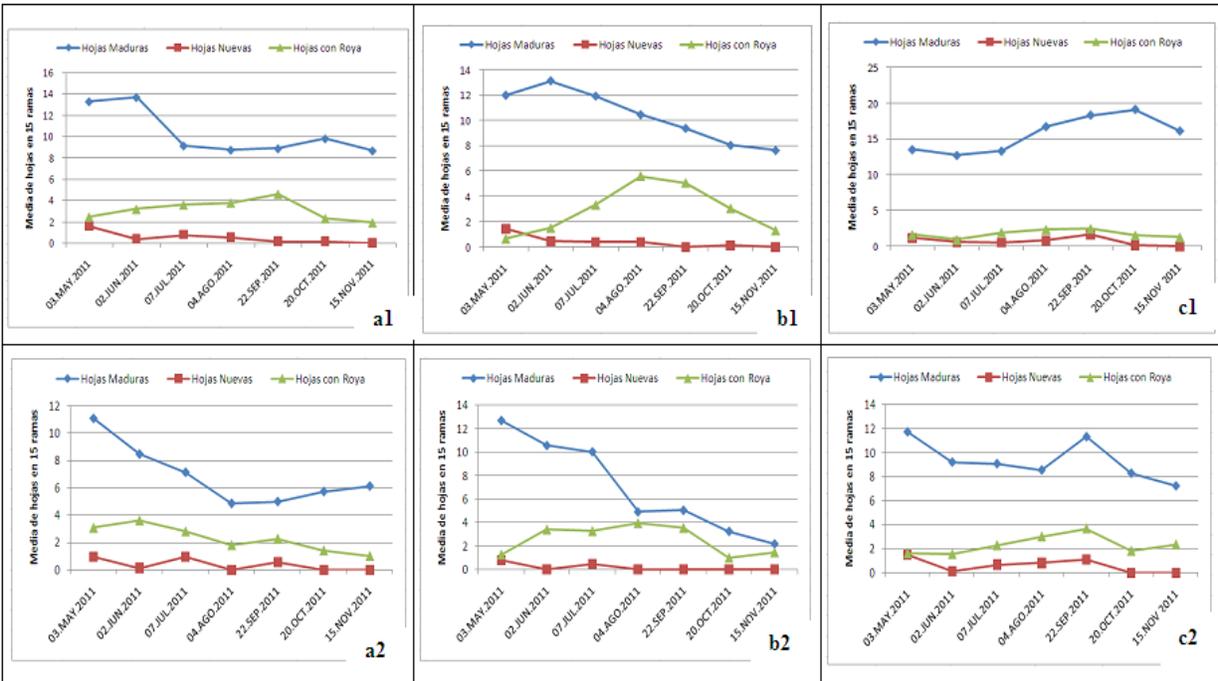


Figura 14. Curvas de relación de hojas sanas y enfermas con roya, localizadas en el estrato medio (parte inferior) y superior (parte superior) de la planta. Evaluación de tratamientos para el manejo de la roya: a1 y a2) manejo testigo, b1 y b2) programa biológico, c1 y c2) programa combinado en Finca Parraxé, Samayac.

Para la localidad de la finca San Vicente, La Reforma, San Marcos, los niveles de severidad para el programa biológico y combinado no sobrepasaron el 30%, únicamente en el programa testigo. Se observó que en el tratamiento testigo hubo hojas afectadas por roya a lo largo de todo el estudio. Para el programa combinado únicamente en el estrato bajo de la planta se registró porcentaje de 27% de hojas afectadas por la roya para el mes de septiembre, sin embargo en este programa no se registró defoliación en ningún estrato de la planta, es decir al final del estudio se obtuvieron más hojas que al inicio. Para esta localidad se registró un área bajo la curva en el tratamiento testigo de 12.5 para el estrato alto y 14.2 para el estrato bajo. Para el programa biológico, se registró un área bajo la curva en el estrato alto de 7.06 y 5.77 para el estrato bajo. Para el programa combinado el área para el estrato alto fue de 6.83 y 8.7 para el estrato bajo. Valores menores de área bajo la curva, indican menor cantidad de enfermedad.

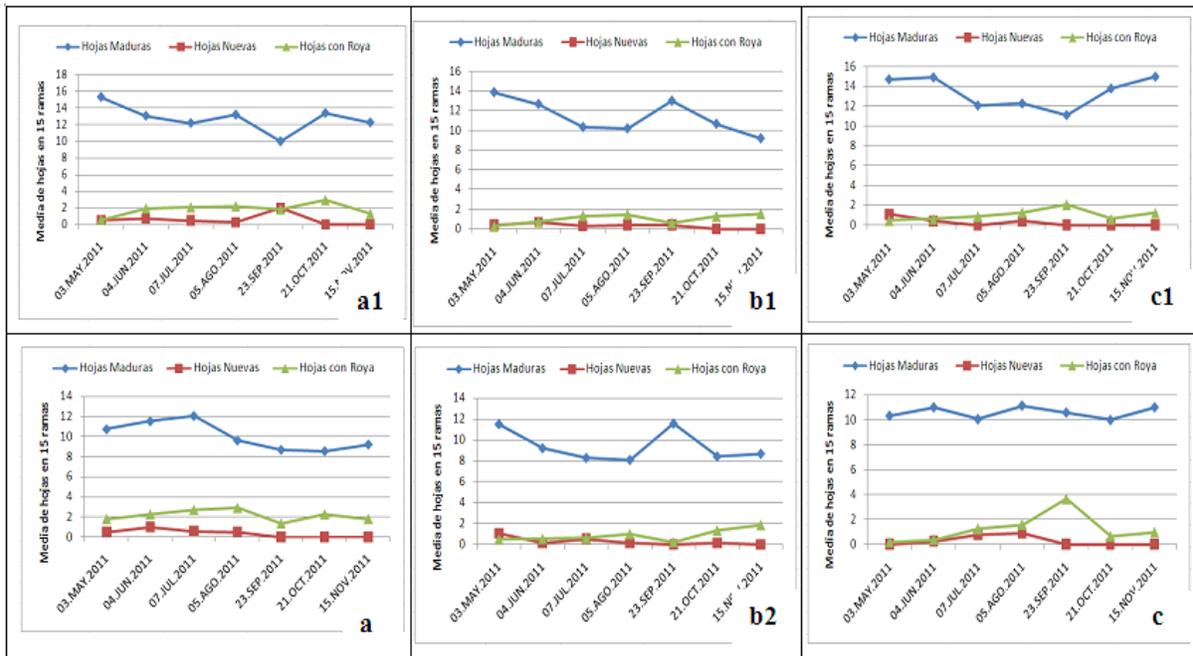


Figura 15. Curvas de relación de hojas sanas y enfermas con roya, localizadas en el estrato medio (parte inferior) y superior (parte superior) de la planta. Evaluación de tratamientos para el manejo de la roya: a1 y a2) programa de manejo testigo, b1 y b2) programa biológico, c1 y c2) programa combinado en Finca San Vicente. San Marcos.

4.6 CONCLUSIONES

1. El programa de manejo utilizando productos biológicos, fue ineficiente en reducir los daños ocasionados por la roya del café comparado con el programa donde se incluyeron fungicidas químicos.
2. Con el programa donde se combinaron fungicidas químicos y biológicos se obtuvo mayor reducción de la incidencia y severidad de la roya del café.

4.7 RECOMENDACIONES

1. En plantaciones de café afectadas por la roya del café ocasionada por *Hemileia vastatrix* Berk & Br. recomendar el programa basado en la aplicación de fungicidas sistémicos y de contacto evaluados en este estudio, así como el uso de productos biológicos en programas de manejo integrado.

