

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS - IIA -

**EPIDEMIOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD OJO DE GALLO DEL CAFÉ (*Coffea arabica*)
CAUSADA POR EL HONGO *Mycena citricolor* Berk. & Curt. EN EL ÁREA CENTRO
OCCIDENTAL DE GUATEMALA, C.A.**

TESIS

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

POR

ALEX RUBÉN FRANCISCO PACHECO SAPON

En el acto de investidura como,

**INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, MAYO 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

Dr. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL II	Ing. Agr. Msc. Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. Msc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	Bachiller Lorena Carolina Flores Pineda
VOCAL V	Per. Agr. Josué Antonio Martínez Roque
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

Guatemala mayo del 2012

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

Honorables Miembros:

De conformidad con la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

EPIDEMIOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD OJO DE GALLO DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) CAUSADA POR EL HONGO *Mycena citricolor* Berk. & Curt. EN EL ÁREA CENTRO OCCIDENTAL DE GUATEMALA, C.A.

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarle mi agradecimiento.

Atentamente,

ALEX RUBÉN FRANCISCO PACHECO SAPON

1 CONTENIDO GENERAL		PÁGINA
1	CONTENIDO GENERAL	i
1.1	ÍNDICE DE CUADROS	iv
1.2	ÍNDICE DE FIGURAS	v
2	RESUMEN.....	1
3	INTRODUCCIÓN.....	3
4	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	4
5	MARCO TEÓRICO	5
5.1	Marco conceptual	5
5.1.1	Importancia económica de la caficultura en Guatemala.....	5
5.1.2	Sistemática y fenología del café.....	5
5.1.2.1	Caracteres botánicos del café	5
5.1.2.2	Fases fenológicas del café	5
5.1.3	Morfología del cafeto.....	5
5.1.3.1	Raíz	5
5.1.3.2	Tallo y hojas	6
5.1.3.3	Flor	6
5.1.3.4	Fruto	6
5.1.4	Especies y variedades del cafeto.....	6
5.1.5	Agro ecosistema del café en Guatemala	7
5.1.6	Enfermedades del café	8
5.1.6.1	Ojo de gallo causado por <i>Mycena citricolor</i>	8
5.1.6.2	Patógeno	9
5.1.6.3	Mecanismo de patogénesis del ojo de gallo	10
5.1.6.4	Sintomatología de ojo de gallo	10
5.1.6.5	Daños que causa la enfermedad ojo de gallo.....	10
5.1.6.6	Epidemiología del ojo de gallo.....	11
5.1.7	Cuantificación de una epidemia	11
5.1.8	Incidencia.....	11
5.1.9	Severidad.....	12
5.1.9.1	Sistemas visuales de medición de severidad	12
5.1.9.2	Sistemas automatizados de medición de severidad.....	12

	PÁGINA
5.1.9.3 Transformación de valores de severidad	12
5.1.10 Análisis temporal de una epidemia.....	13
5.1.11 Análisis espacial de una epidemia.....	13
5.1.11.1 Índices de dispersión utilizados para análisis espacial de enfermedades.....	13
5.1.12 Manejo del cultivo de café	14
5.1.12.1 Clima.....	14
5.1.12.2 Suelo.....	15
5.1.12.2.1 Manejo del suelo	15
5.1.12.3 Sombra del cafetal	15
5.1.12.4 Plagas comunes en el cafeto	16
5.1.12.5 Malezas en el cafetal	17
5.1.12.6 Poda del café	17
5.1.12.6.1 Tipos de poda.....	18
5.1.12.7 Cosecha del café	18
5.2 Marco georeferencial	19
5.2.1 Área de estudio	19
6 OBJETIVOS	20
6.1 General	20
6.2 Específicos.....	20
7 HIPÓTESIS.....	21
8 METODOLOGÍA	22
8.1 Cuantificación de la enfermedad ojo de gallo	22
8.2 Descripción de aspectos relacionados a la biología de <i>Mycena citricolor</i>	22
8.3 Listado de variedades de café y su relación con la enfermedad ojo de gallo	23
8.4 Sistema de producción de café y su relación con ojo de gallo del cafeto.	23
9 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
9.1 Cuantificación de la enfermedad ojo de gallo causada por <i>Mycena citricolor</i>	24
9.1.1 Análisis temporal y espacial de la enfermedad, para el estrato altitudinal de producción de café de 1700 - 1000 m.....	24
9.1.1.1 Parcela de monitoreo en San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos	25
9.1.1.2 Parcela de monitoreo en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango.....	27

	PÁGINA
9.1.1.3 Parcela de monitoreo en El Palmar, Quetzaltenango	27
9.1.1.4 Parcela de monitoreo en San Juan Alotenango, Sacatepéquez.....	30
9.1.1.5 Parcela de monitoreo en Santa Bárbara, Suchitepéquez.....	30
9.1.2 Análisis temporal y espacial de la enfermedad, para el estrato altitudinal de producción de café en 700 - 1000 m	34
9.1.2.1 Parcela de monitoreo en El Palmar, Quetzaltenango	34
9.1.2.2 Parcela de monitoreo en El Tumbador, San Marcos	35
9.1.2.3 Parcela de monitoreo en Samayac, Suchitepéquez	38
9.1.3 Análisis temporal y espacial de la enfermedad, para el estrato altitudinal de producción de café de 700 – 500 m.....	39
9.1.3.1 Parcela de monitoreo en El Rodeo, Escuintla	40
9.1.3.2 Parcela de monitoreo en Coatepeque, Quetzaltenango	41
9.2 Descripción de aspectos relacionados a la biología de <i>Mycena citricolor</i>	44
9.2.1 Mecanismos de reproducción	44
9.2.1.1 Fase teleomórfica o sexual.....	44
9.2.1.2 Fase anamórfica o asexual.....	44
9.2.1.2.1 Aislamiento y multiplicación de <i>Mycena citricolor</i>	46
9.2.2 Proceso de patogénesis.....	47
9.2.3 Época en que ocurre la epidemia de ojo de gallo en Guatemala.....	48
9.2.3.1 Sobrevivencia del hongo	48
9.2.3.2 Inóculo secundario	48
9.2.3.2.1 Cuantificación de lesiones ocasionadas por <i>Mycena citricolor</i> en hojas de café	50
9.2.3.2.2 Importancia y cantidad de inóculo de <i>Mycena citricolor</i> en el suelo	51
9.2.3.2.3 Diámetro de lesión en hojas recolectadas en planta y en el suelo	52
9.2.3.3 Fructificación del hongo en hojas de la planta.....	53
9.2.4 Ciclo de la enfermedad ojo de gallo causada por <i>Mycena citricolor</i> en café.....	55
9.2.5 Fases fenológicas del café y su relación con ojo de gallo.....	56
9.3 Principales factores climáticos y su relación con ojo de gallo	58
9.3.1 Relación temperatura – ojo de gallo.....	58
9.3.2 Relación humedad relativa – ojo de gallo	59
9.3.3 Relación precipitación – ojo de gallo.....	59

9.4	Variedades de café y su relación con ojo de gallo	60
9.4.1.1	Hospederos alternos del hongo <i>Mycena citricolor</i> en plantaciones de café.....	65
9.5	Sistema de producción del cultivo de café y su relación con ojo de gallo.....	66
9.5.1	Distanciamientos de siembra y su relación con ojo de gallo.....	67
9.5.2	Manejo de tejidos y su relación con ojo de gallo	67
9.5.3	Prácticas de manejo de los agricultores hacia ojo de gallo	69
10	CONCLUSIONES	70
11	RECOMENDACIONES.....	71
12	BIBLIOGRAFÍA	72
13	ANEXOS.....	76

1.1 ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Especies y nombres comunes de árboles de sombra usados en la caficultura guatemalteca	16
Cuadro 2.	Ubicación de parcelas de monitoreo de ojo de gallo según departamento, municipio, altitud (m), coordenadas y variedad de café.	19
Cuadro 3.	Principales datos de pasaporte de las localidades contempladas en el estudio de la epidemia ojo de gallo, 2009 - 2010.	24
Cuadro 4.	Patrón de crecimiento micelial de distintos aislamientos del hongo <i>Mycena citricolor</i> por localidad y altitud caracterización <i>in vitro</i> , 2009.	46
Cuadro 5.	Correlación entre factores climáticos e índices de la enfermedad ojo de gallo de tres localidades de muestreo del estrato altitudinal alto.	60
Cuadro 6.	Apreciación de agricultores de la distribución de variedades de café en los y su relación con ojo de gallo a partir de 62 agricultores encuestados.....	61
Cuadro 7.	Apreciación de agricultores de la distribución de variedades de café y su relación con la enfermedad ojo de gallo	62
Cuadro 8.	Resumen de encuesta e información brindada por 62 agricultores.....	63
Cuadro 9.	Análisis de varianza para datos del área bajo la curva de ojo de gallo.	64
Cuadro 10.	Prueba de tukey según valor del área bajo la curva de ojo de gallo.....	64
Cuadro 11.	Hospederos alternos del hongo <i>Mycena citricolor</i> para las regiones cafetaleras de Guatemala.....	66

1.2 ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1. Agro ecosistema del café con sombra para Guatemala	8
Figura 2. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catuaí en parcela de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos, 2009 – 2010.	26
Figura 3. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catuaí en parcela de San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2009-2010.	28
Figura 4. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catimor en parcela de El Palmar, Quetzaltenango, 2009 – 2010.	29
Figura 5. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Caturra en parcela de San Juan Alotenango, Sacatepéquez, 2009 – 2010.	31
Figura 6. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Caturra en parcela de Santa Bárbara Suchitepéquez, 2009.	32
Figura 7. Análisis temporal de ojo de gallo en plantación de café con mezcla de las variedades Bourbon y Catuaí en parcela de El Palmar, Quetzaltenango, 2009 – 2010.	36
Figura 8. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Caturra en parcela de El Tumbador, San Marcos, 2009 – 2010.	37
Figura 9. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catimor Costa Rica 95 en parcela de Samayac, Suchitepéquez, 2009 – 2010.	39
Figura 10. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Caturra en parcela de El Rodeo, Rodeo Escuintla, 2009 - 2010.	42
Figura 11. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catuaí en parcela de Coatepeque Quetzaltenango, 2009 – 2010.	43
Figura 12. Fase teleomórfica del hongo <i>Mycena citricolor</i> , a. Basidiocarpo color amarillo, catalogado como 2.5 Y 8/8, según Tabla de Munsell. b. basidiocarpo de café en descomposición y c. vista de lamelas y basidio.	45
Figura 13. Diseño de la fase asexual del hongo <i>Mycena citricolor</i>	45
Figura 14. Proceso de patogénesis de ojo de gallo para Guatemala.	49
Figura 15. Épocas en que ocurre la epidemia de ojo de gallo en base a la precipitación en Suchitepéquez.	49
Figura 16. Tipos de lesión causado por el hongo <i>Mycena citricolor</i>	50
Figura 17. Curva del comportamiento de tipo de lesión en hoja recolectada en la planta versus precipitación. Guatemala 2009 – 2010.	51
Figura 18. Curva del comportamiento de número de lesiones de ojo de gallo, en hojas de café recolectadas en el suelo versus precipitación. Guatemala 2009 – 2010.	52
Figura 19. Curva del comportamiento de los diámetros de lesiones de ojo de gallo en hojas en la planta y en el suelo. Guatemala 2009 – 2010.	53
Figura 20. Curva del comportamiento de fructificación de gemas asexuales de <i>M. citricolor</i> en hojas de café según lado de la hoja versus precipitación.	54
Figura 21. Ciclo de la enfermedad ojo de gallo causada por <i>Mycena citricolor</i> en el cultivo de café para las condiciones de Guatemala.	55

	PÁGINA
Figura 22. Fenología del café en regiones productoras ubicadas en el estrato altitudinal de producción de café entre 1700 a 1000 m en la zona montañosa del sur de Guatemala.....	57
Figura 23. Curva del progreso de ojo de gallo y número de hojas por rama en relación a la fenología del café.	57
Figura 24. Hospederos alternos del hongo <i>M. citricolor</i> adyacentes a cafetales.....	65
Figura 25. Distanciamientos de siembra de café en metros, utilizados por caficultores en los departamentos de Quetzaltenango y San Marcos.	68
Figura 26. Sistema de manejo de tejidos del cultivo de café café utilizados por caficultores departamentos de Quetzaltenango y San Marcos.....	68

Epidemiología de la enfermedad ojo de gallo del café (*Coffea arabica*) causada por el hongo *Mycena citricolor* Berk & Curt en el área centro occidental de Guatemala, C.A,

Epidemiology of eye spot caused by *Mycena citricolor* Berk & Curt in coffee (*Coffea arabica*) crop in the wester central area of Guatemala, C.A.

RESUMEN

La enfermedad ojo de gallo ocasionada por *Mycena citricolor*, es el principal problema en plantaciones de café arábica en las áreas altas y húmedas en Guatemala y otros países en Centroamérica. El hongo afecta hojas maduras y jóvenes, brotes nuevos y frutos en diferentes estado de desarrollo del cafeto. El problema se observa principalmente en cafetales en altitud de 1000 a 1700 m.

Esta investigación consistió en estudiar la epidemiología de ojo de gallo. Se establecieron diez parcelas de monitoreo de la enfermedad, distribuidas en tres estratos altitudinales comprendidos entre 500 a 1700 m, en fincas de producción de café en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla. En cada localidad se delimitaron 192 plantas (8 surcos x 24 plantas) en las cuales se realizaron lecturas de intensidad de ojo de gallo. También se marcaron 20 ramas en diez plantas de café donde se cuantificó el número de hojas, hojas nuevas y hojas con síntomas de la enfermedad. Las lecturas se realizaron a cada 30 días por espacio de dos años (2009 – 2010). En estas visitas se recolectaron hojas de café provenientes de la planta y hojas de café que se encontraban en el suelo, las cuales presentaban síntomas de la enfermedad; en estas se cuantificó número de gemas y lesiones por hoja. A partir de esta información se realizó análisis temporal y espacial de la enfermedad con objetivo descriptivo. Información del manejo del cultivo y de la enfermedad se obtuvo a través de entrevistas y paso de boleta a los agricultores.

En la cuantificación de ojo de gallo, se determinó que cafetales ubicados a más de 1000 m de altitud, son los más afectados. Por el método de plantas enfermas en esa altitud se cuantificó incidencia de 100% y mínima de 5.02%, severidad entre 1.14% a 76.56% y patrón de dispersión uniforme principalmente. En el método de rama, se cuantificó máximo de 76.25% y mínimo de 0% de incidencia, para el mismo estrato. Alrededor de 1000 m la enfermedad fue menor con máximo de 59% de incidencia y 13.33% de severidad con muestreo de plantas y 14.48% como máximo de incidencia por el método de ramas. En café situado en altitud inferior a 700 m se cuantificó máximo de 52% de incidencia y 10.20% de severidad en plantas, y 5.61% de incidencia en ramas de café. En altitud menor a 1000 m el patrón de la enfermedad fue aleatorio y agregado.

En el ciclo patológico de ojo de gallo en café en el campo, se encontraron dos tipos de reproducción del hongo. La fase teleomórfica que es un basidiocarpo amarillo, diminuto, de consistencia suave y mucilaginoso; es esporádica y no es importante en el ciclo de la enfermedad. La fase anamórfica involucra gemas responsables de ocasionar infecciones y posterior apareamiento de lesiones. Se encontraron 254 gemas como máximo en el haz de una hoja de

café y 68 gemas en el envés. La importancia de esta enfermedad se centra en localidades a más de 1000 m donde se encuentran cultivadas las variedades de café: Catuaí, Caturra, Bourbon y Catimor enlistadas en orden de uso. Éstas no tienen resistencia a *Mycena citricolor* y Catimor es más susceptible. En altitudes menores de 1000 m se cultiva Caturra, Catuaí y Catimor con menos daños.

En relación al clima, en época seca el inóculo residual o primario es importante y en la lluviosa se presenta el inóculo secundario y ocurre la epidemia. En altitud superior a 1000 m, la precipitación oscila entre 2000 a 5000 mm/año, prolongados periodos de mojado foliar, humedad relativa superior a 80% y temperatura en torno de 20°C, ambiente favorable para la multiplicación del hongo e incremento de la intensidad de enfermedad. En cuanto al manejo agronómico del café, con énfasis a las fincas ubicadas arriba de 1000 m de altitud, se determinó altas densidades de siembra que propician ambiente húmedo, poca ventilación, mayor número de horas de mojado foliar de los cafetales, mal manejo de tejidos enfermos que favorece la epidemia de ojo de gallo. En relación a las prácticas de control químico, los agricultores realizan dos a tres aplicaciones de fungicidas durante el año con enfoque curativo, en la mayoría de ocasiones es tardía y aislada que resulta ineficaz y no influye en el manejo de la enfermedad.

En base a esta información, se recomienda brindar manejo preventivo e integrado de la enfermedad. En el establecimiento de nuevas plantaciones en regiones húmedas situadas arriba de 1000 m de altitud, planificar densidades de siembra no mayores de 3500 plantas/ha. Debe considerarse prácticas tendientes a la ventilación de cafetos para disminuir mojado foliar como manejo de árboles que proporcionan sombra, manejo de tejidos, fertilización adecuada basada en análisis de laboratorio y en la utilización de fungicidas de preferencia de acción sistémica previo a las lluvias, esto ayuda a la reducción de inóculo primario. Para futuros estudios de cuantificación de ojo de gallo, utilizar el método de muestreo de ramas que es efectivo para análisis temporal.

2 INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país eminentemente agrícola este ámbito aporta alrededor de 27,542.8 millones de quetzales al producto interno bruto de acuerdo al Banco de Guatemala para el 2011. Parte de los ingresos de su economía depende de la caficultura lo cual representa el 12% del valor de las exportaciones del país. El país cuenta con condiciones climáticas favorables para la producción de café de calidad, lo que ha hecho que el cultivo tenga aceptación y popularidad a nivel mundial. Es necesario conocer las necesidades del cultivo, el manejo y las exigencias del mercado para obtener una producción de calidad, estas actividades conllevan el manejo integral de las enfermedades, ya que el cultivo es uno de los productos agrícolas más susceptibles a las condiciones del clima.

La presencia de la enfermedad ojo de gallo causada por *Mycena citricolor* se acentúa más durante la época de mayor precipitación pluvial, siendo una de las enfermedades de mayor importancia en la caficultura guatemalteca y del istmo centroamericano. Barquero (2011) indica que con incidencia inicial del 20% el lote de café puede sufrir pérdidas de cosecha en torno al 60%. El presente estudio surgió ante la necesidad de obtener información del avance o incremento de la enfermedad en varias zonas productoras de café en Guatemala. Se estudiaron las condiciones que favorecen o evitan el apareamiento del hongo, en las zonas altas de San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla. El problema se presenta principalmente en cafetos cultivados en altitudes de 900 a 1700 m. Estas áreas se caracterizan por ser húmedas (arriba del 80%), con temperaturas frías (en torno de 20 °C) y precipitación entre 2000 y 5000 mm por año. Los principales factores que contribuyen al desarrollo son: periodos prolongados de mojado foliar, terrenos con pendiente donde no hay exposición directa del sol durante la mañana, manejo de más de tres ejes después de la recepa, deficiencia en planificación de programas de fertilización y manejo de enfermedades además de presencia de cultivares susceptibles como Catimor, entre otros. El problema de ojo de gallo se considera epidemia cuando se observan cambios en la intensidad de la enfermedad en la plantación de café en tiempo y espacio, debido a los factores anteriormente indicados.