4.8 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar V, GJ. 1995. Variedad Costa Rica 95. San José, Costa Rica, ICAFE. 33 p.
- ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 213 p.
- _____. 2011. Exportaciones de café cosecha 2009 - 2010. Guatemala. 1 p.
- Arroyo, T. 1975. Control biológico del ojo de gallo en el café causado por *Mycena citricolo* ren época seca. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 65 p.
- ASCOLFI (Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, CO). 1993. Variedades de café. Santa Marta, Colombia. p. 35.
- Avelino, J; Muller, R; Eskes, A; Santacreo, R; Holguín, F. 1991. La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. *In* Bertrand, B; Rapidel, B. eds. Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San José, Costa Rica, IICA. p. 193-241.
- Bonilla, CA; Rivera, JM; Oseguera, SH. 1984. Evaluación de diferentes programas de aspersión para el control químico de la roya del cafeto. *In* Simposio sobre caficultura Latinoamérica (7, 1984, CR). San José, Costa Rica, IICA. p. 10-16.
- CEDICAFE (Centro de Investigaciones en Café, GT). 2010. Manejo integrado de la roya del café. Guatemala. p. 5.
- CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones de Café, CO). 1995. Descripción de especies y variedades de café. Caldas, Colombia. p. 26.
- Delgado, C. 1998. El libro del café. Barcelona, España, Altaya. 95 p. (Colección: Grandes obras de la gastronomía no. 14).
- Holdridge, L. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
- ICAFE (Programa Cooperativo Instituto del Café de Costa Rica, CR); MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 1990. Manejo del cultivo de café. San Jose, Costa Rica. 122 p.
- Kushalappa, AC; Chaves, GM. 1980. An analysis of developoment of coffee rust in the field. *Fitop. Brasileira* 5:95-103.

- Leal, JC; Villanueva, JR. 1962. Digestión de uredosporas por *Verticillium hemileiae*. Microbiología Española 15:269-275.
- Leguizamón C, JE. 1991. Efecto del contenido de materia orgánica del suelo sobre el control de *Rosellinia bunodes* Berk y Br. (Sacc) con *Trichoderma* sp. Cenicafé 47(4):179-186.
- Leroy, J.F. (1980) 'Evolution et taxogenèse chez les cafékiers. Hypothèse sur leur origine', Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 291,593-6
- Medeiros, EF; Rodríguez Jr, CJ. 1979. Production of phytoalexins like substances in *Coffea arabica* L. leaves inoculated with several rust not pathogenic to coffee. In Colloque Scientifique International Sur le Café (8, 1977, Abidjam, Cote d'Ivoire). Documentos. Paris, Association Scientifique International du Café. p. 511-512.
- Monzón, JA. 1992. Distribución de *Verticillium* sp. en tres zonas cafetaleras de Nicaragua y evaluación de dos aislamientos del hongo como agente de control biológico de la roya (*Hemileia vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica* L.). Tesis MSc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 66 p.
- Moreno R, G. 2002. Nueva variedad de café de porte alto resistente a la roya del cafeto. Cenicafé 53(2):132-143.
- Oliveira, JA. 1991. Efeito do tratamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) e pimentão (*Capsicum annum* L.). Dissertação Mestrado em Fitossanidade. Lavras, Brasil, Universidade Federal de Lavras. p. 111.
- Orozco, E; Calderón, G. 2010. Fenología de café *Coffea arabica* para Guatemala (Power Point). Guatemala, ANACAFE. 14 diapositivas.
- Prakash, NS; Marques, DV; Varzea, VMP; Silva, MC; Combes, MC; Lashermes, P. 2004. Introgression molecular analysis of a leaf rust resistance gene from *Coffea liberica* into *C. Arabica* L. Theoretical and Applied Genetics 109(6):1311-1317.
- Silva, MC; Nicole, M; Rijo, L; Geiger, JP; Rodrigues, CJ Jr. 2006. Cytochemical aspects of the plant-rust fungus interface during the compatible interaction *Coffea arabica*(cv. Caturra)-*Hemileia vastatrix*(race III). International Journal of Plant Sciences 60(1):79-91
- Villanueva, JR; Acha, IG. 1963. Proteolytic activity of growth media filtrates from non pathogenic species of *Verticillium* sp. Nature 200 (4902):290-291.

4.9 ANEXOS

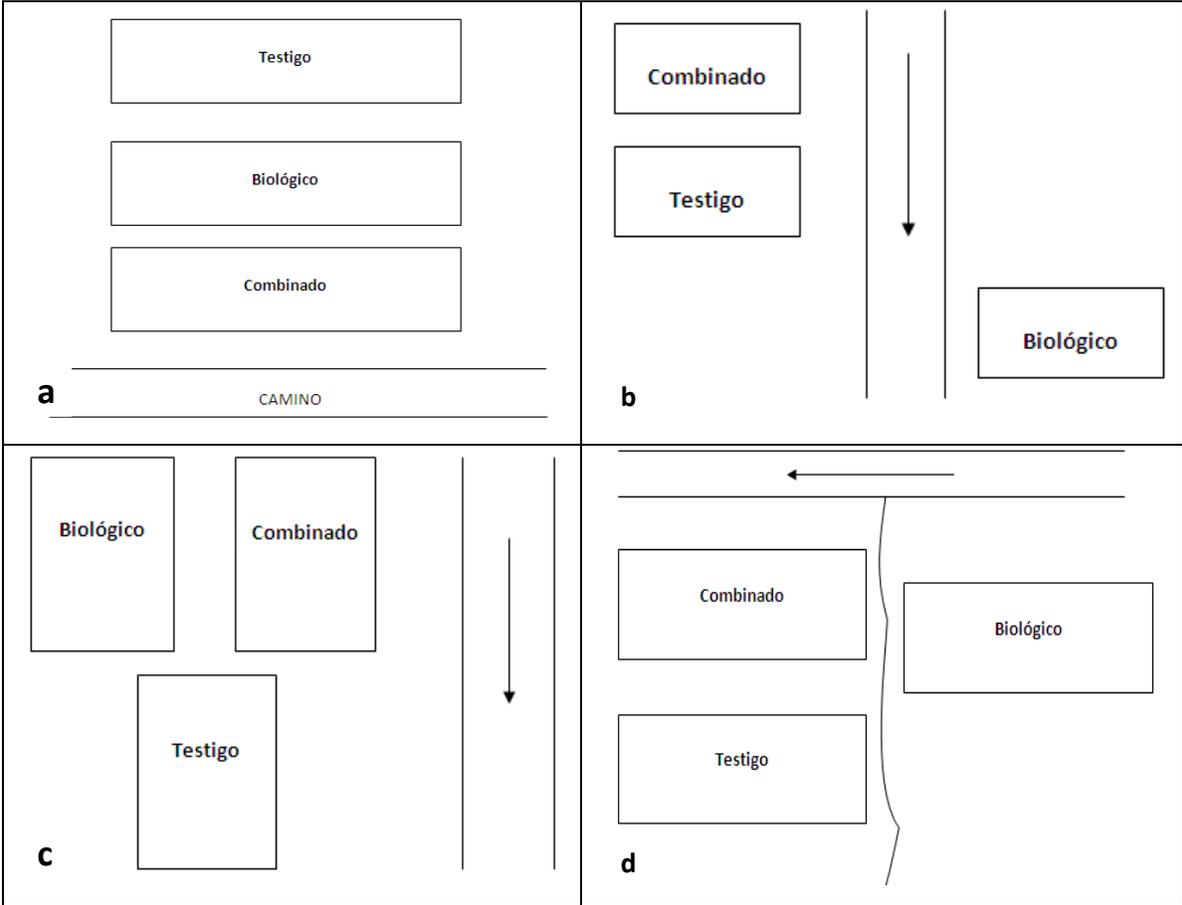


Figura 165 Croquis de las ubicaciones de parcelas de donde se evaluaron los diferentes tratamientos para el manejo de la roya en a) Finca Argelia, Zona 18, Guatememala; b) Finca Candelaria, San Juan Alotenago; c) Finca Parraxe, Samayac; d) Finca San Vicente, San Marcos.

Cuadro 9 Índice de dispersión de Morisita y Lloyd, proveniente del análisis de datos obtenidos de 3 programas de manejo de roya evaluados en Finca Argelia, Zona 18 Guatemala; Finca Candelaria, San Juan Alotenago; Finca Parraxe, Samayac y Finca San Vicente, San Marcos.

LOCALIDAD	TESTIGO					
	03 DE MAYO		07 DE JULIO		15 DE NOVIEMBRE	
	CONDICIÓN	INDICE	CONDICIÓN	INDICE	CONDICIÓN	INDICE
ARGELIA	Uniforme	0.9882	Agregado	1.2079	Aleatorio	1
CANDELARIA	Agregado	1.0006	Uniforme	0.9882	Uniforme	0.9882
EL PARRAXE	Uniforme	0.9882	Uniforme	0.9882	Uniforme	0.9882
SAN VICENTE	Uniforme	0.9918	Uniforme	0.9901	Uniforme	0.989

LOCALIDAD	BIOLÓGICO					
	03 DE MAYO		07 DE JULIO		15 DE NOVIEMBRE	
	CONDICIÓN	INDICE	CONDICIÓN	INDICE	CONDICIÓN	INDICE
ARGELIA	Uniforme	0.9882	Uniforme	0.9672	Aleatorio	1
CANDELARIA	Agregado	1.6309	Uniforme	0.9882	Uniforme	0.9882
EL PARRAXE	Uniforme	0.988	Uniforme	0.9886	Uniforme	0.9886
SAN VICENTE	Uniforme	0.9856	Uniforme	0.9837	Agregado	1.2407

LOCALIDAD	COMBINADO					
	03 DE MAYO		07 DE JULIO		15 DE NOVIEMBRE	
	CONDICIÓN	INDICE	CONDICIÓN	INDICE	CONDICIÓN	INDICE
ARGELIA	Uniforme	0.9882	Agregado	2	Agregado	1.1605
CANDELARIA	Uniforme	0.9888	Uniforme	0.9882	Uniforme	0.9882
EL PARRAXE	Uniforme	0.9872	Uniforme	0.9885	Uniforme	0.9882
SAN VICENTE	Uniforme	0.9799	Uniforme	0.9915	Agregado	1.9459

CAPÍTULO III
SERVICIOS PRESTADOS EN LA FINCA “ARGELIA”, MUNICIPIO DE GUATEMALA
LAS TAPIAS, ZONA 18, GUATEMALA C. A.

5.1 PRESENTACIÓN

Durante el año 2011 en la finca Argelia se ha observado el incremento en el apareamiento de diversas plagas y enfermedades fungosas, además, el rendimiento de la producción de café ha disminuido paulatinamente por varios años.

En razón de lo anterior, el Laboratorio de Protección Vegetal de Anacafé ha realizado un diagnóstico fitosanitario integral de la finca. En el presente documento se resumen la información más relevante de éste con el objeto de brindar elementos para la toma de decisiones de manera rápida y precisa de la administración de la finca.

Con el fin de mejorar las producciones futuras de café de la finca, reducir la incidencia de enfermedades y en general para la mejora del manejo agronómico del cultivo se realizaron en este documento recomendaciones técnicas para mitigar esta problemática.

5.2 CARACTERIZACION FITOSANITARIA EN LA FINCA “ARGELIA”, MUNICIPIO DE GUATEMALA LAS TAPIAS, ZONA 18, GUATEMALA C. A.

5.2.1 OBJETIVOS

GENERAL

Diagnosticar las condiciones fitosanitarias y aspectos de manejo agronómico y contribuir a la optimización en la producción de café a través de la generación de información sistematizada y resumida que facilite la toma de decisiones.

ESPECÍFICOS

Caracterizar las condiciones de manejo agronómico actuales y establecer las condiciones fitosanitarias actuales del cultivo.

Analizar la información anterior y ofrecer una base de información científica para la toma de decisiones en el manejo de la finca.

Generar recomendaciones técnicas para reducir la incidencia de enfermedades y en general para la mejora del manejo agronómico del cultivo.

5.2.2 METODOLOGÍA

5.2.2.1 MUESTREO FITOSANITARIO

Se llevó a cabo un diagnóstico fitosanitario del área foliar, en cada uno de los lotes seleccionados, se cuantificó la incidencia de plagas en parcelas de 5 surcos y 20 plantas en cada uno, cada planta representa 1% de incidencia. A su vez se realizó un muestreo de raíces en cada lote y posteriormente se practicó el análisis nematológico y entomológico en laboratorio (AN-1 y AN-3), además se realizó un análisis completo de suelos y se cuantificó la cobertura de sombra y pendiente en cada sitio de muestreo. Observaciones: Se considera para el presente informe el término plaga en su sentido amplio: todo organismo (o población de éste) que pueda ocasionar daño económico a la plantación de café.

5.2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.2.3.1 MANEJO AGRONÓMICO DE ALMÁCIGO

El almácigo se encuentra situado a 1,468 msnm con área de 3500 metros cuadrados en topografía plana, se hace uso de bolsas de plástico de color negro con medidas de 6 * 9 pulgadas. Las variedades de café que se encuentran en almácigo son: Bourbon y Catuaí. Dentro del área de producción de almácigos se observó un lote de 20 plantas con altura promedio de 25 centímetros, en campo se observó malformación de raíz pivotante debido a una mala práctica de trasplante, dicha malformación es conocida por los caficultores como “cola de coche”, así como pobre desarrollo de raíces secundarias y raicillas. En el área foliar se observó la presencia de enfermedades como mancha de hierro y lesiones de roya.

Observaciones: Se identificó que el inóculo a partir del cual las plántulas muestran enfermedades son varios surcos de plantas adultas que se encuentran a mitad del almácigo, éstas fueron eliminadas.

5.2.3.2 MAPA DE SITIOS DE MUESTREO

En el siguiente mapa se muestran los sitios de muestreo, identificados con una viñeta y una letra respectivamente para relacionarlos con el nombre del lote como se muestra en el cuadro adjunto. En todos los mapas que se mostrarán, el norte se referencia perpendicular a la línea de lectura, algunas marcas quedan ligeramente fuera del área real de la finca, sin embargo se debe a la precisión del equipo de geo referenciación empleado, la información contenida en éste informe es artísticamente representativa de lo que sucede en campo.

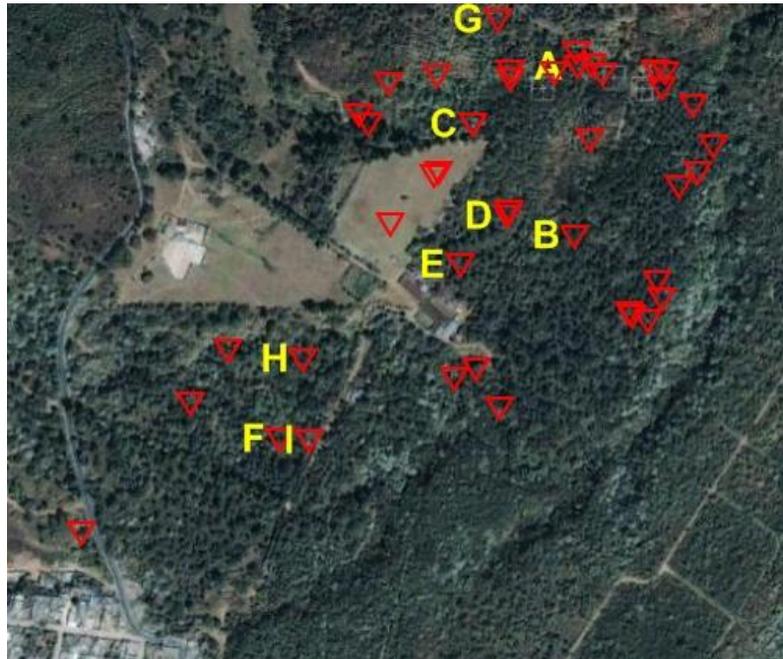


Figura 1: Sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. Fuente: GIS/ANACAFE. Escala: 1:2,000

Cuadro 10: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.4 ANALISIS FITOPATOLÓGICO

5.2.4.1 MUESTREO DE INCIDENCIA DE PLAGAS

A continuación se presenta una matriz en la que interactúan las enfermedades encontradas en el muestreo y sus porcentajes relativos de incidencia.