El estudio es parte de los proyectos que se ejecutaron en la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ) durante el periodo 2009-2010.

3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La enfermedad ojo de gallo genera pérdidas económicas a los agricultores por los daños que ocasiona al cafeto. Es causada por *Mycena citricolor*, hongo que daña hojas y frutos de la planta de café así como otras especies botánicas que habitan dentro del agroecosistema se puede mencionar las familias Commelinaceae, Compositae y Rubiaceae entre otras. Además, provoca desbalance en la fenología en los cafetos lo cual no es deseado en plantaciones comerciales. El hongo se presenta en áreas donde las condiciones climáticas se caracterizan por ser lluviosas, alta humedad relativa y con baja temperatura. La investigación estuvo orientada a determinar los factores que propician la enfermedad de ojo de gallo con enfoque epidemiológico a fin de obtener información de los elementos que propician dicha epidemia. Se consideraron los principales elementos que constituyen la enfermedad como: patógeno, hospedante y ambiente para las condiciones de la zona montañosa de la costa sur y occidental de Guatemala.

El presente estudio nació de la falta de investigación e información de dicha enfermedad en Guatemala. La necesidad de obtener datos relacionados a la epidemiología del ojo de gallo, en los departamentos del sur-occidente de Guatemala (San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla) principal zona de producción de café arábica (*Coffea arabica*) del país.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Marco conceptual

4.1.1 Importancia económica de la caficultura en Guatemala

La caficultura desempeña un papel crucial en la economía agrícola en diferentes regiones del país, constituyéndose como principal cultivo desde 1859, tanto por el valor de producción como cantidad de divisas y empleo que genera. Dando beneficios económicos a más de 1.7 millones de personas. Representa el 12% del valor de las exportaciones del país con 1 130.7 millones de US dólares según cifras del Banco de Guatemala a noviembre del año 2011.

4.1.2 Sistemática y fenología del café

4.1.2.1 Caracteres botánicos del café

El café pertenece al género *Coffea* de la familia *Rubiaceae* y orden Rubiales. Se menciona que existen más de 100 especies del género de *Coffea* en el mundo; entre ellas la más cultivada es *Coffea arabica* que constituye el 75% del café de exportación y se produce en 61 países, principalmente en Sur y Centroamérica (Sánchez, 1990; Jones 1987).

4.1.2.2 Fases fenológicas del café

De acuerdo a la escala BBCH de Arcila (2002) se citan nueve estadios de desarrollo del cafeto que son:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Germinación | 2. Propagación vegetativa |
| 3. Formación de ramas | 4. Elongación de ramas |
| 5. Desarrollo de la inflorescencia | 6. Floración |
| 7. Desarrollo del fruto y semilla | 8. Maduración del fruto y semilla |
| 9. Senescencia | |

El manejo agronómico del cultivo de café es distinto en cada región pero se distinguen seis etapas en su ciclo de vida que van de la germinación al trasplante (de dos a tres meses), almácigo (de cinco a seis meses), trasplante al campo a la primera floración (once meses) a partir de esta etapa las fases de crecimiento vegetativo y reproductivo y por último la senescencia (De Miguel, 1996).

4.1.3 Morfología del cafeto

4.1.3.1 Raíz

La raíz desempeña funciones de anclaje de la planta y de explorar el suelo, obteniendo el agua y nutrientes de origen mineral y algunos de origen orgánico del suelo. Almacena reservas en forma

de almidón y azúcares solubles. Las estructuras importantes de las raíces son las raicillas secundarias las que debido a su alto número y tamaño pequeño le permiten a la planta explorar un gran volumen del suelo (ANACAFÉ, 1988; Jones, 1987).

4.1.3.2 Tallo y hojas

Entre las estructuras morfológicas importantes del tallo y ramas se encuentran las yemas que contienen meristemas que dan origen en el cafeto al tallo, ramas, “chupones” y a las flores (ANACAFÉ, 1988; Jones, 1987).

La formación de todas las hojas opuestas se inicia en el ápice del tallo y las ramas. Desde el punto de vista funcional, en estas se desarrolla la producción de muchos de los alimentos y hormonas con las cuales la planta crece, se desarrolla y produce sus frutos. Las hojas sirven de vehículo para absorber el anhídrido carbónico atmosférico y la energía radiante del sol así como la pérdida de agua en forma de vapor a través de estomas (ANACAFÉ, 1988; Jones 1987).

4.1.3.3 Flor

Flores bisexuales, actinomorfas rara vez, zigomorfas. Las yemas que dan origen a las inflorescencias están básicamente distribuidas en forma axilar en las ramas laterales a nivel de la base de las hojas en cada nudo y en variedades altamente productivas pueden encontrarse de 40 a 45 flores por nudo, quedando al final 15 a 20 frutos por nudo. Las yemas son de naturaleza vegetativa y por estímulos de días cortos entre los meses de octubre a diciembre se transforman paulatinamente en yemas reproductivas o florales. Las flores individuales son completas hermafroditas y auto fértiles, los cafetos de todas las variedades de *Coffea* tienen un alto porcentaje de autofecundación con una polinización cruzada baja (ANACAFÉ, 1988; Sánchez, 1990; Jones, 1987).

4.1.3.4 Fruto

Drupa, cápsula o baya. En el tercer y medio mes de la floración en el fruto se forma el pergamino y se lignifica definiéndose el tamaño que tendrá el grano. Un déficit hídrico en este periodo puede provocar el secamiento y purga en los frutos tiernos. Inicia el llenado del grano y formación de la semilla, el grano se endurece se forma el mucílago y el fruto alcanza su madurez fisiológica, finalmente el fruto llega a su madurez de corte caracterizado por su color de la cáscara, esto después de ocho a nueve meses de la floración (ANACAFÉ, 1988; Jones 1987).

4.1.4 Especies y variedades del cafeto

Según la Asociación Nacional del Café en Guatemala se cultivan básicamente variedades de la especie *Coffea arabica*, que es la más difundida en el mundo con un aporte del 70%-75% de la producción mundial. Otra especie es *Coffea canephora*, conocida como robusta, para Guatemala

esta variedad representa únicamente un 0.1% del café exportado. Entre las principales variedades comerciales en Guatemala están las siguientes:

- **Typica:** en el campo se le conoce como arábigo. Es un arbusto de porte alto 3.5 a 4 metros, ramas laterales abundantes dispuestas en un ángulo de 50 a 70 grados dándoles forma ligeramente inclinada. Los brotes son de color bronceado. Typica es de baja producción y tiene un acentuado comportamiento bianual en su producción (ANACAFÉ, 2002).
- **Robusta:** arbusto grande y vigoroso rebasando los cuatro metros de altura. Ramas laterales largas y entrenudos largos. Fruto pequeño casi esférico agrupándose en nudos apretados de 15 a 25 frutos, la pulpa es bastante delgada. Se adapta en altitudes entre 450 -780 m (ANACAFÉ, 2002).
- **Bourbón:** comparado con typica, presenta ligera forma cónica, ramas con ángulo más cerrado y mayor número de axilas florales. Los brotes son de color verde. Es una variedad precoz en su maduración con riesgos de caída de frutos. Tiene producciones de 20%-30% superior a typica. Bourbón es cultivado a altitudes que van de 1,060 -1,900 m (ANACAFÉ, 2002).
- **Caturra:** es una planta de porte bajo, eje principal grueso poco ramificado, ramas secundarias abundantes y entrenudos cortos, tiene forma ligeramente angular con buen vigor vegetativo. Se cultiva en la costa sur en altitudes de 450 – 1060 m con precipitación de 2500-3500 mm; en la región central de 900 - 1670 m y en las Verapaces de 780 -1060 m (ANACAFÉ, 2002).
- **Catuaí:** resultado del cruzamiento entre Mundo Novo y Caturra en Brasil. Variedad de porte bajo, las ramas forman un ángulo de porte cerrado y entrenudos cortos. El fruto no se desprende fácilmente de la rama, importante para las zonas donde la maduración coincide con la época de lluvia. Se adapta bien en altitudes que van de 600 – 1380 m en la boca costa, de 1060 – 1670 m en la zona central oriental y norte del país (ANACAFÉ, 2002).
- **Catimor:** producto del cruce entre el híbrido de Timor # 832 – 1 (resistente a la enfermedad roya) y Caturra. En general, los catimores son precoces y productivos y requieren de un buen manejo agronómico. Es susceptible a la enfermedad ojo de gallo y la calidad de taza es inferior si se encuentra establecida en zonas altas (ANACAFÉ, 2006).

4.1.5 *Agro ecosistema del café en Guatemala*

De acuerdo a Medina (2001), los ecosistemas son unidades básicas del mundo natural donde se dan interacciones entre factores abióticos (elementos carentes de vida) y organismos bióticos (organismos productores, consumidores, regeneradores) donde se produce un flujo de energía del

medio físico hacia los seres vivos fundamentalmente a través de la fotosíntesis cadena de alimentos, patrones de diversidad de tiempo y espacio, figura 1.

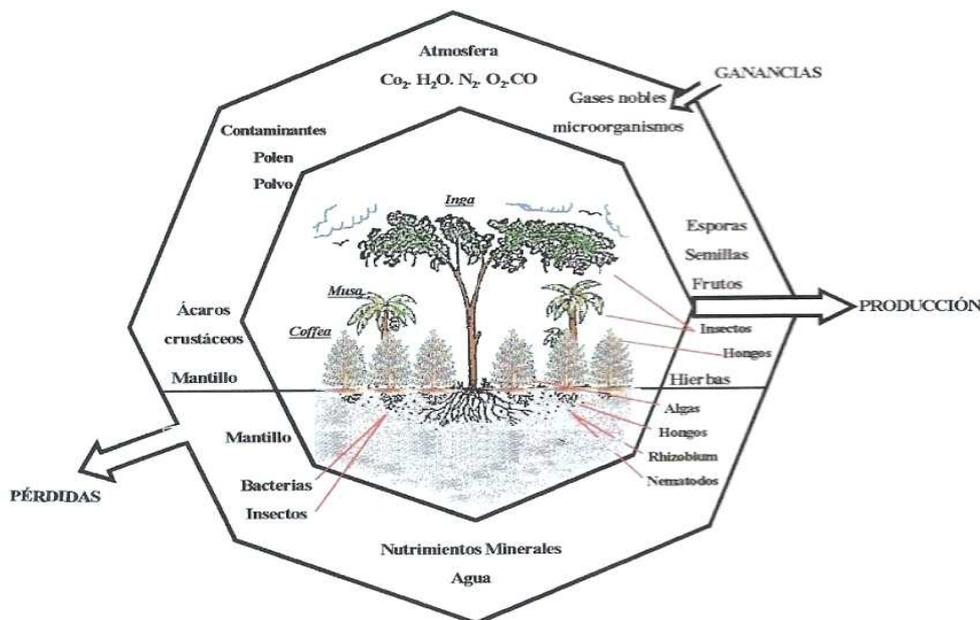


Figura 1. Agro ecosistema del café con sombra para Guatemala

Fuente: Medina, 2001

4.1.6 Enfermedades del café

El cafeto es atacado por organismos que provocan enfermedades entre las cuales se puede citar la roya del café causada por *Hemileia vastatrix* Berk & Br., mancha de hierro por *Cercospora coffeicola*, antracnosis por *Colletotrichum gloesporioides*, ojo de gallo por *Mycena citricolor* Berk y Court. Sacc, phoma por *Phoma costarricensis*, mal de hilachas causado por *Ceratobasidium* (*Pellicularia* = *Koleroga*), mal rosado por *Corticium salmonicolor*, Bacteriosis del palmito por *Xylella fastidiosa*, entre otras. Este conjunto de enfermedades, son controladas en su mayoría por los agricultores por medio de aplicación de productos químicos y por manejo cultural (ANACAFÉ, 2006). La importancia de cada una es relativa de acuerdo al lugar donde se ubica la finca de café.

4.1.6.1 Ojo de gallo causado por *Mycena citricolor*

El ojo de gallo, enfermedad causada por el hongo *M. citricolor*, es de importancia económica en la caficultura guatemalteca y para la región centroamericana. La presencia del hongo se acentúa durante la época lluviosa, por las condiciones favorables que se dan durante esta época para su propagación. La enfermedad inicia con el establecimiento de las lluvias y alcanza niveles altos al inicio del año siguiente (García, s.f.). Ojo de gallo puede encontrarse en cualquier momento del ciclo productivo del café pero es más notoria su presencia en época húmeda ya que en este periodo el hongo se fructifica (García, s.f.). La enfermedad es conocida con varios nombres, dados por los agricultores de cada región: pinta, pinta real, gotera, viruela entre otros.

Según Barquero (2011), un 20% de infección provoca 60% de pérdidas de la cosecha en el mismo año. Las pérdidas en la producción se deben principalmente al debilitamiento de la planta, producto de una excesiva defoliación, caída prematura del fruto y las manchas del mismo en el momento del beneficiado. La movilización de la caficultura hacia zonas de mayor altitud y el establecimiento de variedades susceptibles también ha propiciado condiciones favorables para el desarrollo del hongo, sumándole a eso los constantes fenómenos naturales que han favorecido brotes severos de la enfermedad. Esta es una de las enfermedades de mayor importancia para la caficultura guatemalteca, especialmente en las zonas cafetaleras de los departamentos de Alta Verapaz, San Marcos, Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez y Sololá (Figueroa, 2008), las cuales son zonas medias y altas de Guatemala, en donde se presentan lluvias frecuentes o permanecen bancos de niebla con regular periodicidad.

4.1.6.2 Patógeno

- Taxonomía según Kirk et al. (2008)

Phylum:	Basidiomycota
Subphylum:	Agaricomycotina
Clase:	Basidiomycetes
Orden:	Agaricales
Familia:	Agaricaceae
Género:	<i>Mycena</i>
Especie:	<i>Mycena citricolor</i>

El hongo se caracteriza por producir dos tipos de estructuras de reproducción: las gemas y los basidiocarpos. Las gemas son estructuras pequeñas y amarillentas en forma de alfiler las cuales constan de dos partes, un pedicelo (tallo largado) y una gema (ápice ensanchado), son estructuras de la reproducción asexual y corresponden al estado anamórfico del hongo; se puede apreciar tanto por el haz como por el envés de las hojas en lesiones jóvenes y viejas. Los basidiocarpos son los cuerpos fructíferos de la reproducción sexual y corresponden al estado teleomórfico; se pueden apreciar en el campo principalmente en las lesiones de hojas caídas cuando existen condiciones de alta humedad (Barquero, 2007).

Una vez establecido el hongo dentro de la planta, posiblemente éste utiliza el metabolismo de la misma para alimentarse de ella, degradando la energía metabólica contenida en carbohidratos de reserva (Barquero, 2007). Las gemas se desarrollan cuando el patógeno alcanza el estado de madurez y éstas se desprenden del pedicelo con facilidad, especialmente con el impacto del golpeteo causado por las lluvias, dispersándolas horizontalmente y haciéndolas llegar al haz de las hojas. Las gemas se forman únicamente durante la época lluviosa sobre la superficie de las lesiones e incluso del grano y tallos (Quesada, 1996; Vargas, 1994). Este hongo es un parásito poco especializado que afecta un número considerado de plantas, inclusive 500 especies de diferentes géneros (Domingo, 1996).

De acuerdo con Domingo (1996) en un lapso de siete a diez días después de aparecida la lesión, surgen cuerpos fructíferos por medio de los cuales se propaga la enfermedad estos al ser removidos por la lluvia y diseminados al tejido sano y al encontrar las condiciones favorables provocan una nueva lesión. El ojo de gallo es capaz de sobrevivir de un año a otro sin la presencia de hospederos alternos ya que tiene la capacidad de sobrevivir en algunas lesiones en el cafeto durante la época seca.

4.1.6.3 Mecanismo de patogénesis del ojo de gallo

El hongo incitante pasa durante la época seca en estado latente. Al inicio de la época lluviosa los cuerpos fructíferos aparecen sobre las lesiones donde se inicia la diseminación del hongo por precipitación, viento, hombre u otros factores de diseminación. La infección se realiza por gravedad dañando a la parte baja de la planta (García, s.f.). El hongo dispone de la toxina ácido oxálico para su penetración en el tejido vegetal del cafeto, posee la característica que toma mediante sus haustorios el calcio de las paredes celulares de las hojas lo cual permite la invasión, diseminación y aumentó de la incidencia (Domingo, 1996).

4.1.6.4 Sintomatología de ojo de gallo

La enfermedad se caracteriza por la formación inicial de lesiones circulares u ovaladas de cinco a 15 mm de diámetro en las hojas, de color oscuro cuando las lesiones son jóvenes y de color pardo claro cuando son viejas. El daño principal se presenta cuando ocurre una defoliación y caída de frutos de forma rápida y severa, originada por la interrupción del flujo normal de auxinas desde la lámina foliar hacia el peciolo (Barquero, 2007). El comportamiento de la enfermedad señala que el inicio del periodo lluvioso ocasiona un crecimiento de la enfermedad y una caída leve de hojas (Icafé, s.f.; García, s.f.; Domingo, 1996).

4.1.6.5 Daños que causa la enfermedad ojo de gallo

Según García (s.f.), la enfermedad no solamente daña a las hojas sino también ramas y frutos. El daño a las hojas reduce el área activa de las mismas limitando con ello sus funciones, lo que produce un debilitamiento general en la planta. Las reservas que el cafeto posee las dedica a la producción del follaje, lo cual restringe la alimentación que los frutos requieren, razón por la cual los frutos caen. En la infección de frutos desarrollados el hongo daña la pulpa y el pergamino pudiendo llegar hasta la almendra. En dado caso el café oro saldrá con una pésima presentación y bajará la calidad en la taza. Si solamente se registran daños a la pulpa igual tendrá una mala presentación por los daños ocasionados, todo fruto dañado por ojo de gallo dificulta su despulpamiento y es por ello que en alto porcentaje el pergamino sale con pulpa adherida, manchado y roto (García, s.f.).

4.1.6.6 Epidemiología del ojo de gallo

El desarrollo epidemiológico de *M. citricolor* está muy influenciado por la humedad del ambiente. La distribución de lluvias diarias, la presencia constante de nubosidad que disminuye la radiación solar y los rayos ultravioleta (UV) durante el día, junto con bancos de niebla durante la mañana y la tarde favorecen el desarrollo de la enfermedad. Estas condiciones propician una película de agua tanto sobre las hojas como sobre las lesiones causadas por el patógeno, induciendo la formación de gemas, responsables de mantener o aumentar la presencia de la enfermedad en los cafetales. De acuerdo a un estudio realizado por Avelino & Toledo (1992), para la región norte de Guatemala, la epidemia del ojo de gallo se acentúa notablemente a partir de septiembre, relacionada con un aumento de la pluviometría en el mes de agosto. El porcentaje de incidencia más alto de la enfermedad se registró en marzo (54%).

4.1.7 Cuantificación de una epidemia

Antes de querer cuantificar una epidemia es importante definir en qué consiste este concepto. Epidemia se define como cualquier cambio en la estructura y función de una población de plantas inducida por la población de un patógeno, los cuales interactúan en una comunidad e influenciadas por el ambiente (Mora, 2008).

La cuantificación de una enfermedad se realiza principalmente a partir de dos parámetros que son incidencia y severidad.

4.1.8 Incidencia

Se define como el porcentaje o proporción de plantas u órganos enfermos en una muestra o población, independientemente del grado de severidad. En la práctica la incidencia se determina por medio del conteo de las unidades enfermas *vrs.*, las sanas en una muestra determinada (Mora, 2008).