Cuadro 11: Matriz de inter relaciones entre lotes de la finca Argelia y las principales plagas presentes. Remarcados en amarillo, datos altos en sus respectivas categorías.

	Roya	Phoma	Antracnosis	Mancha de hierro	Ojo de gallo	Mal de hilachas	Grillo	Escamas	Minador	Ácaros
COLMENAR	100	0	15	70	0	0	70	0	20	35
PASTORIA	100	0	50	80	0	0	45	0	35	35
EL LIMON	100	15	60	80	0	0	20	0	25	10
CANDADILLO 2	95	5	30	75	5	0	45	5	15	20
LA HUERTA	100	0	35	70	5	0	40	0	5	35
CHICO DOMINGUEZ	100	0	20	80	5	5	50	0	20	60
CANDADILLO 1	100	0	60	85	15	0	55	0	15	60
JOYA DEL PINO	90	75	35	60	75	0	35	0	50	45

Puede observarse que el nivel de incidencia de Roya es elevado en todos los casos, además de lo anterior, puede inferirse que otras enfermedades aparecen en focos. Tal y como ha sido observado a lo largo de éste año, la incidencia de ácaros fitopatógenos ha sido elevada en la finca. Por otra parte insectos escama, Phoma, Ojo de Gallo se encuentran en sitios específicos, demandando un manejo diferencial para éstos lotes, idea que se reforzará con el análisis espacial de la situación.

5.2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRINCIPALES COMPONENTES FITOPATOLÓGICOS

Este análisis estadístico multivariado permite de forma simple conocer las relaciones existentes entre las plagas (intrínsecamente, vertical) y también en éste caso asociarlas a lotes particulares de la finca (horizontalmente). A continuación se muestra la gráfica que relaciona las variables contenidas en el cuadro anterior, simplificada.

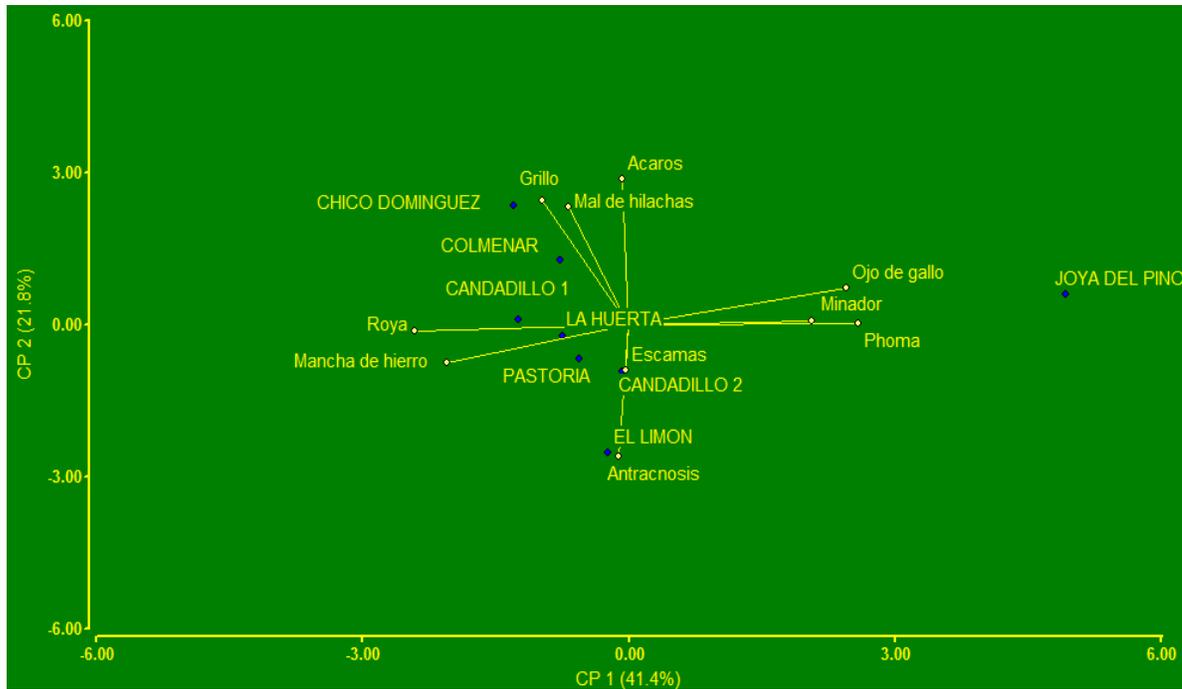


Figura 27: Gráfico del análisis estadístico de Componentes Principales de las plagas del café. Finca Argelia, 2011.

Puede inferirse de la gráfica el asocio entre las variables formando 4 grupos, Roya y Mancha de hierro; Grillo y Ácaros; Ojo de gallo, Minador y Phoma; Antracnosis y Escamas respectivamente, en cuanto a los lotes, puede diferenciarse transversalmente que Joya del Pino se muestra diferente al resto en cuanto al grupo de plagas al que se asocia y aunque todos están ligados al primer grupo a la izquierda: Roya y Mancha de Hierro, difieren horizontalmente en cuanto a los otros dos grupos de plagas. En definitiva, se requiere la generación de manejos fitosanitarios diferenciados para optimizar la utilización de recursos en la finca.

5.2.6 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLAGAS FOLIARES

A continuación se presentan los mapas epidemiológicos generados a partir de la cuantificación en campo de las principales plagas del café en la finca Argelia.

5.2.6.1 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE ROYA

(*Hemileia vastatrix* Berk & Br.)

Puede observarse que la Roya del café incide en todos los lotes de la plantación, su nivel de severidad tiende a ser alto, especialmente en variedades de Bourbon, su distribución es uniforme y la oscilación de su incidencia es relativamente baja, encontrándose siempre arriba del 90% en todos los lotes, aún cuando incidan otras plagas. Las cotas externas indican geo referencias. La escala a la derecha de la gráfica y los números insertos (en isocuantas) indican el porcentaje de incidencia de la roya, las letras relacionan el área de la gráfica con el nombre del lote de acuerdo al cuadro en verde, finalmente los triángulos invertidos en verde indican el punto central del área de muestreo.

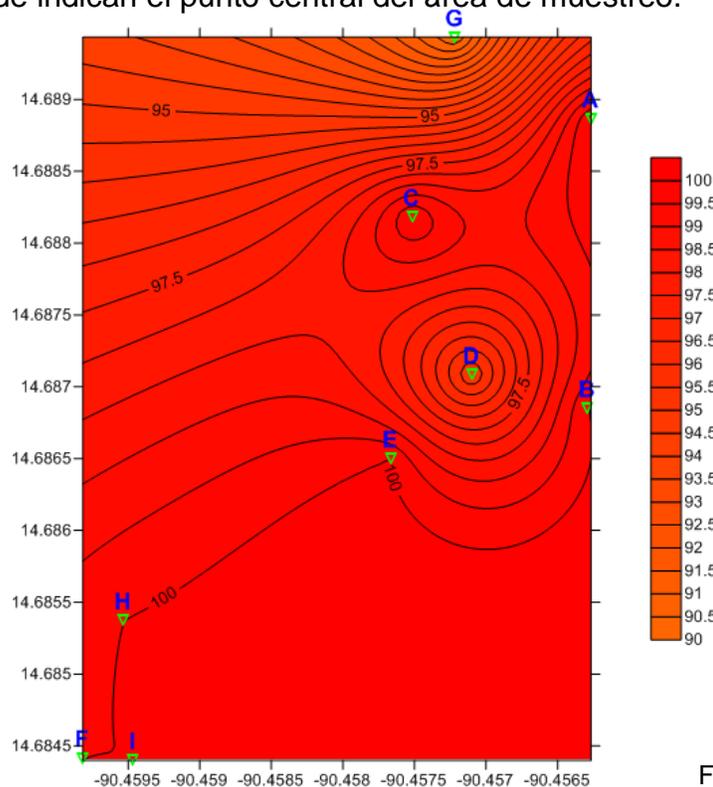


Figura 38: Mapa de distribución espacial del comportamiento de la roya del café. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 12: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.6.2 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE PHOMA

(*Phomasp. Sacc.*)

Como se puede apreciar en el mapa, la Phoma se presenta en las áreas del norte de la finca, esto probablemente se deba a condiciones de micro clima especiales. Aunque el área donde prevalece es relativamente amplia, su nivel de incidencia es bajo y requiere atención en los lotes El Limón, Candadillo 2 y principalmente en Joya del Pino. El manejo de otras enfermedades como la Roya puede incidir en la reducción de la incidencia de Phoma.

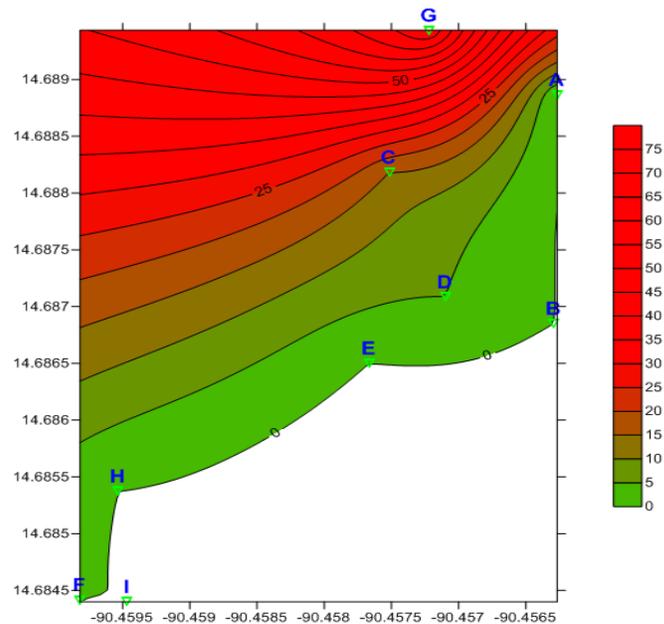


Figura 49: Mapa de distribución espacial del comportamiento de la phoma. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 13: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.6.3 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE ANTRACNOSIS

(*Colletotrichum spp. Corda*)

Éste hongo muestra una distribución uniforme, alcanzando su máximo nivel de incidencia en los lotes Candadillo 1, La Pastoría y Joya del Pino. El uso de fungicidas sistémicos y de contacto será necesario para reducir su nocivo efecto, tiene la capacidad de reducir el tejido productivo del cafetal. Además de lo anterior, considerando la edad de la plantación, un plan de manejo que incluya podas de saneamiento y recepas en bloque puede favorecer su reducción. Debe integrarse el manejo de fertilización debido a que el apareamiento del complejo de hongos encontrados: Roya, Antracnosis, Cercospora y Ojo de Gallo éste es un factor fundamental, especialmente en años posteriores a una alta producción.

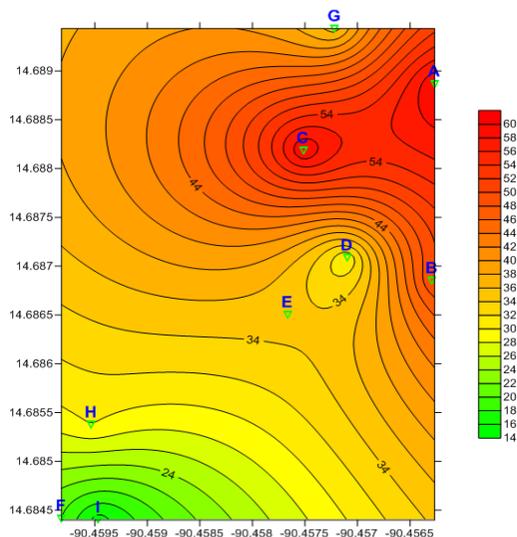


Figura 20: Mapa de distribución espacial del comportamiento de la antracnosis. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 14: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.6.4 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE MANCHA DE HIERRO

(*Cercospora spp. Fresenius*)

Al igual que fue indicado anteriormente, la Mancha de Hierro del café es un claro indicador de deficiencias en la nutrición del cultivo. Para integrar un manual de manejo de la finca, debe tomarse en cuenta un plan balanceado de fertilización y no fundamentar el manejo de las enfermedades fungosas encontradas en la aplicación exclusiva de fungicidas.

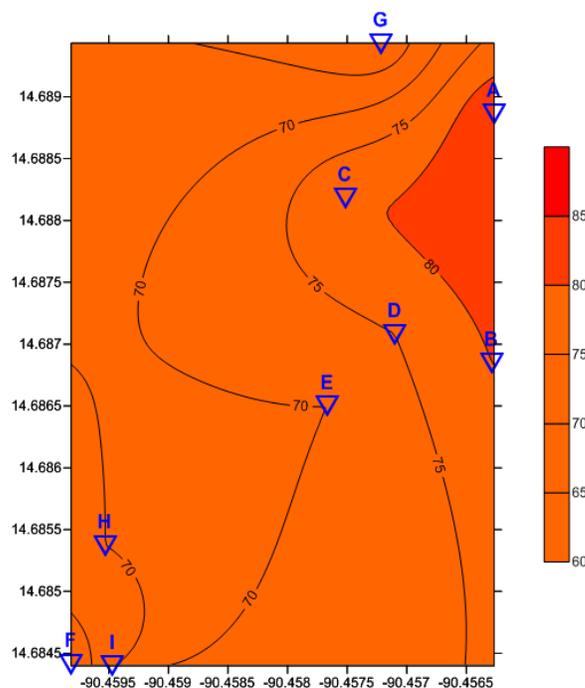


Figura 51: Mapa de distribución espacial del comportamiento de la mancha de hierro. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 15: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.6.5 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE OJO DE GALLO

Mycena citricolor (Berk & Curt)

La reiteración en el aparecimiento de hongos afectando la plantación en el área Norte de la finca robustece la idea de contar en ésta área con condiciones especiales, diferentes, de micro clima o peculiaridades de manejo que la hacen más susceptible de ser afectada por patógenos.