Algunas características de las mediciones basadas en incidencia:

Ventaja:

- Mayor exactitud, precisión y reproducción (menor error de medición)
- Eficiencia (fácil y rápido)
- Económico

Desventajas

- No adecuado para ciertos tipos de análisis (estimación de pérdidas, análisis de tipo correlativo)
- Puede no ser adecuada para enfermedades no sistémicas

4.1.9 Severidad

Se define como el porcentaje o proporción del tejido u órgano del hospedante con síntomas de la enfermedad. La severidad resulta de integrar el número y tamaño de lesiones (Mora, 2008).

Algunas características de medición basados en severidad se presentan a continuación:

Ventajas

- Flexibilidad para propósitos analíticos
- Apropiado para enfermedades no sistémicas (cenicillas u oídios, manchas foliares)

Desventajas

- Mayor error de medición (menor exactitud, precisión y reproducibilidad)
- Menor eficiencia (lento y difícil)
- Puede ser menos económico

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

4.1.9.1 Sistemas visuales de medición de severidad

- Escala de severidad: se define por una serie de clases, que contienen rangos hasta un máximo de severidad posible para una determinada enfermedad. Una escala debe tener suficientes clases para proporcionar una resolución adecuada para diferenciar grados de severidad (Mora, 2008).
- Diagramas de severidad: es una representación pictórica de ciertos grados de severidad, los cuales pueden ser establecidos de diferentes formas dando lugar a diagramas de severidad arbitraria o escalas arbitrarias. Dichos grados de severidad pueden corresponder a intervalos o clases de una escala de severidad, por lo que en la práctica la mayoría de los diagramas de severidad van acompañados de escalas, transformándose en escalas diagramáticas, ya sea arbitrarias, aritméticas o logarítmicas (Mora, 2008).

4.1.9.2 Sistemas automatizados de medición de severidad.

- Programa 2LOG: se fundamenta en el principio óptico propuesto por Weber – Fechner, el que gráficamente generaría una relación curvilínea entre severidad y niveles de daño o clases de tipo exponencial (Mora, 2008).

4.1.9.3 Transformación de valores de severidad

- Fórmula de Townsend y Heuberguer: empleada para medir el grado de infección con los datos de severidad obtenidos la cual consiste en: $\% S = ((\sum n v) / (K N)) * 100$ donde: $\% S =$

porcentaje de severidad, n = número de plantas por cada categoría o clase, v = valor numérico de cada categoría, N = número total de plantas evaluadas y K = categoría mayor (Brogle, 2004).

4.1.10 *Análisis temporal de una epidemia*

Se hace por medio de la estimación de valores de intensidad de enfermedad por unidad de tiempo. La representación de la enfermedad se hace a través de gráficas o curvas de intensidad de enfermedad y el tiempo. Las variables empleadas para este análisis son: severidad, incidencia, producción, número de lesiones (Mora, 2008).

4.1.11 *Análisis espacial de una epidemia*

Las epidemias pueden caracterizarse en su comportamiento espacial utilizando índices de agregación, intensidad de agregación, tamaño, localización, y forma de los agregados, velocidad de expansión de los focos de infección, índices de dispersión, entre otras. La representación de estos estudios es mediante mapas bi- o tridimensional (Mora, 2008).

El análisis espacial se hace por medio de la disposición espacial de valores de intensidad de enfermedad por unidad de población. Las variables empleadas para dicho análisis incluyen severidad, incidencia, número de unidades enfermas o sanas (Mora, 2008).

4.1.11.1 *Índices de dispersión utilizados para análisis espacial de enfermedades*

Los índices de dispersión o agregación, proveen una medida del grado de agregación espacial en una población. Estos índices, son relativamente simples de calcular e interpretar. Los índices pueden ser computarizados para obtener datos aleatorios localizados en cuadrantes simples o de cuadrantes contagiosos. Dentro de los índices más utilizados se pueden mencionar:

➤ *Índice de Lloyd*

Este índice de dispersión, también puede ser utilizado para indicar la relativa dispersión o agregación de una población de individuos. Éste índice se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$LIP = (x + s^2/x - 1) / x$$

Donde $x + s^2/x - 1$, es definida como el índice de la media de Lloyd (m^*), el número de media por persona individual de otras personas individuales en el mismo cuadrante. La media de Lloyd (m^*) puede también ser interpretada como el número de otras personas individuales que son contenidas en un cuadrante que contiene a una persona individual elegida al azar (Taylor, 1984). La teoría original lógica para LIP (Lloyd, 1967), es que el índice representa muchas agregaciones de muchos individuos, sobre el promedio una persona individual, el cual se da si la población cuenta con una estructura aleatoria debido a que (m^*), debe aumentar con la media. Sin embargo,

como se dijo anteriormente, no hay independencia inherente de LIP y la densidad con los datos legítimos (Taylor, 1984).

La razón biológica fundamental para LIP, es que puede ser aplicable a los agentes patógenos de plantas o a plantas afectadas. El índice es por consiguiente usado empíricamente para los propósitos de comparación solamente y los valores de LIP, tienen interpretaciones similares con respecto al modelo espacial como valores de s^2/x .

Lloyd (1967), presentó un método para determinar los intervalos de confianza para el índice de la irregularidad sobre la base de la suposición de la distribución binaria negativa y describió los datos de recuento, una suposición que no puede estar siempre justificada (Taylor, 1984).

➤ *Índice de Morisita (I_δ)*

Este índice de dispersión, fue propuesto por Morisita (1959, 1962, 1964), el cual es calculado mediante la utilización de la siguiente expresión:

$$(I_\delta) = \frac{n [\sum x(x-1)]}{\sum x (\sum x - 1)} \quad \text{ó} \quad (I_\delta) = \frac{n [\sum (x^2) - \sum x]}{(\sum x)^2 - \sum x}$$

Donde x representa el recuento de cada muestra (cuadrante). Morisita, obtuvo éste índice para medir la variabilidad en la densidad entre grupos relativamente grandes de personas individuales usando la teoría de la diversidad ecológica (Taylor, 1984).

Cuando matemáticamente Morisita derivó este índice, I_δ resultó ser independiente del tamaño del cuadrante a evaluar (Taylor, 1984). Luego de calcular para los mismos datos, los valores de I_δ y LIP, éstos resultaron ser numéricamente similares (Upton y Fingleton, 1985). En dónde el índice de Morisita se representa con la siguiente ecuación:

$$(I_\delta) = \frac{nx(LIP)}{nx - 1}$$

4.1.12 Manejo del cultivo de café

4.1.12.1 Clima

El café se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7500 m^3/ha) hasta 3000 mm (30 000 m^3/ha), si bien el mejor café se produce en aquellas áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 metros, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura media anual es de 16°C a 22°C (ANACAFÉ, 2002).

4.1.12.2 *Suelo*

El café prospera en suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado. Los limos volcánicos son ideales. La reacción del suelo debe ser ácida. Un rango del pH de 4.2-5.1 se considera ideal para el café arábigo (ANACAFÉ, 2002).

4.1.12.2.1 *Manejo del suelo*

El problema más difícil en el cultivo del café, especialmente en las regiones tropicales de las tierras altas, es la conservación del suelo. El mantenimiento de las reservas adecuadas de humedad del suelo, es importante para el café. En tanto que es benéfico, desde el punto de vista de la floración y la cosecha, que las capas superficiales del suelo se sequen hasta cierto grado antes de la presencia de la temporada lluviosa (ANACAFÉ, 2006).

4.1.12.3 *Sombra del cafetal*

En general, el café necesita menos sombra cuando el suelo es mejor y cuando la humedad del aire es más alta. El efecto de la sombra es indirecto, pero está de acuerdo con el comportamiento ecológico de las plantas de café. En Guatemala se utiliza y recomienda sistema de cultivo de café bajo sombra (ANACAFÉ, 2002).

Las principales funciones de la sombra son:

- Protege la plantación de la acción directa de los rayos del sol, lo que disminuye la pérdida de agua del suelo y de la planta de café
- Regula la temperatura de la plantación y del suelo, esto permite un adecuado desarrollo del follaje y raíces, mejorando el aprovechamiento de los elementos nutricionales
- Reduce la erosión del suelo y disminuye la población de malezas
- Protege a la plantación de la acción directa de los vientos y
- Proporciona las condiciones de temperatura y humedad para evitar el apareamiento de enfermedades (ANACAFÉ, 2002).

Entre las características deseables de los árboles de sombra se puede mencionar: buen crecimiento, larga vida, compatibilidad con el cultivo de café, crecimiento rápido, árboles de copa extendida, sistema radicular profundo, resistente a vientos, regeneración rápida y que mantenga el follaje durante todo el año (ANACAFÉ, 2002).

Para establecimiento de árboles de sombra debe de considerarse los siguientes aspectos: a mayor densidad de plantación de café esta necesita mayor densidad de sombra (30-40%) y menor cantidad de luz (70-60%), cuando se cultivan bajo condiciones de alta temperatura, baja humedad relativa y mayor exposición a la luz solar. En contraparte cuando se planifica una menor densidad la plantación necesitara una menor densidad de sombra (25-30%) y una mayor cantidad de luz (75-70%) si es cultivada bajo condiciones de baja temperatura, alta humedad relativa, menor

exposición a la luz solar y alta humedad natural del suelo (ANACAFÉ, 2002). De acuerdo con ANACAFÉ (2006) se puede emplear las siguientes especies:

Cuadro 1. Especies y nombres comunes de árboles de sombra usados en la caficultura guatemalteca

	Nombre científico
Cushín, Fresno español	<i>Inga laurina</i>
Chalum	<i>Inga xalapensis, Inga spuria, Inga donnell Inga berteriana, Inga mociniana, Mimosa spuria</i>
Cuje	<i>Inga fissiolyx</i>
Guaba	<i>Inga vera</i>
Casprirol, Palal	<i>Inga tetraphylla, Mimosa fagifolia Mimosa laurina, Mimosa tetraphylla</i>
Bitzé, Cuajiniquil	<i>Inga pucnata, Inga leptoloba Inga popoyanensis, Mimosa serícea</i>
Pito, Palo de pito	<i>Erythrina standleyana</i>
Pito, Miche, Poró	<i>Erythrina bertereoana</i>
Madrecacao, Madreado	<i>Gliricidia sepium</i>
Gravilea, Roble cedoso	<i>Gravilea robusta</i>
Pepeto de río	<i>Inga edulis</i>

Fuente: ANACAFÉ, 2006

4.1.12.4 Plagas comunes en el cafeto

➤ Gusano minador (*Leucoptera coffeella* Guérin - Méneville)

Este gusano vive dentro de la hoja, ya que su alimento es la parte carnosa de la misma, así que el daño que ocasiona se nota cuando se ven como quemaduras cafesosas que luego se descascaran lentamente hasta que la hoja por completo se cae de la planta (ANACAFÉ, 2006).

➤ Acaro (*Tetranychus urticae* C.L. Koch)

Se le conoce comúnmente con el nombre de pulgón, y es un insecto pequeño, de color blanco, aunque también hay negros, verdes y amarillos; tienen forma jorobada y segregan una miel pegajosa. Nunca están solos, siempre en grupos pequeños y grandes (ANACAFÉ, 2006).

➤ Escamas o queresas

Tienen forma de tortuga, de barriga plana y joroba en el lomo; existen de varios colores; verdes (*Coccus viridis* Green), rojo oscuro (*Coccus hesperium* L.) y amarillentas (*Saissetia oleae* Bern), tienen el tamaño de un grano de maicillo (ANACAFÉ, 2006).

➤ *Broca (Hypothenemus hampei Ferrarri)*

Es la plaga de mayor importancia económica. Los huevos de este insecto son depositados en el fruto y provoca la caída de este cuanto esta pequeño; este daño se presenta en la etapa de semiconsistencia del fruto, alimentándose las larvas y pupas del endocarpio (ANACAFÉ, 2006).

4.1.12.5 *Malezas en el cafetal*

Las malezas dentro de los cafetales son parte del ecosistema. Tienen gran capacidad de sobrevivir, resisten largos periodos de sequía, producen gran cantidad de semillas, se diseminan fácilmente y se adaptan a diversos ambientes (Monroig, s.f.).

Compiten por agua, luz, espacio, nutrimentos y favorecen el desarrollo de otras plagas como hongos, insectos y nematodos que causan daños al cafeto (Monroig, s.f.). Los primeros dos años de establecido un cafetal se consideran críticos en el manejo de las malezas ya que se requiere de control más frecuente de éstas. Durante ese periodo pueden tomarse las medidas siguientes:

- Evitar dejar al descubierto el suelo manteniendo las malezas entre las calles a un nivel bajo pero limpiando el área de crecimiento de raíces “corona o plato” del arbusto para reducir la competencia
- La siembra de cultivos intercalados como sombra temporal ayudan en el control de yerbajos de dos maneras: proyectando sombra y utilizando las hojas y tallos como manto sobre la superficie del suelo
- El establecimiento, uso y manejo de sombra permanente puede ayudar en control de yerbajos
- Siembras de alta densidad poblacional hasta un máximo que no ponga demasiada presión al suelo por agua y nutrimentos es otra de las alternativas (Monroig, s.f.).

4.1.12.6 *Poda del café*

Existen dos aspectos principales que hay que tomar en consideración en cuanto a la poda del café: primero, la formación de los árboles jóvenes para construir una estructura vigorosa y bien balanceada. Segundo, el rejuvenecimiento periódico de las ramas de fructificación, a medida que envejecen y dejan de producir. La formación se empieza poco después de que las plantas obtenidas de semilla se trasplantan en el campo. Los objetivos de esta práctica son:

- Renovar tejido productivo
- Estimular la producción por la mayor entrada de luz a las plantas con exceso de autosombreado
- Mantener una adecuada relación cosecha/follaje
- Disminuir las condiciones favorables para las plagas y las enfermedades
- Hacer más accesible la cosecha
- Facilitar las labores de manejo del cultivo

- Disminuir la bianualidad productiva
- Eliminar el tejido dañado por enfermedades y otras causas
- Evitar muerte descendente en ramas primarias y raíces. (Palma, s.f.).

4.1.12.6.1 Tipos de poda

- Descope o poda alta

Consiste en la eliminación de la yema terminal de una planta para detener su desarrollo vertical y estimular el crecimiento lateral, o sea, el desarrollo de abundante ramificación secundaria y terciaria. La altura del descope depende del desarrollo de las plantas, de la pendiente del terreno y del alcance máximo de las manos de los recolectores en la cosecha; debe hacerse lo más alto posible para aprovechar una mayor cantidad de ramas productivas. Inicialmente se deja crecer libremente la planta y al llegar a 1.70 metros, se descopa (Palma, s.f.).

- Recepa

Consiste en cortar el tallo de la planta a una altura de 30 a 40 centímetros del suelo, para renovar completamente los tejidos productivos. Se realiza en plantaciones deterioradas o agotadas que han bajado sensiblemente su producción.

La recepa modifica substancialmente los procesos fisiológicos de las plantas. Es un método muy drástico de renovación del tejido que afecta incluso el volumen de raíces. Por esta razón, debe recurrirse a ella solamente después de haber efectuado otras prácticas de manejo como la poda de altura media (Palma, s.f.).

4.1.12.7 Cosecha del café

La temporada en la cual los frutos de café maduran y están listos para la cosecha varía de acuerdo con las condiciones del clima y del suelo, con las prácticas de cultivo y por supuesto, con la especie y la localidad. Donde existe un solo periodo seco parcialmente definido, el café puede madurar como una sola cosecha; si la temporada de lluvias está bastante bien distribuida, pueden madurar de dos a tres cosechas con intervalos durante el año. La temporada puede extenderse de desde semanas a varios meses, aún dentro de un medio ambiente ideal para el cultivo del café (ANACAFÉ, 2006).

La calidad comercial de los granos de café resulta profundamente influida por la forma en que se cosechan y benefician los frutos. Mientras más maduros sean los frutos cuando se recolectan, más elevado será el grado del grano. En forma ideal, las bayas de café se deban cosechar cuando están de color rojo oscuro, sin vestigio alguno de restos verdes. Donde hay disponible suficiente mano de obra y se desea café de calidad selecta, los árboles se recolectan varias veces, recogándose solo las bayas plenamente maduras (ANACAFÉ, 2006).

4.2 Marco georeferencial

4.2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en lotes de producción del cultivo de café en los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla, cuadro 2.

Cuadro 2. Ubicación de parcelas de monitoreo de ojo de gallo según departamento, municipio, altitud (m), coordenadas y variedad de café.

Departamento	Municipio	Altitud (m)	Coordenadas UTM		Variedad
			Longitud	Latitud	
San Marcos	San Rafael Pie de la Cuesta	1619	14°55'40''	91°53'22''	Catuaí
Chimaltenango	San Pedro Yepocapa	1380	14°29'43''	90°58'17''	Catuaí
Sacatepéquez	San Juan Alotenango	1210	14°26'28.5''	90°49'8.6''	Caturra
Quetzaltenango	El Palmar	1185	14°42'04''	91°34'31''	Catimor
Suchitepéquez	Santa Bárbara	1091	14°31'32''	91°11'36''	Caturra
Quetzaltenango	El Palmar	935	14°41'11''	91°34'38''	Catuaí y Bourbón
San Marcos	El Tumbador	770	14°51'45''	91°57'35''	Caturra
Suchitepéquez	Samayac	758	14°33'2''	91°28'2''	Catimor
Escuintla	El Rodeo	636	14°21'55''	90°49'55''	Caturra
Quetzaltenango	Coatepeque	536	14°45'05''	91°50'39''	Caturra

5 OBJETIVOS

5.1 General

- Determinar los factores epidemiológicos que favorecen la aparición de ojo de gallo causada por *Mycena citricolor* en cafeto (*Coffea arabica*) en las zonas altas de los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez, Chimaltenango y Escuintla.

5.2 Específicos

- Cuantificar la enfermedad ojo de gallo causada por *M. citricolor* en el cafeto (*C. arabica*) para realizar análisis espacial y temporal de la enfermedad
- Describir aspectos relacionados a la biología de *M. citricolor*
- Listar las variedades de café que se cultivan en San Marcos, Quetzaltenango, Suchitepéquez y Escuintla y su relación con el ojo de gallo y hospederos alternos
- Estudiar los factores climáticos y su relación con la enfermedad de ojo de gallo.
- Analizar el sistema de producción de café de los agricultores y su relación con la enfermedad de ojo de gallo

6 HIPÓTESIS

El incremento de ojo de gallo causado por *Mycena citricolor* en el cultivo del café (*Coffea arabica*) en el área centro occidental de Guatemala, es motivada por aspectos bióticos, abióticos y manejo del cultivo de café.

7 METODOLOGÍA

7.1 Cuantificación de la enfermedad ojo de gallo

Para este objetivo se delimitaron parcelas de ocho surcos de 24 plantas de café de manera continua, en cada localidad, como se esquematiza en el croquis (anexo 1). Para análisis temporal, con los datos obtenidos de cada lectura se calculó la incidencia (%) y severidad (%) de la enfermedad en las plantas de café y se generó curvas de progreso de la enfermedad en el programa Excel. Se realizó lecturas de la enfermedad de la parte media hacia abajo de cada planta de café. Para severidad en planta se realizó una escala diagramática (anexo 2). Las lecturas se realizaron entre 30 a 35 días. Así mismo, se calculó la incidencia (%) de ojo de gallo en 20 ramas y se generó la curva del progreso de la enfermedad bajo este método. Para el análisis espacial se obtuvo datos provenientes de las parcelas de monitoreo (192 plantas) de donde se acopló una matriz de ocho por ocho para el cálculo de los índices de Lloyd y Morisita con la ayuda de la hoja electrónica de Excel *MorLloyd ver 1.0* de Mora, G. & Rivas P (2005). Posteriormente, se elaboraron mapas en dos dimensiones de la enfermedad para los ocho surcos y 24 plantas.

7.2 Descripción de aspectos relacionados a la biología de *Mycena citricolor*

- Cuantificación del inóculo residual. Se seleccionaron diez plantas de café dentro de la parcela de ocho surcos y 24 plantas. En cada planta se marcaron dos ramas en la parte media de los cafetos hacia abajo, las cuales fueron identificadas como B1 y B2. En dichas ramas, se realizó el conteo de hojas con presencia de lesiones producto de presencia de la enfermedad.
- Aparecimiento de síntomas de ojo de gallo en hojas nuevas y maduras. Se analizó las fases de la enfermedad: a) inoculación, b) infección, c) desarrollo, d) sobrevivencia, e) inóculo y f) diseminación. Las fases de la enfermedad, se analizaron con las etapas de desarrollo del cultivo.
- Número de lesiones: la muestra consistió en 25 hojas (destrutivo) que fueron conducidas al laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos donde a las cuales se les contó el número de lesiones presentes.
- Diámetro de lesión: a partir de la muestra compuesta por 25 hojas se midió el diámetro de cinco lesiones por hoja.
- Relación fase fenológica de la planta y síntomas. Se realizó a través de observación de síntomas de la enfermedad y establecimiento de la etapa fenológica en la que se encontraba la planta de café.
- Relación temperatura y síntomas. Se recabó información de temperatura para cada una de las localidades de muestreo a través de estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de

Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y de ANACAFÉ. Se analizó el comportamiento de la temperatura correlacionándolo con los datos de incidencia y severidad de la enfermedad.

- Relación precipitación y síntomas. Se recabó información de la precipitación para cada una de las localidades a través de estaciones meteorológicas del INSIVUMEH y de ANACAFÉ. Así mismo, se obtuvo el registro de lluvias de las localidades donde se hizo el muestreo. Se analizó el comportamiento de la precipitación correlacionándolo con los datos de la incidencia y severidad de la enfermedad. De igual forma se realizó para otras variables climáticas que se obtuvieron de las estaciones meteorológicas.

7.3 Listado de variedades de café y su relación con la enfermedad ojo de gallo

Se realizó paso de boleta (anexo 4) para los agricultores colaboradores en donde se condujeron los ensayos en las localidades seleccionadas y otros que fueron abordados en las diferentes regiones. En las localidades de muestreo se efectuaron observaciones de campo tomando en cuenta el criterio citado en la literatura de las características de cada variedad. Con los datos de intensidad de la enfermedad obtenidos en el campo, se elaboraron y compararon las áreas bajo la curva de la enfermedad para indicar la resistencia o susceptibilidad de cada variedad estudiada.

7.4 Sistema de producción de café de los agricultores y su relación con ojo de gallo del cafeto

La información se obtuvo a partir del paso de boleta que se adjunta a este documento. La boleta se dirigió a agricultores de los departamentos donde se realizó el estudio.

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio se efectuó en diez localidades comprendidas entre los 536 m a 1619 m de altitud, donde se realizaron de seis a trece lecturas en las diferentes parcelas de muestreo. En el cuadro 3, se presentan los principales datos de pasaporte de las localidades contempladas. En los resultados que se presentan se prioriza la altitud y se presentan en tres estratos de producción de café que fueron definidos como: alto (1700 – 1000 m), medio (1000 – 700 m) y bajo (700 – 500 m). Así, los resultados se describen basados en los patrones observados en dichas áreas.

Cuadro 3. Principales datos de pasaporte de las localidades contempladas en el estudio de la epidemia ojo de gallo, 2009 - 2010.

ESTRATO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Altitud (m)	Número Lecturas
Alto 1,700 - 1000 m	San Marcos	San Rafael Pie de la Cuesta	1619	13
	Chimaltenango	San Pedro Yepocapa	1380	8
	Sacatepéquez	San Juan Alotenango	1210	13
	Quetzaltenango	El Palmar	1185	9
	Suchitepéquez	Santa Bárbara	1091	6
Medio 1000 – 700 m	Quetzaltenango	El Palmar	935	10
	San Marcos	El Tumbador	770	12
	Suchitepéquez	Samayac	758	13
Bajo 700 – 500 m	Escuintla	El Rodeo	636	12
	Quetzaltenango	Coatepeque	536	10

8.1 Cuantificación de la enfermedad ojo de gallo causada por *Mycena citricolor*

8.1.1 Análisis temporal y espacial de la enfermedad, para el estrato altitudinal de producción de café de 1700 - 1000 m

Las parcelas de muestreo se ubicaron en las localidades de San Rafael Pie de la Cuesta (San Marcos), San Pedro Yepocapa (Chimaltenango), San Juan Alotenango (Sacatepéquez), El Palmar (Quetzaltenango) y Santa Bárbara (Suchitepéquez). En este estrato altitudinal, el café se ha constituido como uno de los principales cultivos, tanto por la cantidad de empleo que genera, el valor de la producción y por la calidad del fruto. Según ANACAFÉ (2006), en estas localidades el café manifiesta fragancia y aroma intenso y su sabor es muy agradable al paladar.

En la localidad de muestreo de San Rafael Pie de la Cuesta, el estudio se realizó en una parcela ubicada a 1619 m, con plantas de café variedad Catuaí con distanciamientos de siembra de 1 x 1.50 m y bajo cobertura arbórea de un 5%, pero con 100% de sombra durante la mañana por efecto de posicionamiento oriente – occidente de la pendiente del terreno, así mismo, se registró condiciones ambientales favorables a la enfermedad en estudio. Para la localidad de San Pedro Yepocapa se delimitó una parcela a 1380 m, con plantas de café de la variedad Catuaí con

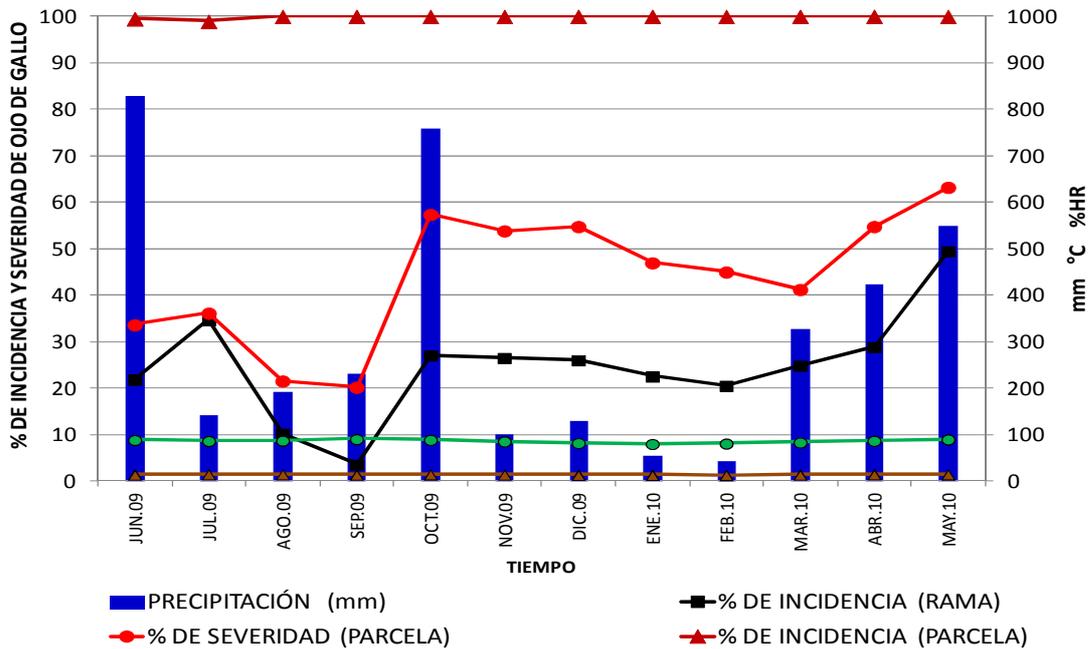
distanciamiento de siembra 1.60 x 0.7 m y bajo árboles que proporcionaban sombra alrededor de 50%. Por otro lado, en la localidad de El Palmar se ubicó una parcela de plantas de café variedad Catimor con distanciamiento de siembra de 1.1 x 2.8 m, establecida bajo cobertura arbórea, sombra de 50% aproximadamente y pendiente del terreno de 30%. En el municipio de San Juan Alotenango se realizó el estudio en una parcela con plantas de café variedad Caturra, ubicada a 1210 m. Cafetos establecidos con distanciamientos de siembra de 1.5 x 0.8 m, y bajo cobertura de árboles de gravilea los cuales proporcionaban entre 25 a 30% de sombra. Así mismo, se observó la presencia de otras enfermedades como roya del cafeto y mancha de hierro. Para la localidad de Santa Bárbara el estudio fue realizado en plantas de café variedad Caturra, con distanciamientos de siembra de 2 x 1 m, ubicada a 1091 m, establecida bajo cobertura arbórea que proporcionaba sombra de 60%. En general, bajo estas características mencionadas y el uso de variedades de café susceptibles, es favorable para el desarrollo de ojo de gallo en las plantas de café.

Respecto a los métodos de cuantificación de ojo de gallo, el análisis de los datos obtenidos de incidencia bajo el método de la parcela fueron constantes y no representan una buena opción para caracterizar la magnitud de daño en el campo para este estrato. Por lo cual, para el análisis temporal se recomienda la severidad de la enfermedad a partir de plantas e incidencia por el método de cuantificación en ramas que también fue realizado en este estudio. La descripción de las parcelas de monitoreo manera individual y basada en este criterio para el estrato alto se presenta a continuación.

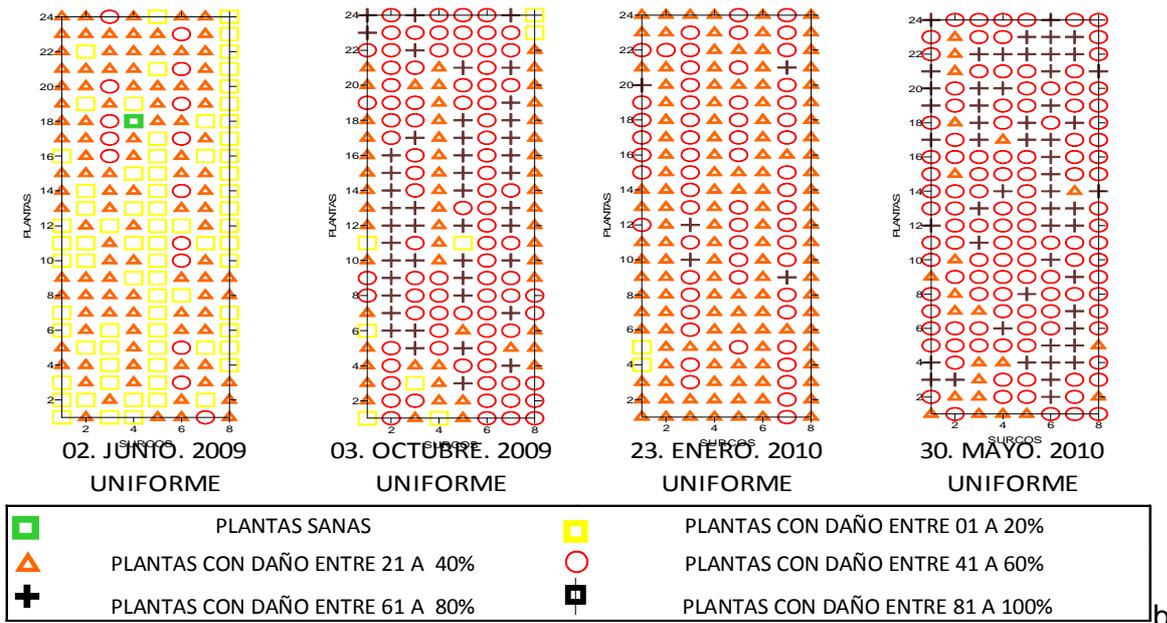
8.1.1.1 Parcela de monitoreo en San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos

Según muestreo de ojo de gallo en rama, en septiembre 2009, se cuantificó incidencia de 3.5% de enfermedad y en octubre 27.04%. En este periodo la tasa de incremento de la enfermedad fue 0.78 hojas por día. Se registró aumento de la precipitación de 230 mm a 757.5 mm tal como se presenta en la figura 2.a, en donde se presenta la curva de desarrollo de la enfermedad. De acuerdo con este método, se calculó tasa de incremento de la enfermedad de 0.68 hojas enfermas por día en el periodo de abril a mayo 2010 donde se registró incidencia de 28.86% y 49.45% de ojo de gallo respectivamente. Así mismo, la severidad mínima de la enfermedad en planta se registró con 20.20% en septiembre 2009, mes en el cual las plantas de café presentaron daños comprendidos en el grado de severidad dos basado en la escala de la planta utilizada (anexo 2). En esta localidad se registró el valor máximo de severidad de 63.22% en mayo 2010, los daños consistieron en 115 plantas con defoliación entre 41 a 60% y 54 plantas con defoliación entre 61 a 80% a causa de la enfermedad principalmente.

En el análisis espacial se analizó conforme al cálculo de los índices de Morisita y Lloyd. Para esta localidad el patrón de distribución de ojo de gallo fue uniforme (anexo 3), durante junio 2009 a julio 2010. En la figura 2.b se presentan mapas espaciales en dos dimensiones que muestran la distribución e intensidad de la enfermedad según fecha de lectura. Basado en este análisis en el mes de junio 2009, se cuantificó 102 plantas con presencia de la enfermedad en 21% a 40% del área foliar y para mayo 2010 se registraron 54 plantas de 192 con daños en el área foliar entre 61% a 80%.



a



b

Figura 2. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catuai, a) curvas de incidencia y severidad de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos, 2009 – 2010.

Comparando los dos métodos de cuantificación de la enfermedad, el método de la parcela proporcionó incidencia del 100% de ojo de gallo durante todo el estudio, indica la continuidad de daño, figura 2.a. Sin embargo, por el método en rama se cuantificó porcentajes de incidencia desde 3.5% hasta 49% de ojo de gallo y el comportamiento de esta curva es similar a la obtenida del cálculo del porcentaje de severidad el cual fue obtenido a partir de la planta. Por lo cual, la selección de ramas es representativo en la cuantificación de la enfermedad y representa un buen método para expresar la severidad de ojo de gallo.

8.1.1.2 Parcela de monitoreo en San Pedro Yepocapa, Chimaltenango

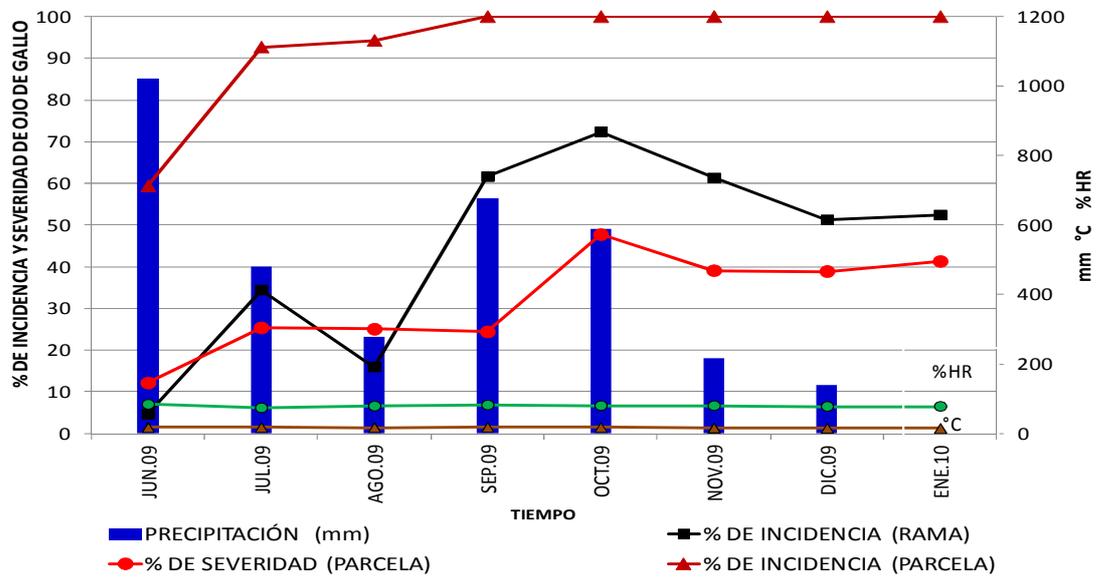
Con los datos obtenidos por el método de la parcela, se registró tasa de incremento de una planta enferma cada día, entre junio 2009, en donde se registró incidencia de 59.37% a julio 2009 con 92.70%. El incremento de la enfermedad fue favorecido por falta de aplicación de fungicidas en el lapso de 30 días. La cuantificación de ojo de gallo bajo este método presentó 100% de incidencia a partir de septiembre 2009 a enero 2010, figura 3.a.

En el análisis temporal con datos obtenidos por el método rama, se cuantificó en junio 2009 con 4.61% de incidencia de ojo de gallo y en octubre 2009 72.34% siendo este el valor máximo registrado. Para el periodo de agosto a septiembre 2009 se cuantificó incidencia de ojo de gallo de 15.95% y 61.61% respectivamente, a partir de estos datos se calculó tasa de incremento de 1.52 hojas enfermas por día. Además, en dicho periodo la precipitación aumentó de 506 mm a 915 mm, por lo cual, se obtuvo el coeficiente de correlación de 0.87 entre el incremento de la incidencia y precipitación para este lapso de tiempo. En el análisis de la severidad, figura 3.a, entre junio a septiembre 2009 se calculó porcentajes de severidad de 12.08% a 24.73% y para el periodo de octubre 2009 a enero 2010 se calculó severidad de 38.85% a 47.70% estos valores son considerados altos y representan daños a las plantas de café consistentes principalmente en defoliación.