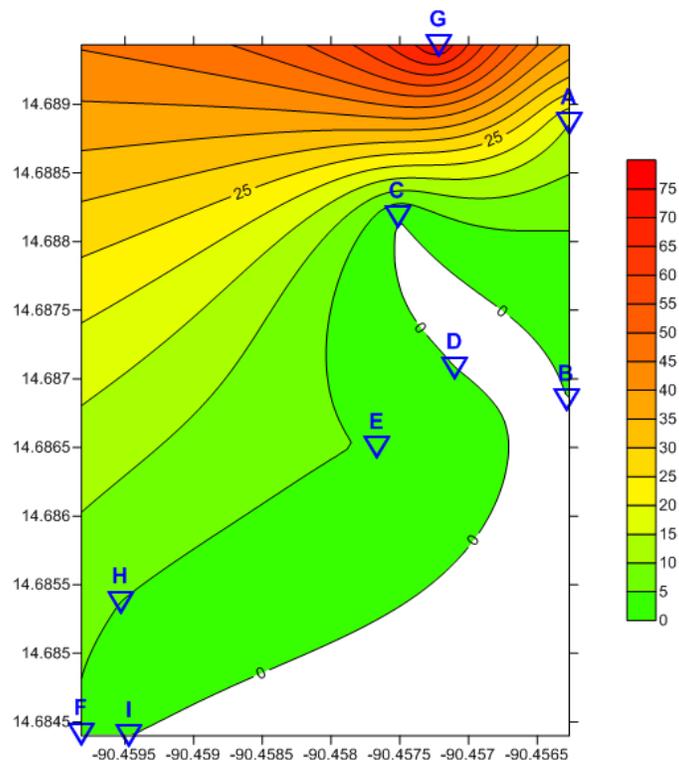


Figura 6: Mapa de distribución espacial del comportamiento del ojo de gallo. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 16: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.6.6 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE GRILLO

Idiarthron subquadratum Saussure & Pictet (Orthoptera: Tettigonidae)

El daño ocasionado por ésta plaga puede ser, en función de su nivel poblacional, económicamente importante. La razón de ser de ésta pérdida es el daño directo que ocasiona al lesionar tallos, ramas y hojas de la planta, consecuentemente forzando a la misma a gastar energía para sanar y brotar, además ocasiona daños indirectos al afectar la arquitectura de la planta y al permitir el ingreso de otras plagas y/o enfermedades fungosas.

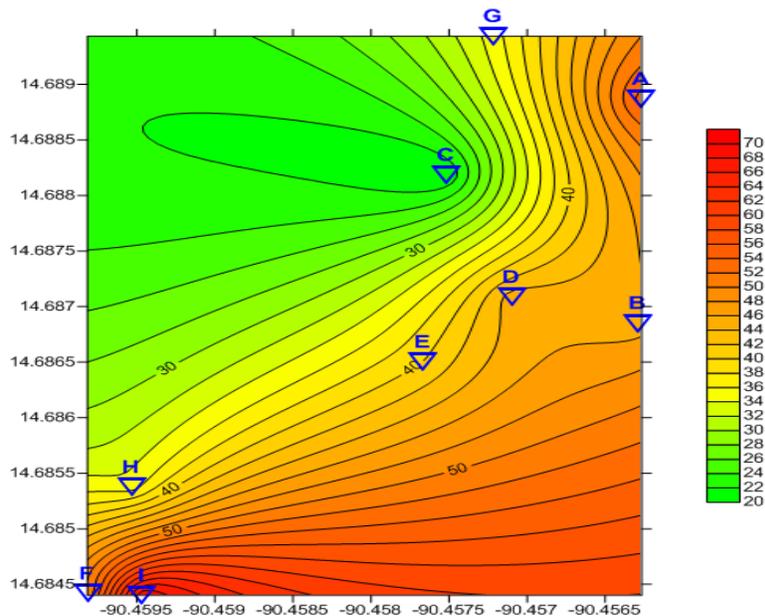


Figura 7: Mapa de distribución espacial del comportamiento del grillo. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 17: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.6.7 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE MINADOR DE LA HOJA

Leucoptera coffeella (Guérin-Ménéville) (*Lepidoptera: Lyonetiidae*)

Aunque éste insecto muestra un elevado nivel de incidencia, la severidad en campo se califica “baja”, sin embargo ésta plaga debe ser monitoreada para evitar el aparecimiento de un brote tal que afecte el desarrollo vegetativo de los lotes, especialmente Joya del Pino y La Pastoría. El manejo de la broca resulta a su vez supresivo para el minador, la aplicación de insecticidas sistémicos en áreas específicas contribuye a la reducción del nivel poblacional de la plaga.

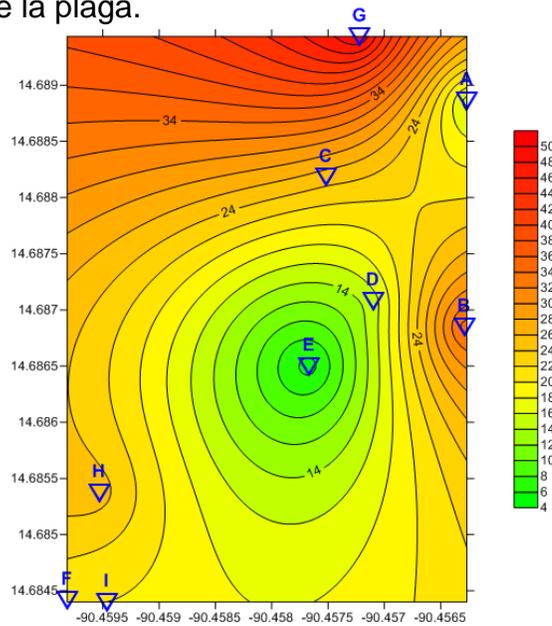


Figura 8: Mapa de distribución espacial del comportamiento del minador. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011

Cuadro 18: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.6.8 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE ÁCAROS

Oligonychus coffeae (Nietner)(Acarina: Tetranychidae)

Éste año se observó en diferentes localidades de Guatemala la explosión poblacional de éste ácaro, en finca Argelia se cuantificaron poblaciones relativamente altas, aunque su efecto sobre la plantación no fue cuantificado por la dificultad técnica que implica, la sintomatología observada sugiere que existe daño en al menos el 10% de las plantas de la finca. Para su manejo integrado puede considerarse la incorporación de azufre elemental (acaricida) en mezcla fungicida con el doble propósito de reducir la población del ácaro. También se observaron ácaros benéficos (depredadores) que eventualmente equilibrarán el sistema. La población de los ácaros fluctúa en función de la precipitación pluvial por lo que su muestreo debe hacerse en época seca, nuevamente al integrar, debe considerarse en las aplicaciones tempranas contra enfermedades fungosas la incorporación de sustancias acaricidas. Las áreas ventosas y secas tienden a concentrar las poblaciones de los ácaros, en razón de lo anterior en los márgenes de la finca, donde la cobertura vegetal se reduce (ambiente relativamente más seco) las poblaciones tienden a elevarse.

Cuadro 19: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

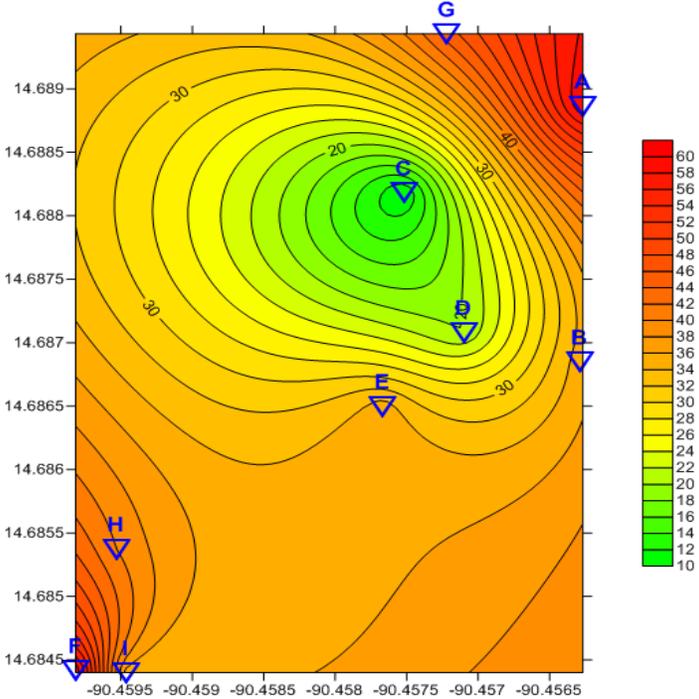


Figura 9: Mapa de distribución espacial del comportamiento de los ácaros. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