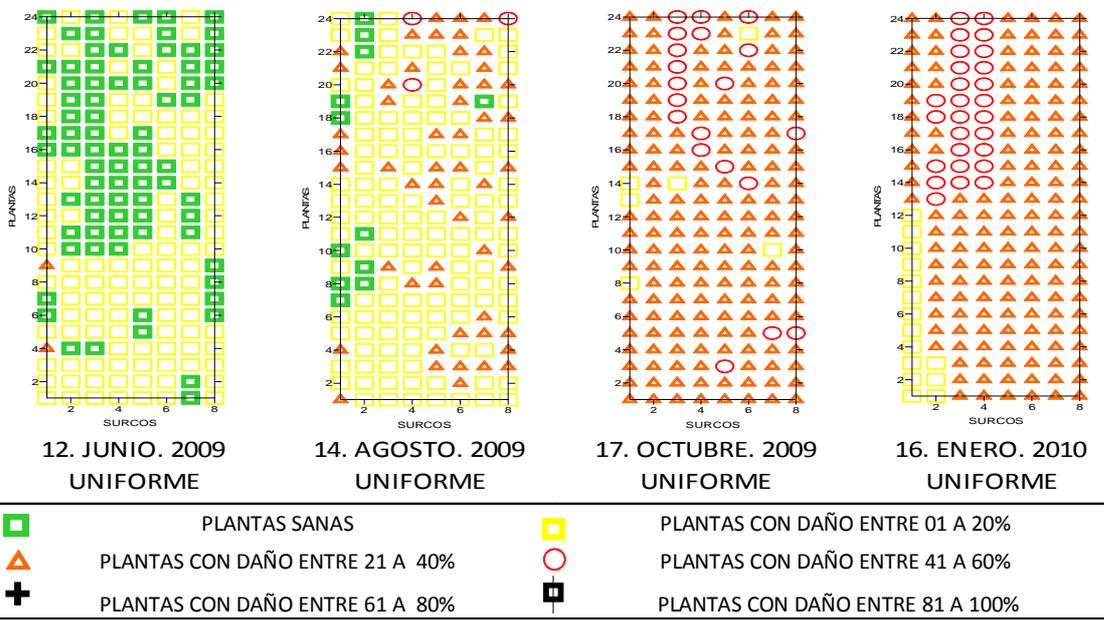
En el análisis espacial en base al cálculo de los índices de Morisita y Lloyd, la enfermedad ojo de gallo se comportó de manera uniforme de junio 2009 a enero 2010, figura 3.b. (valores menores a uno). En el mapa de análisis espacial correspondiente a junio 2009 se observa plantas sanas y plantas con daño de severidad grado 1. Conforme al transcurso del estudio se registró aumento de daño en las plantas de café, al finalizar el estudio en esta localidad se cuantificó 150 plantas con daños del grado de severidad 2 y 27 plantas con daños entre 41 a 60% en el área foliar. En el inicio del estudio se cuantificó incidencia de ojo de gallo de 4.61% bajo el método de ramas y finalizó con 52.40% de enfermedad, este último valor indica la cantidad de inóculo residual para la próximo año en los cafetos, periodo 2010. Wang A. & Avelino J. citados por IICA (1999), mencionan en que la cantidad de inóculo residual juega un papel importante en el manejo de la enfermedad. A mayor inóculo primario, más daños severos en las plantas.

8.1.1.3 Parcela de monitoreo en El Palmar, Quetzaltenango

En base a la cuantificación en ramas, en octubre 2009 se registró 71.74% de incidencia de ojo de gallo y fue el valor máximo en esta localidad, figura 4.a. En el periodo de noviembre 2009 a marzo 2010 se registró precipitación menor a 208.2 mm, y la incidencia de la enfermedad disminuyó hasta 31.42% dato cuantificado en abril 2010. Posteriormente, en mayo 2010 se cuantificó incidencia de 60.91%, por lo cual, se obtuvo la tasa de incremento de la enfermedad de 0.98 hojas por día. En cuanto a la severidad, se registró 41.35% en octubre 2009 y 76.56% en mayo 2010, este último grado se obtuvo a partir de la cuantificación de 159 plantas que presentaron daños entre 61 a 80% en el área foliar por ojo de gallo.

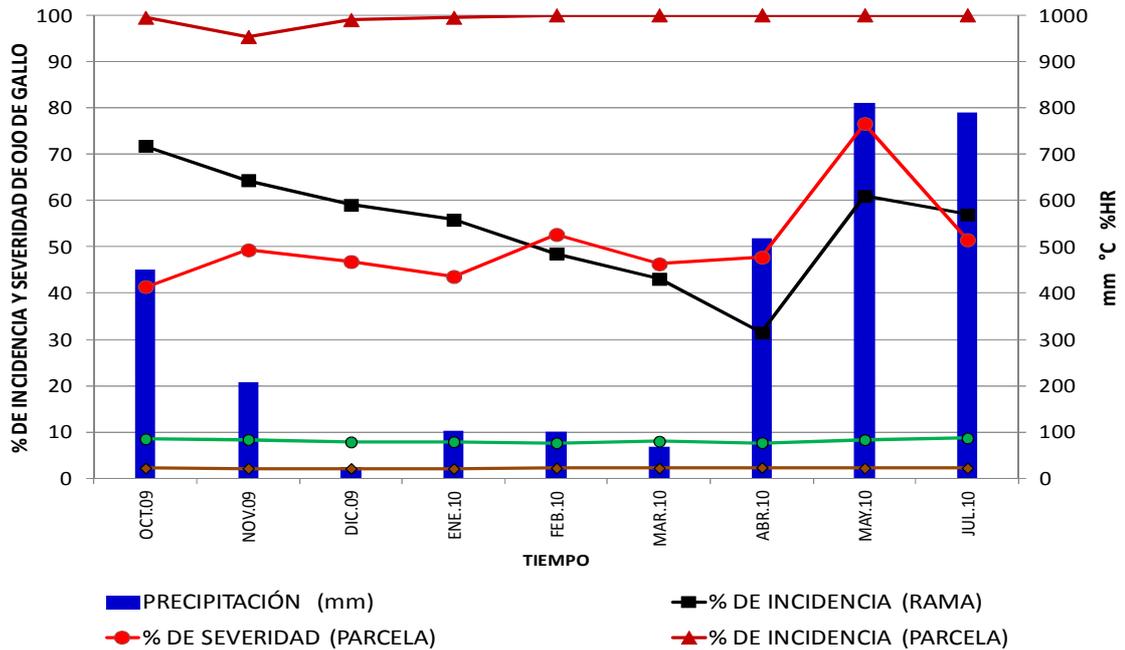


a

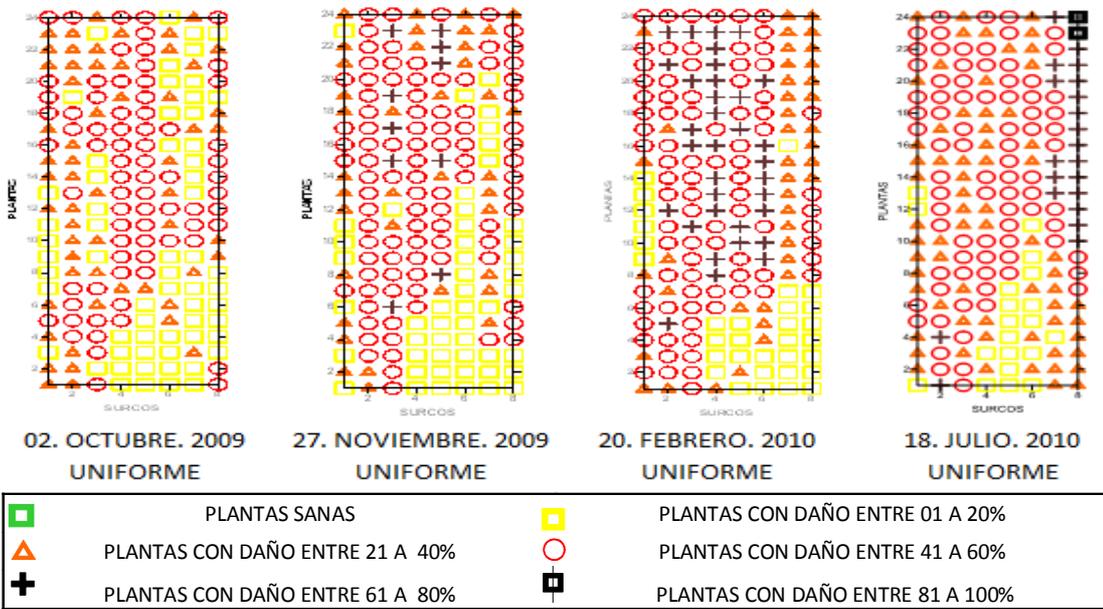


b

Figura 3. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catuai, a) curvas de incidencia y severidad de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcelas de café, b) análisis espacial, mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de San Pedro Yepocapa, Chimaltenango, 2009-2010.



a



b

Figura 4. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catimor, a) curvas de incidencia y severidad de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de El Palmar, Quetzaltenango, 2009 – 2010.

La distribución espacial de la enfermedad en el transcurso del estudio de octubre 2009 a julio 2010, se comportó de manera uniforme, en base a los índices de Morisita y Lloyd. En los mapas bidimensionales, figura 4.b, se observa el incremento de la severidad de ojo de gallo en las plantas de café, según fechas de lectura. Para octubre 2009, se cuantificó 61 plantas con daños entre 1 a 20% en el área foliar, posteriormente conforme al avance del estudio en febrero 2010 se cuantificó 85 plantas con daños entre 41 a 60% en el área foliar y al finalizar el estudio en julio 2010 se registró dos plantas de 192 con daños entre 81 a 100% en el área foliar.

Según los resultados, plantaciones establecidas con variedades susceptibles como Catimores en regiones altas y húmedas, como en esta localidad, son potenciales en el desarrollo de la epidemia de ojo de gallo y los daños ocasionados por el hongo son severos. Por ello, no se recomienda el establecimiento de esta variedad bajo estas condiciones dado que son los más susceptibles. Esto es análogo a lo mencionado por el IICA (1999) en donde se cita que la variedad Catimor es susceptible al daño de ojo de gallo en comparación a otras variedades.

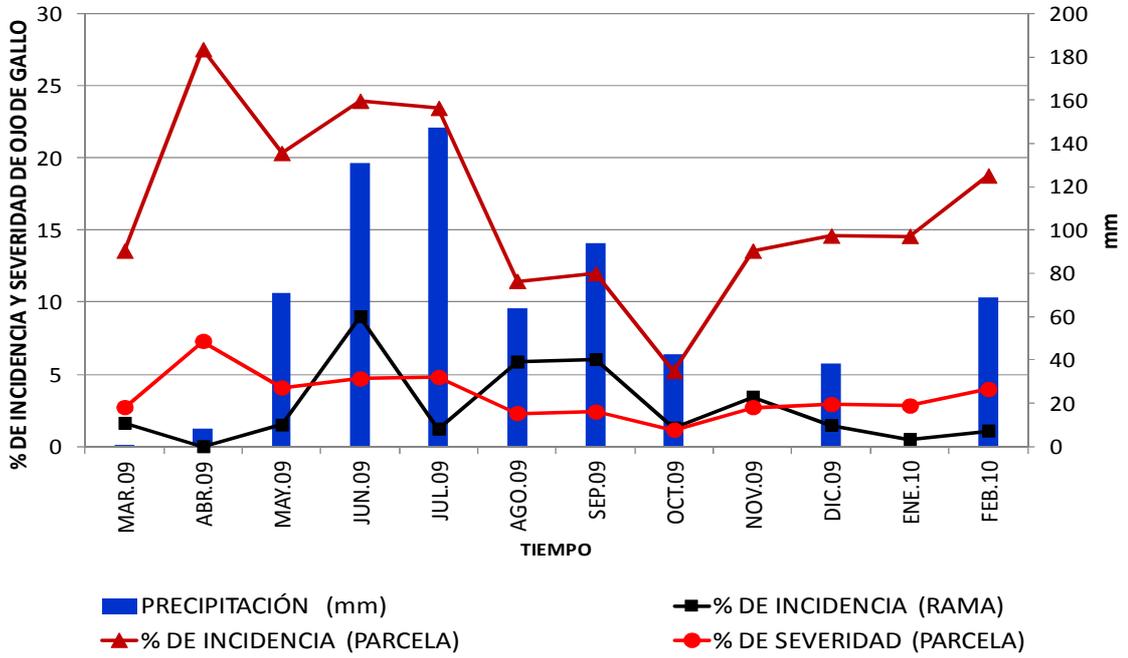
8.1.1.4 Parcela de monitoreo en San Juan Alotenango, Sacatepéquez

El estudio se realizó de marzo 2009 a febrero 2010. Por el método de parcela se cuantificó el valor máximo de 27.50% de incidencia de la enfermedad en abril 2009 y el valor mínimo en octubre 2009 con 5.2%. La curva de incidencia de ojo de gallo por este método se comportó en relación a la precipitación tal como se presenta en la figura 5.a. De acuerdo al muestreo realizado, la enfermedad se localizó en ramas en la parte media y baja de las plantas de café. Con el método de muestreo en ramas se cuantificó el valor máximo de incidencia de 9.01% de ojo de gallo en junio 2009 y para julio 2009 la incidencia de la enfermedad disminuyó a 1.22%. Así mismo, en la lectura realizada en septiembre 2009 se registró 6.03% de incidencia de enfermedad, con promedio de dos lesiones senescentes con diámetro entre 2.6 mm a 7.5 mm en hojas de café. En relación a la severidad, esta se analizó en base al cálculo de índices para cada fecha de lectura. En general para esta localidad, se asignaron valores de severidad en torno a 3% los cuales se consideran bajos y no representaron daños a la sanidad del cultivo de café.

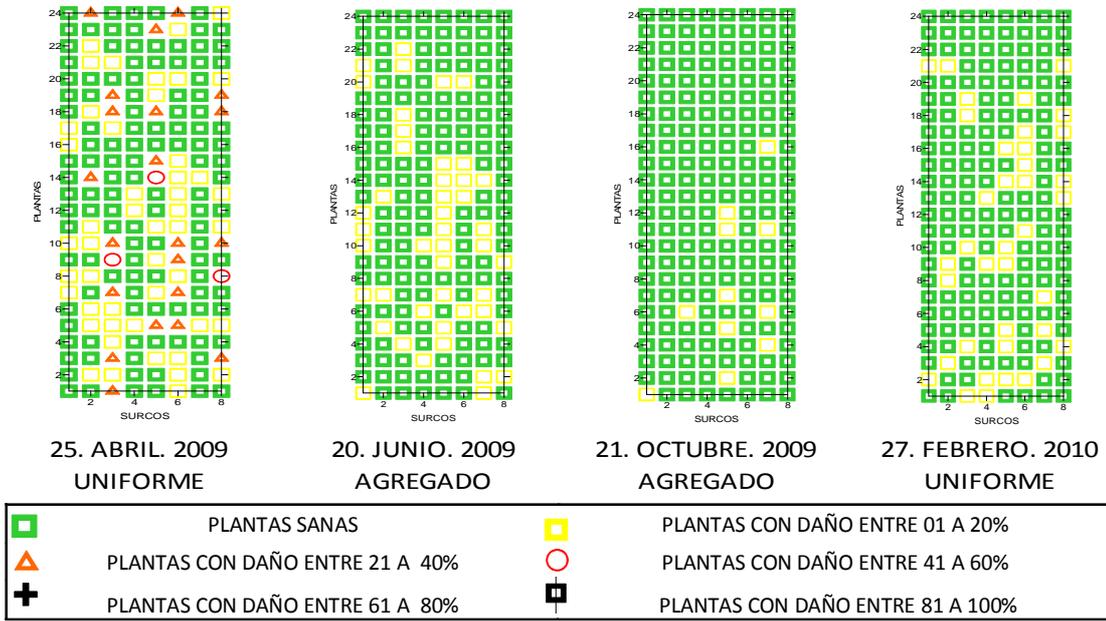
En el análisis espacial de la enfermedad, conforme al cálculo de los índices de Morisita y Lloyd, se determinó distribución en agregados en las lecturas realizadas en marzo, mayo, junio, septiembre y octubre 2009. En la figura 5.b se observa que este patrón se presentó cuando hubo aumento de la precipitación. Por otro lado, el patrón de distribución de la enfermedad fue uniforme en las lecturas restantes del estudio (valores menores a uno). En relación al método de cuantificación de ojo de gallo, la metodología de la parcela y lectura de enfermedad en ramas proporcionaron buena información respecto al comportamiento de la enfermedad y pueden ser utilizados para estudiar esta enfermedad. Esta localidad de muestreo difiere en la intensidad de ojo de gallo en este estrato de producción de café esto a causa de factores climáticos que se presentan en Sacatepéquez.

8.1.1.5 Parcela de monitoreo en Santa Bárbara, Suchitepéquez

Para el análisis temporal de ojo de gallo en esta localidad, se cuantificó en junio 2009 una incidencia de 18.58% y para julio 2009 incidencia del 45.45% por medio del método de rama. En base a estos datos se calculó tasa de incremento de la enfermedad de 0.89 hojas por día, así mismo, la misma tasa se registró entre los meses de septiembre y octubre 2009, tal como se observa en la figura 6.a. El valor máximo de incidencia registrado fue de 76.25% correspondiente a lectura de noviembre 2009. Sin embargo, para este mes se registró precipitación de 163.3 mm la cual se considera baja en comparación al registro de meses anteriores.

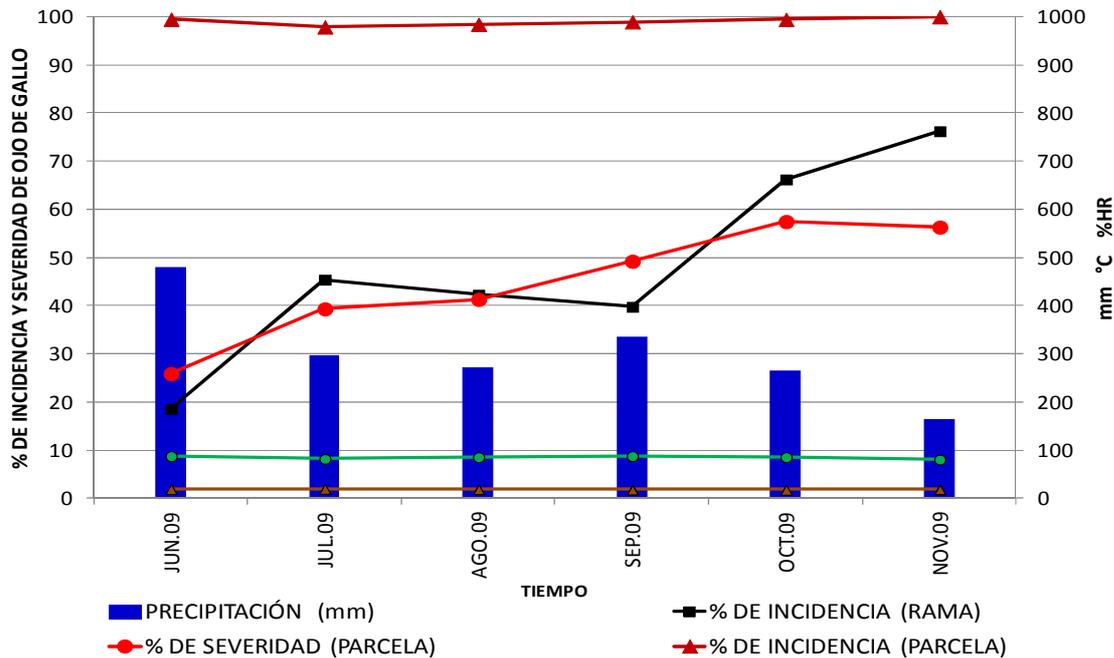


a

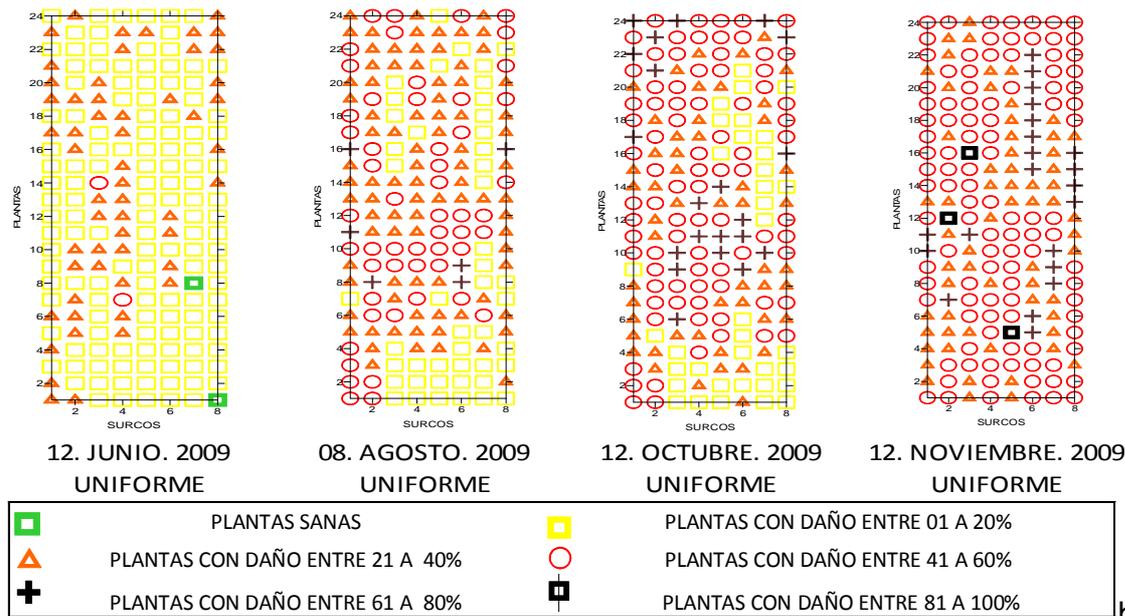


b

Figura 5. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Caturra, a) curvas de incidencia y severidad de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de San Juan Alotenango, Sacatepéquez, 2009 – 2010.



a



b

Figura 6. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Caturra, a) curvas de incidencia y severidad de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de Santa Bárbara, Suchitepéquez, 2009.