5.2.7 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PLAGAS DE RAÍCES

5.2.7.1 MAPA EPIDEMIOLÓGICO DE DISTRIBUCIÓN DE NEMATODO LESIONADOR

Pratylenchus spp. Filipjev

Éste nematodo tiene el hábito de vivir dentro de las raíces del café principalmente, tiene diversos hospederos y puede alcanzar altos niveles poblacionales, en función de su agresividad natural y otros factores como el contenido de arena en el suelo (arriba de 30%) puede ocasionar estragos en la salud del café. Dado su comportamiento alimenticio, parecido al de un insecto, ocasiona múltiples lesiones en las raíces, en los sitios donde se alimenta que posteriormente pueden permitir el ingreso de patógenos que hacen extensa la lesión inicial.

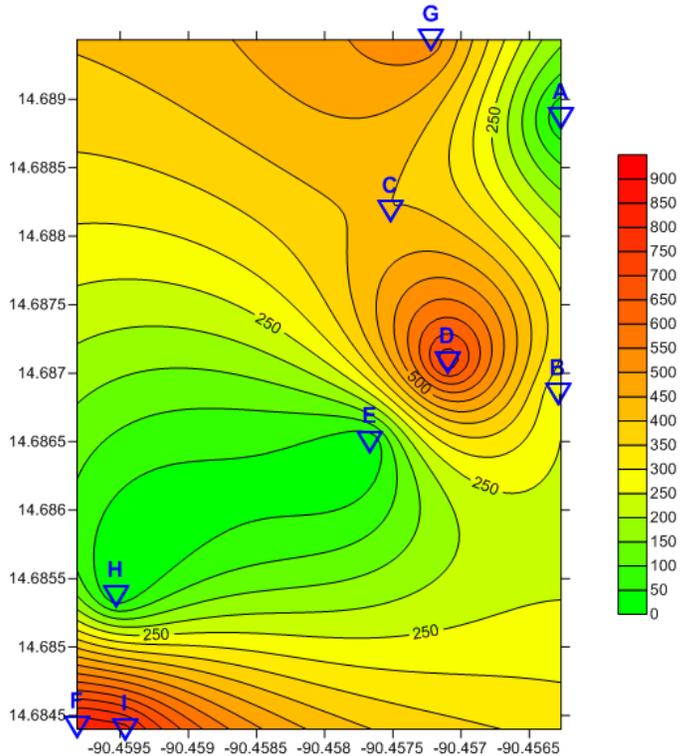


Figura 10: Mapa de distribución espacial del comportamiento del nematodo. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 20: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

Debe considerarse como el primer paso para el éxito en la convivencia con ésta plaga ya establecida su presencia la siembra de almacigo libre de la plaga, además del control químico por al menos dos años luego de la siembra. Otro momento oportuno para controlar la población de nematodos con nematicidas sistémicos es al momento de la poda baja, momento en el cual la planta de café naturalmente reduce su sistema radicular en función de lo que los nematodos presentes se concentran en las raíces restantes, pudiendo ocasionar gran daño a las mismas. Vale la pena mencionar que no se encontraron otras plagas radiculares tales como gallina ciega, cochinillas de raíces ni nematodos del género *Meloidogyne*.

5.2.8 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN EDAFOLÓGICA

5.2.8.1 MAPA DE PROFUNDIDAD EFECTIVA

Siendo que la profundidad efectiva es aquella a la que las raíces de las plantas (comunes) pueden penetrar sin obstáculos, la cuantificación para el caso del café se fundamenta en un principio físico: compactación, que es la consolidación del suelo, medida a través de la presión que debe aplicarse (energía) para romperlo. Para el caso en estudio se consideró efectiva la capa de suelo que podía penetrarse con el instrumento de medición (penetrómetro) aplicando 300 psi (libras por pulgada cuadrada) de presión. A ésta se considera que difícilmente las raíces del café podrían desarrollarse y efectivamente se comprobó en las excavaciones realizadas en campo.

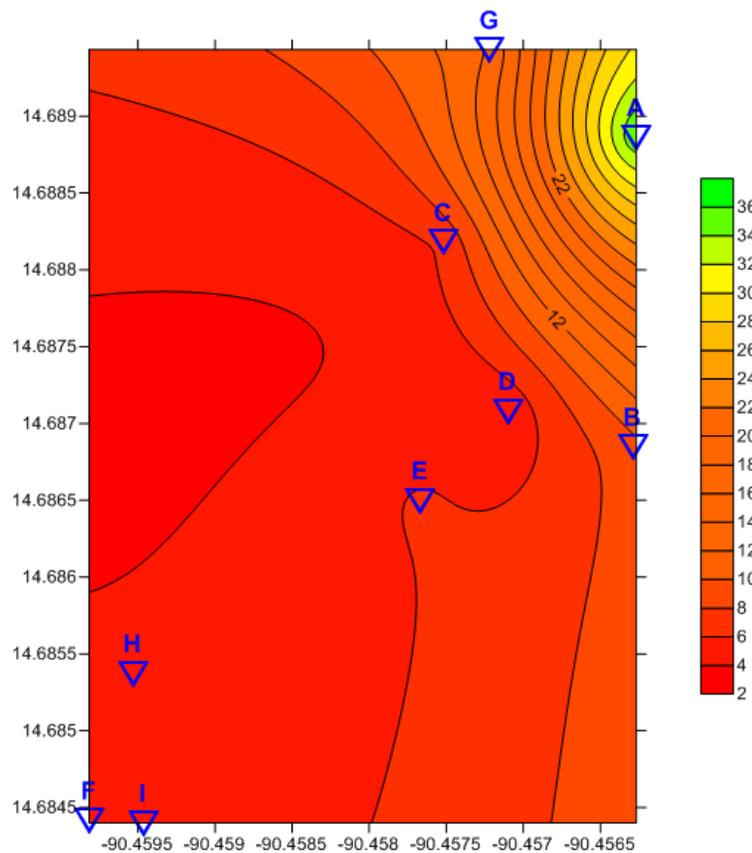


Figura 177: Mapa de distribución espacial de la profundidad efectiva del suelo. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 21: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

Dada la relativamente baja profundidad efectiva (poca) que tiene el suelo de la finca, deben considerarse técnicas culturales y aplicaciones de enmiendas que tiendan a cambiar la estructura del suelo, haciéndolo más permeable y accesible a las raíces del café. A la vez se pudo constatar que la capa compactada corresponde a un duripan: no es una capa relativamente delgada que pueda romperse con el ahoyado, deben hacerse enmiendas de otro tipo y conservación de suelo.

5.2.9 MAPA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PENDIENTE

La pendiente es un indicador claro del potencial de uso que tiene el suelo, las áreas más planas de la finca tienden a tener menor incidencia de plagas, sin embargo la topografía de los lotes Candadillo 1, El Limonar y Joya del Pino, los hace más susceptibles a éstas al tener las pendientes más fuertes registradas en promedio.