Por lo cual, el valor máximo de incidencia de ojo de gallo es el resultado de la acumulación de daño en meses anteriores y este fue el inóculo residual para el siguiente ciclo cafetalero. En relación a la severidad de ojo de gallo, esta se comportó de manera ascendente conforme al avance del estudio, para junio 2009 se registró severidad de 25.93% y 57.5% para octubre 2009. En la figura 6.a, se observa que la curva de incidencia por rama y curva de severidad presentan comportamiento ascendente, a partir de la correlación entre estas variables se obtuvo el

coeficiente de 0.90, esto significa que la cuantificación de la enfermedad bajo estos dos métodos proporcionaron resultados similares en el comportamiento de ojo de gallo para esta parcela.

En el análisis espacial de ojo de gallo para esta localidad, figura 6.b, el patrón de distribución fue uniforme de junio a noviembre 2009, basado en los índices de Morisita y Lloyd. Como se describió anteriormente, la severidad de ojo de gallo incrementó conforme al desarrollo del estudio, por lo cual en el inicio del estudio en junio 2009 se cuantificó 133 plantas con daños entre 01 a 20% en el área foliar y al final en noviembre 2009 se cuantificó 106 plantas con daños entre 41 a 60% y 21 plantas con daños entre 61 a 80% del área foliar por ojo de gallo lo que indicó el avance e incremento de la enfermedad en la parcela de monitoreo.

De acuerdo a los datos obtenidos en el estudio en esta localidad, hasta noviembre 2009, la enfermedad ojo de gallo causó daños severos en las plantas de café. En dicho mes, se calculó incidencia de 76.25% de enfermedad por el método de rama y severidad de 56.35%. Tal como se expresó anteriormente, estos valores son considerados altos y limitantes en la producción del café. En base a estos registros la administración de la finca optó a la realización de manejo de tejidos por medio de recepa en bloque, con la finalidad de renovación de los cafetos y control del número de ejes por postura. Esta práctica concuerda con lo expresado por Avelino (1995), donde indica que las prácticas culturales contribuyen a crear un ambiente desfavorable para el hongo y que la ejecución de recepa por surco disminuye la incidencia de la enfermedad en 37% respecto a parcela testigo.

En resumen y basado a lo estudiado para este estrato altitudinal, se concluye que el método de cuantificación de la enfermedad por planta proporciona incidencia de ojo de gallo del 100%, lo que indica la continuidad de enfermedad, más no permite cuantificar los cambios de intensidad de la enfermedad en las plantas de café. Por lo cual, expresar la epidemia de ojo de gallo por severidad en plantas e incidencia a través del método de ramas, en áreas muy afectadas con ojo de gallo, es más representativo en el desarrollo de la enfermedad para estas localidades donde la enfermedad permanece constante durante el año. En este estrato de producción de café se observó que la enfermedad ojo de gallo es favorecida a causa de la interacción de condiciones adecuadas al patógeno tales como: alta precipitación, en algunos casos se reporta 6954 mm /año, humedad relativa igual o mayor de 80% y temperatura en torno a 20°C que son las condiciones ambientales favorables para ojo de gallo.

De acuerdo con el análisis de la cuantificación de la enfermedad para este estrato, las mayores tasas de incremento de la enfermedad se presentan en los periodos de abril – mayo; junio – julio y septiembre – octubre y coinciden con los periodos de alta precipitación en Guatemala. Así, el manejo integrado de la enfermedad es importante en este estrato previo a estos meses. Según Orozco *et al* (2010), prácticas aisladas tienen poco éxito en la reducción de la enfermedad. Las prácticas que se pueden implementar son: manejo de tejidos en bloques para favorecer la ventilación en plantaciones bastante agotadas, entrada de luz, disminuir la humedad relativa en la parcela y poder así reducir el inóculo del hongo. Así mismo, realizar aplicaciones de fungicidas

sistémicos por lo menos 15 días antes del inicio de las lluvias y en los periodos de incremento de la enfermedad, antes mencionados limita la producción de gemas.

8.1.2 *Análisis temporal y espacial de la enfermedad, para el estrato altitudinal de producción de café en 700 - 1000 m*

El estrato medio de producción de café fue considerado entre los 700 a 1000 m. La caracterización de ojo de gallo se realizó en tres localidades representativas del cultivo de café: El Palmar (Quetzaltenango), El Tumbador (San Marcos) y Samayac (Suchitepéquez).

En la localidad de muestreo de El Palmar, se delimitó una parcela de muestreo a 935 m. La parcela consistió de una mezcla de las variedades Bourbón y Catuaí, con distanciamientos de siembra de 1.1 x 2.5 m, a doble surco. Con cobertura de árboles de macadamia, los cuales proporcionaban de 25 a 30% de sombra. Además, en las plantas de café se observó la presencia de los hongos como *Hemileia vastatrix*, *Phoma* spp y *Corticium salmonicolor*, los cuales son considerados como limitantes en la sanidad del cultivo. Para la localidad de muestreo en El Tumbador, se ubicó una parcela a 770 m con plantas de café variedad Caturra, con distanciamientos de siembra de 1 x 1.8 m, con topografía quebrada y 40% de pendiente. El periodo de muestreo comprendió de julio 2009 a julio 2010. Los cafetos se encontraban establecidos en suelo arcilloso y compacto. Además, en el lote de café se observaron deficiencias nutricionales y predominancia de la enfermedad roya del cafeto. También, a partir de un muestreo de plagas del suelo se registró la presencia de cochinillas en la raíz. En la tercera localidad de muestreo en Samayac, se delimitó una parcela en plantas de café variedad Catimor Costa Rica 95, considerada susceptible al daño por ojo de gallo. Cafetos establecidos con distanciamientos de siembra de 1 x 1.8 m y bajo cobertura arbórea de eucalipto como rompevientos que proporcionaba sombra alrededor de 30%.

Los resultados obtenidos en las localidades anteriormente indicadas de manera individual se presentan a continuación:

8.1.2.1 *Parcela de monitoreo en El Palmar, Quetzaltenango*

Con los datos obtenidos a partir del método de la parcela, se obtuvo porcentajes de incidencia de ojo de gallo que proporcionaron una curva de desarrollo de la enfermedad con forma de zig – zag, figura 7.a. Esto probablemente a causa de que se trabajó con mezcla de dos variedades de café (Bourbón y Catuaí) y a la distribución no uniforme de árboles que proporcionaban sombra a los cafetos en dicha parcela. De acuerdo con este método, en febrero 2010 se cuantificó incidencia de 25% de ojo de gallo y en marzo 2010 incidencia de 56.77%, en base a estos datos se calculó tasa de incremento de la enfermedad de una planta por día. Sin embargo, en mayo 2010 se registró 23.43% de incidencia de ojo de gallo lo que indica reducción en la incidencia de la enfermedad. A partir del método de rama se cuantificaron valores de incidencia bajos en comparación al método anterior. Los resultados obtenidos fueron: en septiembre 2009 se registró 0.31% de incidencia de ojo de gallo, donde se cuantificó en la muestra de hojas siete lesiones senescentes de formato

circular y color gris ceniciento con diámetro de 4.1 mm. Posteriormente, en octubre 2009 se registró 1.58% de incidencia y en las hojas dañadas se registró cinco lesiones senescentes y 11 cuerpos fructíferos asexuales posicionados en el haz de las hojas. Sin embargo, estos porcentajes de incidencia no representan daños en las plantas de café, ya que a partir de octubre la incidencia se comportó en torno a 1.1% de ojo de gallo, contrario a lo expresado al método de la parcela.

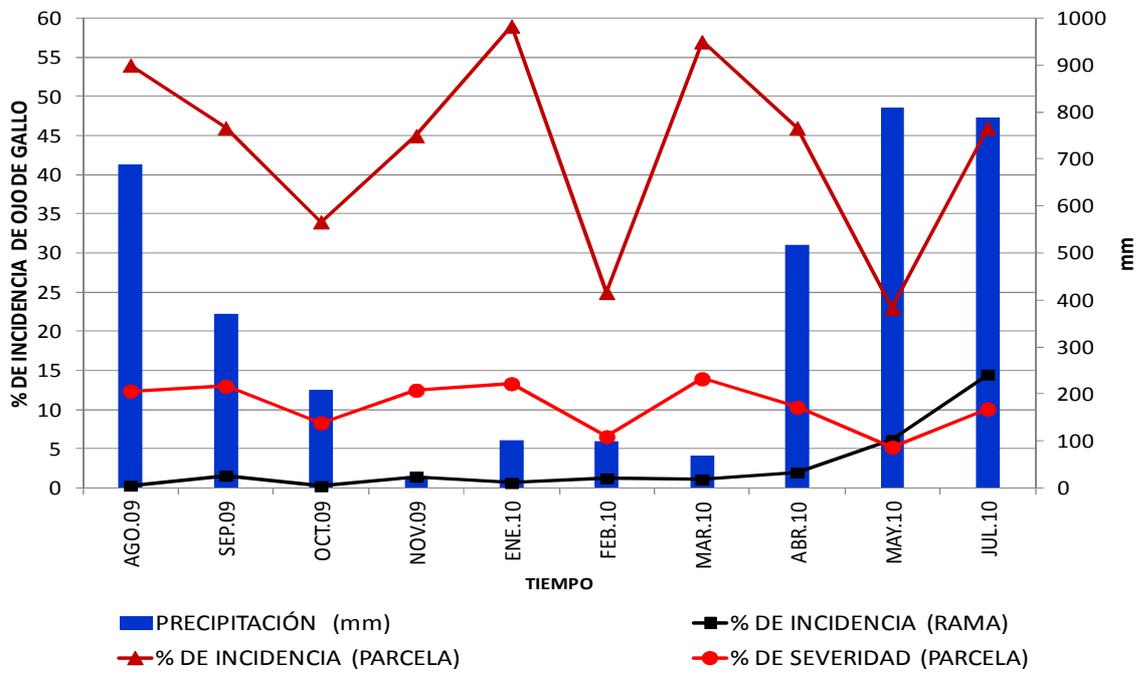
La severidad de la enfermedad no superó el 13.95%, este porcentaje fue calculado con los datos obtenidos en marzo 2010. En general, en el transcurso del estudio la enfermedad ojo de gallo se comportó con valores moderados en las plantas de café, esto se analizó en base a la media de 109 plantas sanas, 64 plantas con daños entre 1 a 20% y 14 plantas con daños entre 21 a 40% en el área foliar. Respecto al análisis espacial, el patrón de distribución de la enfermedad fue catalogado como agregado, en octubre 2009, enero y febrero 2010. Para los meses restantes la distribución fue uniforme, en base al cálculo de los índices de Morisita y Lloyd. Además, al realizar análisis espacial con la información correspondiente a las plantas que presentaron daños al grado de severidad 2, estos fueron considerados con distribución agregada. Este patrón espacial, posiblemente se debe al posicionamiento cercano a árboles de sombra, lo que favoreció la formación de microclima adecuado para ojo de gallo.

De acuerdo al método de cuantificación en rama, los porcentajes de incidencia de ojo de gallo tuvieron coeficiente de correlación de 0.63 respecto a la precipitación y coeficiente de 0.50 respecto a la humedad relativa. Se concluye que el comportamiento de ojo de gallo en esta localidad se encuentra regido por los factores climáticos mencionados, sin embargo, la incidencia registrada es considerada moderada y no representó limitación en la producción de café.

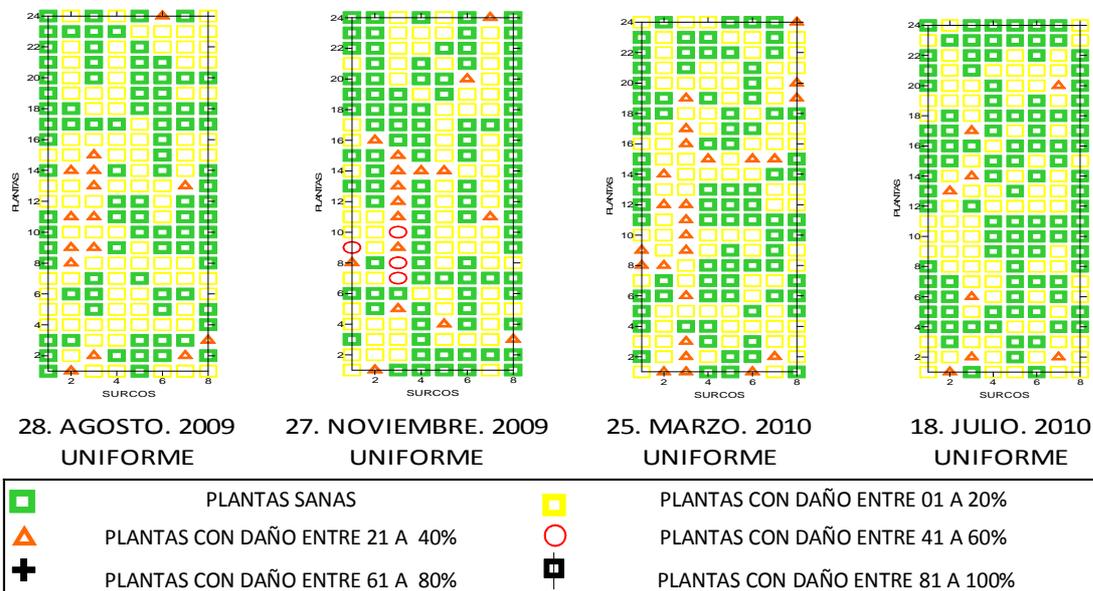
8.1.2.2 Parcela de monitoreo en El Tumbador, San Marcos

En el análisis temporal correspondiente a esta localidad, la incidencia de ojo de gallo obtenida por medio del método de la parcela, fue menor a 4.16%. Con estos valores, la enfermedad no se consideró importante para esta unidad de muestreo y altitud. Ya para el método de lectura de enfermedad en rama se registró durante octubre 2009 a mayo 2010, sanidad del cultivo (0% de incidencia de ojo de gallo), figura 8.a. Pero, en julio 2010 se cuantificó leve incremento de la enfermedad con 6.84% de incidencia, favorecido por aumento de precipitación a 832.1 mm.

Respecto a severidad, se calculó la media de tres plantas con el grado 1 consistente en daños de 01 a 20% en el área foliar de los cafetos y las restantes no presentaron lesiones a causa del hongo *M. citricolor*. La severidad no superó 0.93% en el transcurso del estudio. En el análisis espacial, a partir del cálculo de los índices de Morisita y Lloyd, la enfermedad tuvo distribución aleatoria en los meses de agosto y noviembre 2009 y en el periodo de enero – febrero 2010. Además se obtuvo patrón agregado al inicio del estudio (julio 2009) y en el periodo de septiembre – octubre 2009, y en julio 2010, figura 8.b. Las plantas que se registraron con síntomas de ojo de gallo presentaron menos de tres lesiones en el área foliar.

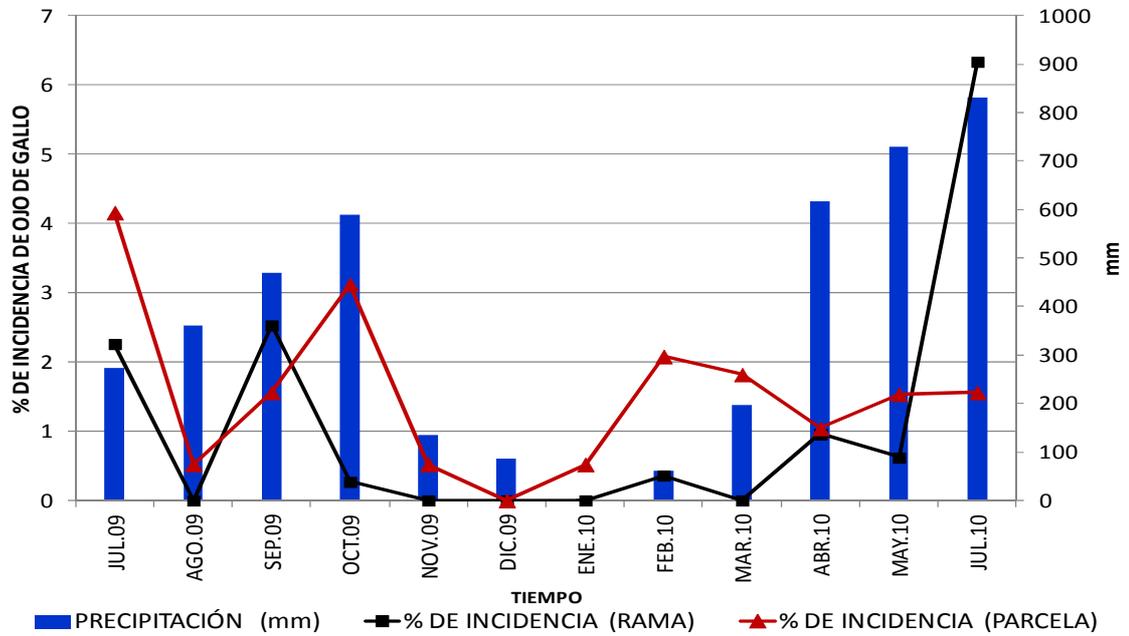


a

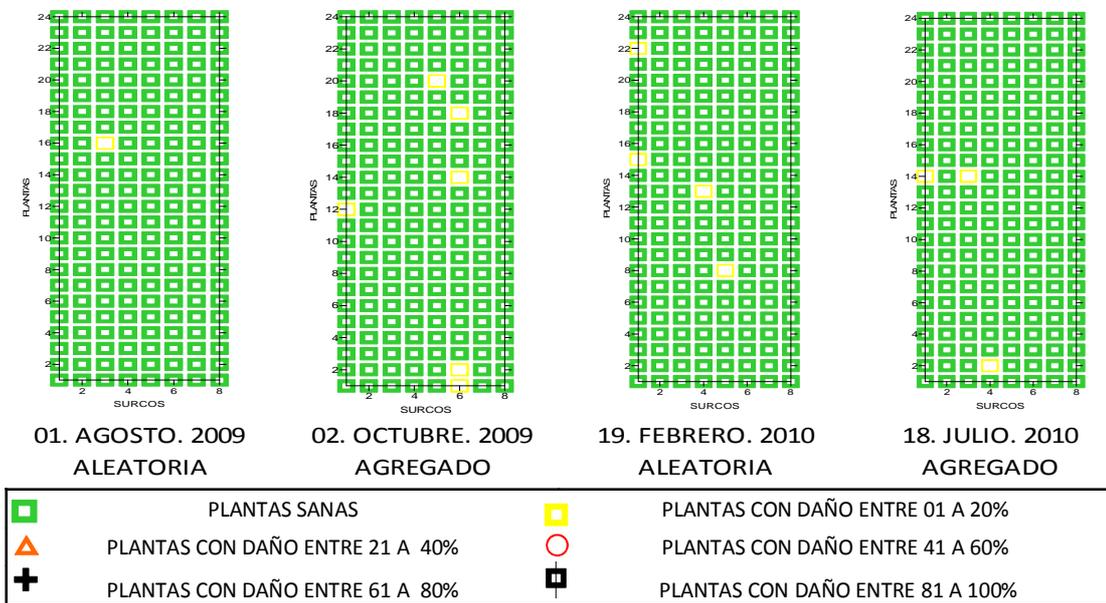


b

Figura 7. Análisis temporal de ojo de gallo en plantación de café con mezcla de las variedades Bourbon y Catuaí, a) curvas de incidencia y severidad de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de El Palmar, Quetzaltenango, 2009 – 2010.



a



b

Figura 8. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Caturra, a) curvas de incidencia de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de El Tumbador, San Marcos, 2009 – 2010.