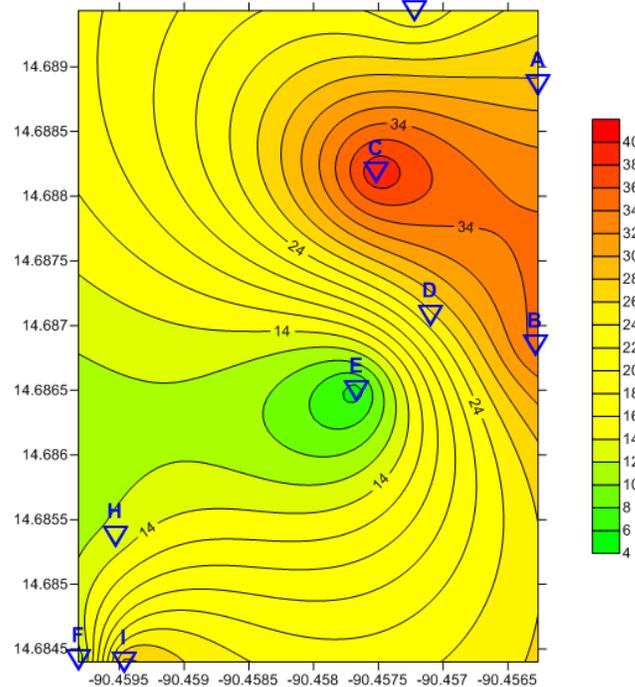


Figura 11: Mapa de distribución espacial de la pendiente de la finca Argelia, Ciudad de Guatemala. 2011.

Cuadro 22: Identificación de sitios de muestreo. Muestreo Integral 2011. Finca Argelia, Ciudad de Guatemala.

A	CANDADILLO 1
B	LA PASTORIA
C	EL LIMONAR
D	CANDADILLO 2
E	LA HUERTA
F	CHICO DOMINGUEZ
G	JOYA DEL PINO
H	PILITA
I	COLMENAR

5.2.10 PLAN DE MANEJO FITOSANITARIO

A partir de un diagnóstico fitosanitario realizado en cada uno de los lotes seleccionados, se cuantificó la incidencia de plagas y enfermedades, siendo la roya del café la enfermedad que predominó a nivel de incidencia en todos los casos. Por lo tanto bajo un enfoque de manejo integrado de la enfermedad, consideramos los siguientes componentes y recomendaciones.

Monitoreo de campo, permite estimar la cantidad de enfermedad presente en el cafetal.

El departamento técnico de ANACAFE promueve el uso de los fungicidas propuestos a continuación según la guía técnica del caficultor:

- Fungicida sistémico - ALTO 100 SL - (0.5 – 0.8 L/ha)
- Fungicidas de contacto - Caldo viçosa – (para plantas de 1.5m de altura: 420L/mz)
 - Sulfato de cobre (2,150 g).
 - Sulfato de cinc (1,290 g).
 - Sulfato de hierro (1,290g).
 - Acido bórico (645 g)
 - Cal (2,150 g).
 - Urea (opcional)(2,150 g).

Los productos biológicos recomendados para alternar con productos químicos incluyen:

- *Bacillus subtilis* (1000cc/ha).
- Lixiviados de lombricompost (20L/ha).
- *Trichoderma* sp. (250g/ha).

Los lixiviados de lombricompost poseen una elevada carga microbiana y de subproductos de la humificación, así como alta concentración de nutrientes disponibles en las plantas. Debido a la alta concentración microbiana que posee este tipo de lixiviado, genera una acción antagónica a muchos hongos y bacterias que afectan a las plantas.

Se recomienda el siguiente programa de aplicación de productos químicos y biológicos para el manejo de la roya en parcelas de café.

Cuadro 23: Programación de aplicaciones de productos químicos y biológicos para el manejo de la roya del café.

1ra semana de Mayo	1ra semana de Junio	1ra semana de Julio	1ra semana de Agosto	1ra semana de Septiembre
Fungicida sistémico	<i>Bacillus subtilis</i> + Lixiviados	Caldo viçosa	Fungicida sistémico	<i>Trichoderma</i> sp. + Lixiviados

Los productos que se encuentran dentro de la programación de aplicaciones para el plan de manejo fitosanitario recomendado poseen un espectro lo suficientemente amplio por lo que el efecto en el control de otras enfermedades puede ser positivo.

5.2.11 PLAN DE MANEJO DE TEJIDOS

En la finca Argelia actualmente utilizan un manejo de tejido de recepa selectivo o por surcos, en la fase de diagnóstico observamos que mediante este sistema de manejo de tejidos se deja de percibir tejido productivo por al menos 2 años en los surcos de mayor edad, a la vez el tejido muy viejo puede ser hospedero de algún patógeno que pueda afectar el desarrollo de los brotes tiernos de la reciente recepa.

Por lo anteriormente diagnosticado se propone como plan de manejo de tejidos una poda por bloque, dependiendo del área del lote a manejar y en función del área total de la finca, corresponderá el porcentaje del área podada. En este caso se recomienda recepar el 16.6% de la finca anualmente, comenzando por los lotes mayormente atacados por el patógeno de la roya del café ya que podría tener un efecto de saneamiento así como productivo ya que estos son los que poseen la menor cantidad de tejido productivo, por lo tanto se tendría tejido productivo por al menos 5 años. Este sistema presenta varias ventajas.

- El operador no necesita de criterios técnicos para ejecutar la poda, únicamente será capacitado en la técnica de poda a realizar.
- Uniformidad de los cafetos, crecen bajo las mismas condiciones.
- Racionalización en la aplicación de insumos por lotes.
- Suele ser fácil de programar, ejecutar y supervisar, redundando en costos.
- Maduración uniforme, facilitando el corte en la cosecha.
- Concentración de actividades culturales como manejos de sombra y malezas.

5.3 CONCLUSIONES

- En la finca Argelia se ejecuta actualmente un manejo de tejidos ó poda en surco a cada nueve años, la calidad en el aspecto nutricional y fitosanitario a disminuido a causa de la baja de los precios internacionales del café. Estos aspectos favorecen los brotes de plagas y enfermedades a lo largo del año, el cual la roya del café es la predominante.
- Según la información generada a partir del muestreo integral realizado en la finca Argelia se puede diagnosticar la distribución exacta de determinadas plagas y enfermedades, esto con el fin de ser más eficientes y eficaces en su control.
- En función de los hallazgos iniciales del diagnóstico y con la finalidad de ofrecer soluciones efectivas al principal problema detectado (Roya del café), se estableció una evaluación del efecto de dos sistemas de manejo de la enfermedad: manejo integrado (fungicidas sistémicos, de contacto y biológicos) y manejo biológico, del cual se tienen resultados positivos, en los que el tratamiento integrado ha disminuido la enfermedad (Capítulo 2).

5.4 RECOMENDACIONES

- Adoptar el manejo de tejidos en bloque para un mejor control integrado de la roya en plantaciones de café, conjuntamente con una programación adecuada de aplicaciones de fungicidas.
- Considerar para el diseño integrado de las estrategias de control de la roya del café, la utilización de variedades resistentes a dicha enfermedad, como Catimores y/o Sarchimores, ya que la roya del café es la enfermedad con la mayor incidencia registrada en toda la finca.
- Implementar la programación de aplicaciones de fungicidas sistémicos, de contacto y biológicos de manera combinada para el manejo de la roya del café establecida en el presente documento.
- Cuantificar mensualmente el nivel de daño ocasionado por la roya en la plantación de café, así como el comportamiento de la enfermedad a través del tiempo.

5.5 EVALUACIÓN

- Con la elaboración de los mapas de distribución espacial a partir del muestreo integral de las plagas y enfermedades, se logró diagnosticar las condiciones fitosanitarias de la finca Argelia mediante la sectorización a una escala de 1:2,000 de todos los pantes de la finca, además de conocer el uso actual de la tierra.
- Estos mapas están diseñados para tomar decisiones rápidas y precisas del manejo fitosanitario de la finca a partir de conocer la distribución real de las plagas y enfermedades.