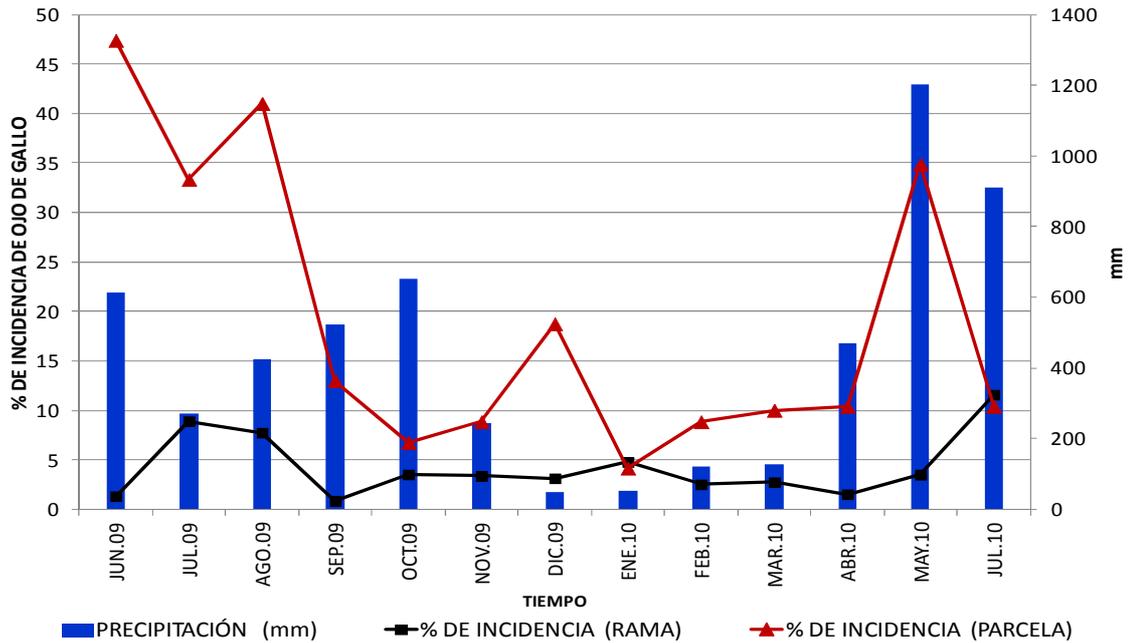
Algunas consideraciones a resaltar en esta parcela de muestreo. Los cafetos tenían algunas limitantes mencionadas anteriormente, entre ellas: presencia de roya del café que ocasionó daños a la sanidad del cultivo. En el análisis de correlación entre los porcentajes de incidencia por el método de lectura de enfermedad en rama y precipitación, se obtuvo coeficiente de 0.60. Se infiere, que en periodos de alta precipitación el hongo desarrollaba al menos una lesión en el tejido vegetal de la planta, lo cual representó incremento en el registro de la incidencia de la enfermedad.

8.1.2.3 Parcela de monitoreo en Samayac, Suchitepéquez

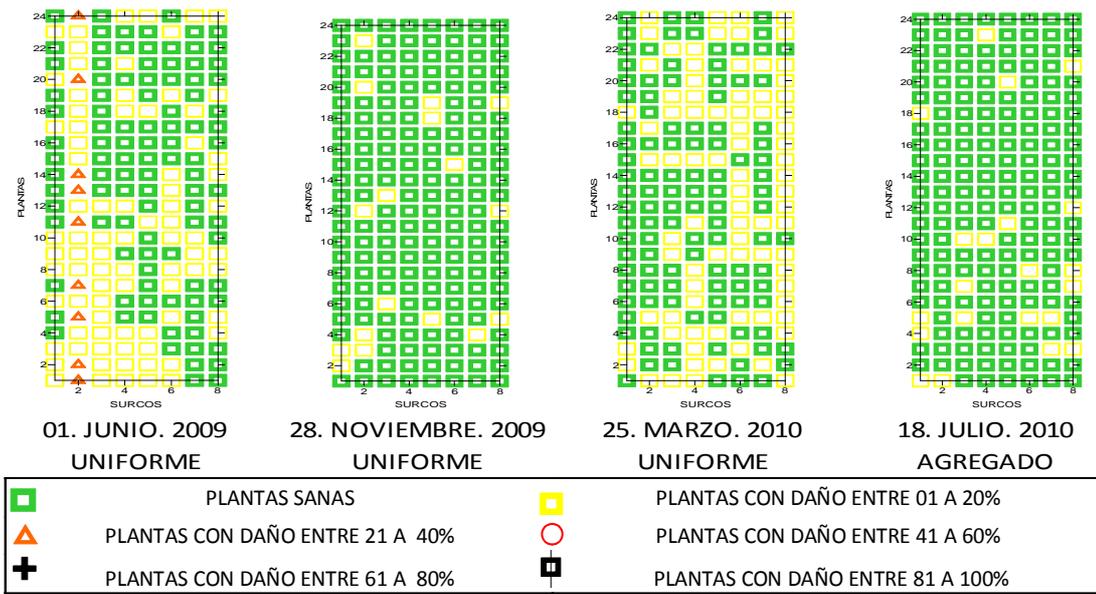
A partir de los datos obtenidos en campo por el método de la parcela, en agosto 2009 se cuantificó incidencia de 41% de enfermedad. Posteriormente, hubo disminución de incidencia hasta enero 2010 con 4.16% de ojo de gallo. Seguidamente, en el periodo entre abril a mayo 2010, se calculó la tasa de incremento de la enfermedad de 1.56 plantas enfermas por día, el aumento de incidencia fue favorecido por incremento en la precipitación de 470 mm (abril) a 1202 mm (mayo), tal como se presenta en la figura 9.a. Por otro lado, a partir de la metodología en rama, se cuantificó el valor máximo de incidencia en julio 2010 con 11.58% de ojo de gallo y el mínimo se registró en septiembre 2009 con 0.86%. Los porcentajes de incidencia con este método son considerados bajos. Respecto al comportamiento de la severidad, en junio 2009 se obtuvo el valor máximo de 10.41% donde se registraron 82 plantas con daños entre 1 a 20% en el área foliar y nueve plantas con daños entre 21 a 40% del área foliar. Así mismo, para enero 2010 se calculó severidad de 0.83% en ocho plantas enfermas correspondiente al grado de severidad 1.

Respecto al análisis espacial, en base al cálculo de los índices de Morisita y Lloyd, se determinó distribución uniforme y agregada, figura 9.b. La distribución uniforme se presentó en junio a agosto 2009 cuando se cuantificó no menos de 64 plantas con daño y la distribución agregada en los meses donde se cuantificó en promedio 20 plantas con daños del 1 a 20% del área foliar. Según Aguilar (1995), la variedad Catimor, Costa Rica 95 expresa consistente resistencia a la roya del café más no así a ojo de gallo. Sin embargo, las condiciones ambientales en la parcela de monitoreo no fueron idóneas para registrar porcentajes de incidencia de ojo de gallo considerados altos ya que en lotes cercanos si se observó incidencia y severidad de la enfermedad.

Referente a este estrato altitudinal, el método de cuantificación de ojo de gallo por medio de la parcela proporciona información útil en el comportamiento de la enfermedad y en base a estos porcentajes de incidencia y severidad que se registren se puede determinar la intensidad de la epidemia para el siguiente año cafetalero, tal como lo describió Mayne (1930).



a



b

Figura 9. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catimor Costa Rica 95, a) curvas de incidencia de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de Samayac, Suchitepéquez, 2009 – 2010.

8.1.3 Análisis temporal y espacial de la enfermedad, para el estrato altitudinal de producción de café de 700 – 500 m

En el intervalo de altitud en mención, la calidad de café es considerada baja en comparación a la que se obtiene en fincas posicionadas en altitudes superiores. El área de producción de este estrato, ha sido remplazada por otros cultivos como la caña de azúcar, el cultivo de hule y siembra de árboles maderables, construcción de vivienda, entre otros. Las localidades de muestreo de ojo de gallo en café para este estrato fueron ubicadas en El Rodeo y Coatepeque correspondientes a

los departamentos de Escuintla y Quetzaltenango respectivamente. En la primera localidad, se ubicó una parcela de muestreo con plantas de variedad Caturra, distanciamientos de siembra de 1.2 x 1.7 m y bajo cobertura entre 50 a 60% de sombra. Dentro de la finca se cuenta con una estación meteorológica controlada por el INSIVUMEH de la cual se obtuvo la siguiente información: humedad relativa de 78%, temperatura de 24°C y precipitación entre 610 mm a 8 mm por mes, datos correspondientes de abril 2009 a marzo 2010. Así mismo, para la localidad de Coatepeque, se delimitó una parcela con plantas de café variedad Caturra a 536 m. Cafetos con distanciamiento de siembra de 1.5 a 1.5 m al tresbolillo. Según datos meteorológicos la localidad presentó en el transcurso del estudio las siguientes condiciones: temperatura en torno de 24.9°C, humedad relativa de 72% y precipitación anual de 4049.65 mm.

Para este estrato, se presentan datos de incidencia de ojo de gallo a partir de los dos métodos de cuantificación de enfermedad método de la parcela y en ramas. Para estas localidades los datos obtenidos por medio del método de la parcela representan un buen índice en la cuantificación de ojo de gallo. Para este estrato los valores de incidencia y severidad son considerados bajos y no constituyen problema en la producción del grano comparado a la enfermedad cuantificada en el estrato alto. Por lo tanto, en el estrato en mención la enfermedad de ojo de gallo causada por *M. citricolor*, no es importante.

8.1.3.1 Parcela de monitoreo en El Rodeo, Escuintla

A partir de los datos obtenidos por el método de la parcela se cuantificó incidencia promedio de 25% de ojo de gallo durante 2009 – 2010, figura 10.a. Para el periodo de agosto a septiembre 2009, la tasa de incremento de la enfermedad fue 0.78 plantas enfermas por día. En agosto del mismo año, la incidencia de ojo de gallo fue de 7.81%, con precipitación de 328.3 mm y humedad relativa del 72% y para septiembre se registró 31.25% de incidencia. Este incremento fue ocasionado por la variación de precipitación que fue de 472.9 mm y humedad relativa del 95%. En el análisis temporal con la metodología de cuantificación en ramas se registró incidencia de ojo de gallo de 0.59% en el transcurso del estudio. El valor máximo se cuantificó en marzo 2010 con 5.61% de incidencia de enfermedad, que es inferior a lo obtenido con el método de análisis de incidencia en la parcela que fue de 25% en promedio y 52% de incidencia como valor máximo. En las plantas que registraron la enfermedad, se observó que las lesiones producidas por el hongo se ubicaron en las ramas de la parte media hacia abajo.

Según el cálculo de severidad, se determinó valores de 1.14% a 10.20%, los cuales son considerados análogos a los obtenidos con el método de muestreo de ojo de gallo en ramas. Al comparar la curva con los valores de intensidad de severidad, se muestra tendencia similar a la obtenida con la curva de progreso de la enfermedad con valores de cuantificación de incidencia en ramas. En este sentido, el índice de severidad resulta ser una variable importante para estimar enfermedad que acontece en las ramas del cafeto, pero requiere validación.

En el análisis espacial de la enfermedad de ojo de gallo, la dispersión se consideró agregada durante los meses de junio y julio 2009, figura 10.b y en los meses de abril y mayo 2009 y de agosto 2009 a marzo 2010 se obtuvo uniformidad de sanidad (0% de ojo de gallo) en los cafetos de acuerdo a los índices de Morisita y Lloyd, anexo 3.

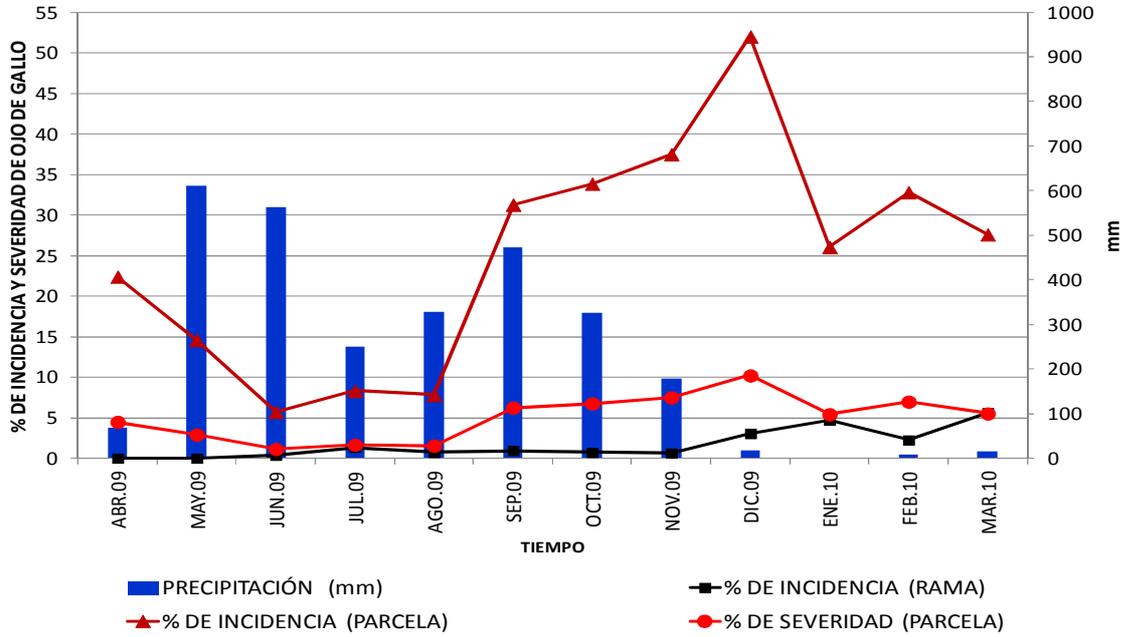
Por la altitud y temperatura que se presenta en esa localidad, no se reporta incidencia de ojo de gallo. Sin embargo, cuando se presenta humedad superior al 95% e incremento de la precipitación aparecen lesiones de ojo de gallo en los cafetos más no es considerado problema. Por otro lado, las prácticas de manejo del cultivo, sombra y control de malezas fueron mínimas en el año de evaluación y hubo condiciones que favorecieron el incremento de la enfermedad roya del café la cual fue considerada como limitante en la producción.

8.1.3.2 Parcela de monitoreo en Coatepeque, Quetzaltenango

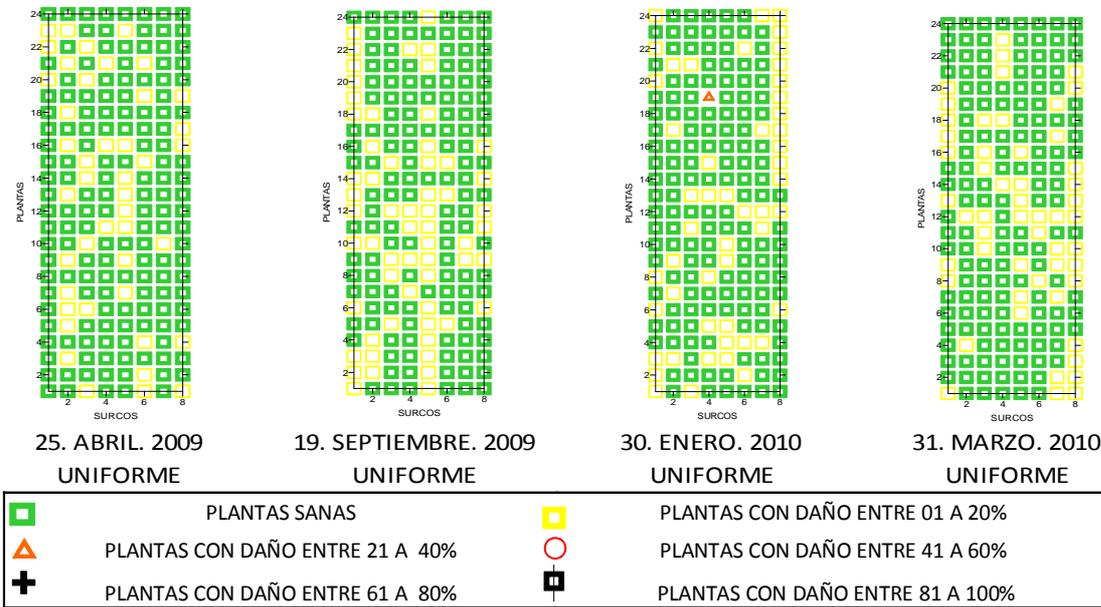
En base al método de la parcela, se cuantificó el valor máximo de incidencia de ojo de gallo con 17.18% en marzo 2010 y el valor mínimo en julio 2010 con 5.72%, figura 11.a. En el análisis temporal, por el método en ramas se cuantificó incidencia máxima de 4.26% registrado en mayo 2010, con humedad relativa de 77.5% y precipitación de 598.3 mm. En relación a la severidad, se cálculo 0.93% en enero 2010 y 3.43% en marzo 2010.

En el análisis espacial se calcularon los índices de Morisita y Lloyd, se determinó distribución agregada de la enfermedad en marzo 2010, y aleatorio en las lecturas restantes realizadas, figura 11.b. Esta es la forma cómo inicia la enfermedad en plantación, es decir en focos que luego se agregan o uniformizan dependiendo del ambiente. Bajo estas condiciones, el daño en los cafetales por ojo de gallo es reducido dado que los índices de severidad fueron bajos, algo que no aconteció en el estrato alto. Para este estrato y localidad se observó deficiencia de manejo agronómico y daño severo de la roya del café. Basado en los resultados, se concluye que para este estrato altitudinal la enfermedad ojo de gallo no es importante en plantaciones de café con buen manejo agronómico.

En el estrato bajo el cultivo de café ha perdido área de producción debido a la sustitución por cultivos tropicales, los cuales se desarrollan en temperaturas de 20 – 25°C, condiciones desfavorables al hongo. Según Orozco (2010) y Vargas (1996), el hongo *M. citricolor* aumenta su multiplicación cuando se encuentra bajo condiciones de alta precipitación, temperaturas en torno de 19°C a 22°C y humedad relativa superior a 80%. Por lo cual, la temperatura es la principal limitante en el desarrollo de la enfermedad en este estrato. Sin embargo, al conjugarse ambiente favorable para el desarrollo del patógeno y mal manejo agronómico en presencia de hospederos susceptibles se observa incremento de incidencia y severidad de ojo de gallo. Como recomendación, en esta localidad y estrato altitudinal debe darse atención a la roya del café provocada por *H. vastatrix*, tal como lo indica Avelino (1991), donde menciona que en plantaciones establecidas entre altitudes de 460 m a 1100 m se reportan porcentajes de incidencia de roya superiores a 30%.

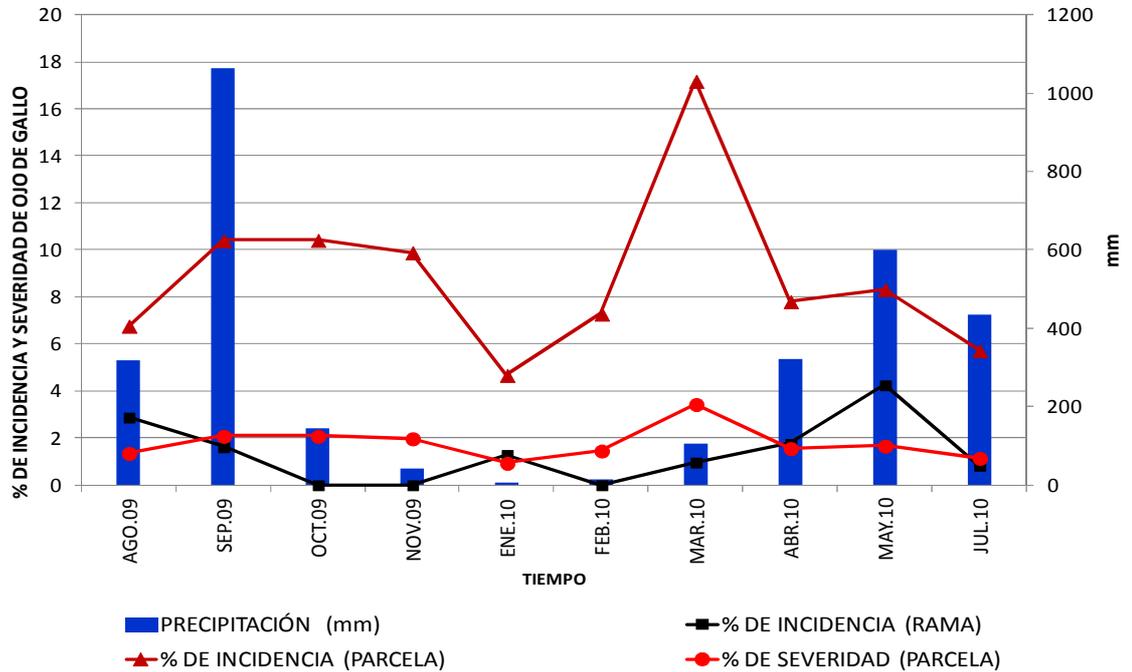


a

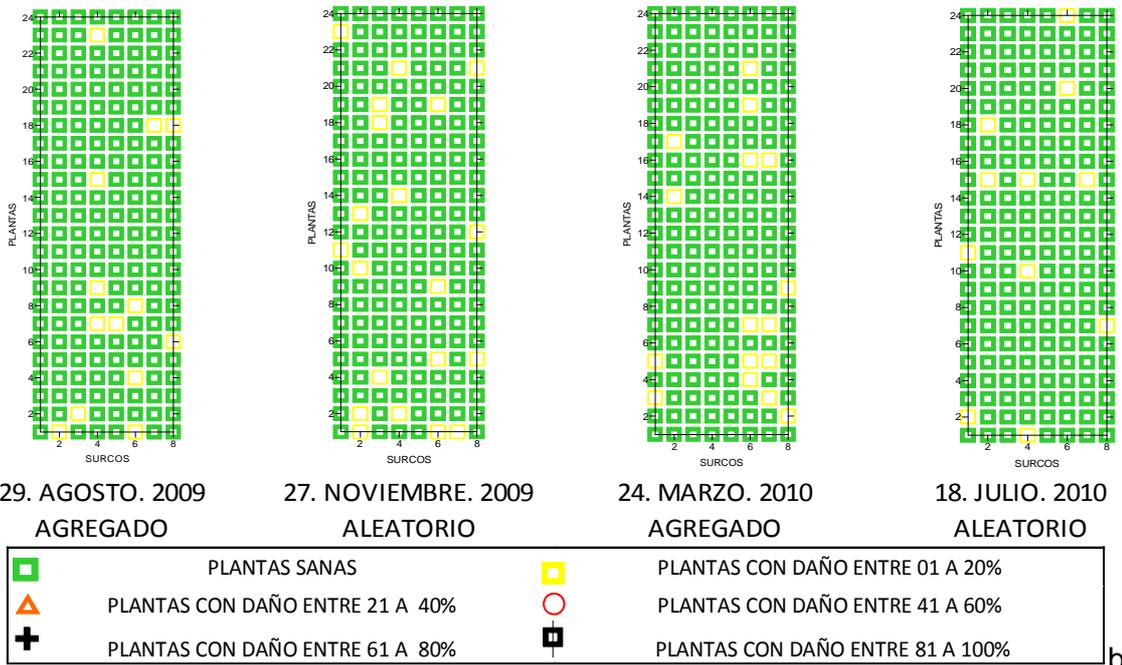


b

Figura 10. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Caturra, a) curvas de incidencia y severidad de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de El Rodeo, Escuintla, 2009 - 2010.



a



b

Figura 11. Análisis temporal de ojo de gallo en la variedad Catuaí, a) curvas de incidencia y severidad de la enfermedad para el método de cuantificación en ramas y en parcela de café, b) análisis espacial mapas en dos dimensiones, corresponde a parcela de Coatepeque, Quetzaltenango, 2009 – 2010.

En general, debe enfatizarse el manejo integrado para las plantaciones de café ubicadas en altitud superior a los 1000 m y principalmente en donde hay cultivadas variedades susceptibles como Catimor.

8.2 Descripción de aspectos relacionados a la biología de *Mycena citricolor*

La enfermedad ojo de gallo es considerada una de las principales limitantes de producción de café en regiones altas y húmedas en Guatemala, tal como se describió anteriormente. Para poder comprender el desarrollo de la epidemia, es necesario poseer un conocimiento detallado de la biología del patógeno y del hospedero. Aspectos relacionados a la biología del hongo proporcionan las bases para el manejo integrado de la enfermedad. Los datos que a continuación se presentan provienen de muestras de hojas de café obtenidas de tres localidades de muestreo del estrato alto que fue descrito anteriormente, siendo estas: San Rafael Pie de la Cuesta, San Pedro Yepocapa y El Palmar. A seguir, se describen aspectos relacionados al progreso de la enfermedad, propágulos del patógeno, reproducción sexual y asexual del hongo, sintomatología observada en los cafetos en los diferentes órganos de la planta, inóculo, descripción de las lesiones y algunos aspectos relacionados al hospedero (etapas fenológicas y defoliación) y ambiente (temperatura, humedad relativa y precipitación), analizados como un todo.

8.2.1 Mecanismos de reproducción

8.2.1.1 Fase teleomórfica o sexual

En la realización de este estudio, durante dos años de monitoreo únicamente se observó la fase sexual o teleomórfica del hongo *M. citricolor* en dos ocasiones. La primera en una hoja de café desprendida de la planta en proceso de descomposición y la segunda en un helecho junto a un árbol considerado hospedero alterno. Basado en esta observación, se puede afirmar que esta fase no es importante en la epidemia y ciclo del hongo, dado que es encontrado esporádicamente en el campo. Según Barquero (2007), para las condiciones de Costa Rica la fase sexual del hongo se puede apreciar en las lesiones de hojas caídas, así mismo menciona que puede ser vista en frutos como en hojas que se encuentran aún en la planta cuando se presentan condiciones de alta humedad y nubosidad por un tiempo prolongado. Sin embargo, esto no acontece en Guatemala, pero si es análogo a lo descrito por el IICA (1999).

A partir de los basidiocarpos encontrados en el campo, se realizó caracterización en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agronomía, USAC. El basidiocarpo analizado presentó siete milímetros de longitud de estipe y tres milímetros de diámetro del píleo. El color de los basidiocarpos es amarillo, y comparado con las tonalidades de la tabla de Munsell es 2.5 Y 8 / 8 amarillo, figura 12.a. Los basidiocarpos tienen consistencia suave y mucilaginosa, característica de los agaricales. El píleo posee nueve lamelas en donde se localizan los basidios, figura 12.c.

8.2.1.2 Fase anamórfica o asexual

En el estudio de la epidemia de ojo de gallo en café ocasionada por *M. citricolor*, se observó que la fase asexual o anamórfica es la más importante en el ciclo de la enfermedad. Según Kirk et al. (2008) el anamorfo de *Mycena* es *Decapitatus* Redhead & Seifert (2000). La estructura asexual es

denominada en el ámbito como gemas, cuerpos fructíferos, cabecitas o alfileres. Se trata de estructuras asexuales o hifas modificadas de color amarillo, pequeñas (1.5 mm de longitud), la gema tiene diámetro de 465.3 μm tal como se observa en la figura 13. Según Orozco *et al* (2010), es la fase de mayor importancia por su capacidad de multiplicación en corto periodo de tiempo.

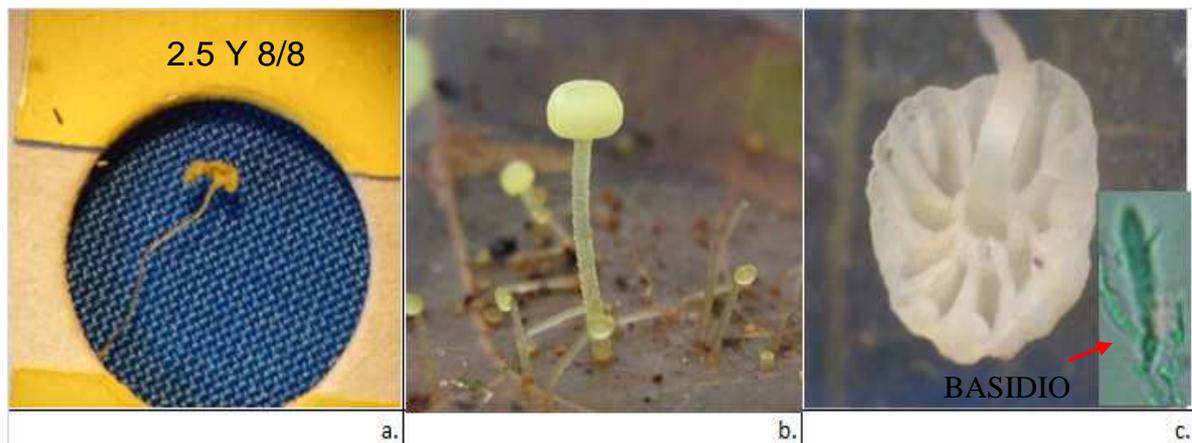


Figura 12. Fase teleomórfica o sexual del hongo *Mycena citricolor*, a. Basidiocarp color amarillo, catalogado como 2.5 Y 8/8, según Tabla de Munsell. b. basidiocarp en hoja de café en descomposición y c. vista de lamelas y basidio.

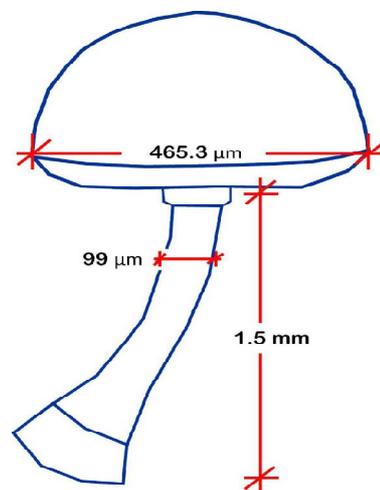


Figura 13. Diseño de una gema o fase asexual del hongo *Mycena citricolor*. Fuente: Orozco & Calderón 2010.

A partir de observaciones en el campo y laboratorio, la fase asexual es capaz de infectar tejidos del café, los síntomas inician a observarse después de 24 horas de deposición bajo condiciones de alta humedad y los síntomas son de fácil observación a los dos a cinco días después de la infección. En las lesiones formadas, puede haber formación de inóculo secundario que es re infectivo debido que se trata de una enfermedad tipo policíclica.

8.2.1.2.1 Aislamiento y multiplicación de *Mycena citricolor*

A partir de hojas de café con sintomatología de ojo de gallo, procedentes de diferentes regiones productoras del cultivo de café, se obtuvo gemas infectivas del hongo. En el laboratorio de fitopatología (FAUSAC), se realizó aislamiento y multiplicación del hongo en forma de micelio. Las gemas fueron obtenidas en las lesiones de las hojas de café con ayuda de una aguja de disección esterilizada y fueron depositadas en medio PDA (Papa Dextrosa Agar) en cajas petri de 120 x 15 mm. En cada caja se inocularon cinco gemas. La caracterización del hongo *in vitro* se realizó a temperatura en torno de 20°C análogo a lo registrado en el campo. En los cultivos realizados se observó la formación de cuerpos fructíferos asexuales a partir del crecimiento lateral de hifas. A partir de la gema depositada en el medio de PDA, se observó crecimiento micelial en todo el contorno de la gema incluyendo el pequeño pedicelo que la sostiene. Ocurre rápidamente, en 24 horas ya se observa una colonia encima del medio de cultivo. Una vez obtenido micelio en toda la caja de petri, la formación de gemas se estimula por la aplicación de agua en forma de rocío, además de luz y ventilación lo cual promueve la fructificación abundante *in vitro* similar a lo que acontece en campo.

En la caracterización de los distintos aislamientos del hongo, se observó que el micelio es de color blanco y con crecimiento anillado superficial. Esta característica fue común en los aislamientos realizados. Además, se obtuvo otros patrones de crecimiento micelial siendo estos el ramificado y algodonoso con formación de gránulos, este último se presentó en los aislamientos provenientes de las localidades de muestreo ubicadas en Escuintla y San Marcos, cuadro 4.

Cuadro 4. Patrón de crecimiento micelial de distintos aislamientos del hongo *Mycena citricolor* por localidad y altitud caracterización *in vitro*, 2009.

Código	Procedencia	Altitud m	Patrón de Crecimiento
A1	Santa Bárbara	1091	Anillado y ramificado
	Suchitepéquez.		
A2	El Rodeo	636	Anillado, granuloso, ramificado y algodonoso
	Escuintla		
A3	Acatenango	1515	Anillado y ramificado
	Chimaltenango		
A4	San Rafael Pie de la Cuesta	1619	Anillado, ramificado y algodonoso
	San Marcos.		
A5	El Palmar	1185	Anillado y ramificado
	Quetzaltenango.		
A6	San Pedro Yepocapa	1380	Anillado y ramificado
	Chimaltenango.		

A= aislamiento

Hojas de café con sintomatología de ojo de gallo procedente de la localidad de El Rodeo, Escuintla, sin aplicaciones de fungicidas, identificada como A2, presentó patrones de crecimiento variados siendo estos: anillado, granulado, ramificado y algodonoso. El aislamiento, A4, obtenido de hojas con daños de ojo de gallo de la localidad de muestreo de San Rafael Pie de la Cuesta presentó crecimiento micelial anillado, ramificado y algodonoso. En esta localidad el hongo posee alta capacidad de multiplicación por las condiciones climáticas favorables.

En conclusión, referido a los tipos de reproducción del hongo, la fase asexual o anamórfica es la más importante en el desarrollo de la epidemia de ojo de gallo. Donde, el incremento de gemas asexuales ayuda al aumento en la incidencia y severidad en el área foliar de los cafetos en el campo. Esta es la estructura responsable de ocasionar infecciones y posterior apareamiento de lesiones en el tejido vegetal de la planta de café.

8.2.2 *Proceso de patogénesis*

El hongo *M. citricolor* sobrevive en hojas vivas de café y asociado a varios hospederos secundarios en el campo. Bajo condiciones de mucha humedad, el inóculo primario del hongo en la planta de café emite gemas asexuales que nacen de las lesiones o material enfermo que queda de un año para otro en las hojas de café. Estas gemas son dispersadas por lluvia o viento y entran en contacto con la planta de café y ocurre la deposición natural de dichas gemas en su hospedero. Posteriormente, las gemas se adhieren a los tejidos y bajo condiciones de alta humedad inicia por emitir varias hifas alrededor de la gema, las cuales se desarrollan y ayudan la penetración del hongo en el tejido vegetal. Según Rao y Tewari (1987) citados por Barquero (2007) el hongo produce ácido oxálico el cual es conducido hacia la lámina foliar que secuestra el calcio y magnesio de la pared celular y esto facilita el ingreso del patógeno al tejido vegetal, causando necrosis en el tejido. En torno de 24 a 48 horas, aparecen manchas de color café oscuro o marrón y la lesión inicia a crecer hasta que alcanza alrededor de cinco milímetros. En estas lesiones da inicio la fructificación del hongo que constituye el inóculo secundario, siempre en su fase asexual y sí, las condiciones son favorables continúan las infecciones e incremento de la enfermedad. De acuerdo a lo observado, en el campo el periodo de incubación del hongo ocurre en horas y manchas necróticas se observan en 24 horas en el tejido vegetal, el periodo de latencia es variable y depende de las condiciones climáticas: ambiente de alta precipitación, rocío durante la mañana y alta humedad con temperatura en torno de 20°C favorece la fructificación. En la figura 14, se presenta un esquema de cómo se presentan estos eventos.

Los periodos de latencia e infección ocurren continuamente en época lluviosa donde los daños en las plantas de café a causa del hongo pueden incrementarse. Es decir, que la severidad de ojo de gallo puede variar y así originar procesos epidemiológicos, posterior a los eventos de infección y de latencia ocurre defoliación, caída de frutos y falta de vigor en las plantas de café.

8.2.3 *Época en que ocurre la epidemia de ojo de gallo en Guatemala*

En general, el progreso de la enfermedad se divide en dos épocas basado en el clima que se presenta en Guatemala, figura 15. La época seca está comprendida de noviembre a febrero o marzo, y se observa en los cafetos lesiones senescentes de color gris ceniciento y de formato circular. Este tipo de lesión constituye el inóculo primario o residual. Según Orozco *et al* (2010), este es el inóculo que debe ser manejado preventivamente para evitar daños severos en los cafetos. La época lluviosa se marca de abril a octubre y durante este periodo se incrementa la epidemia debido que ocurren los factores epidemiológicos antes mencionados que favorecen el desarrollo del hongo.

8.2.3.1 *Sobrevivencia del hongo*

Como ya se ha indicado, el hongo sobrevive de un año para otro en forma de micelio en las lesiones de color gris ceniza de formato circular que quedan en las plantas de café, figura 16.a. Bajo las condiciones donde se realizó el estudio, también sobrevive en hospederos alternos, que se encuentran en plantas herbáceas, helechos o árboles dentro o adyacentes del cafetal. A partir de los datos obtenidos en las localidades de muestreo, se cuantificó en la época seca de noviembre 2009 a marzo 2010, siete lesiones primarias por hoja, promedio de tres localidades de muestreo ubicadas en el estrato alto. Así mismo, para los estratos medio y bajo se cuantificó en promedio tres lesiones primarias por hoja. Esto indica que la severidad de la enfermedad es mayor en plantaciones ubicadas en altitudes superiores a 1000 metros. En la cuantificación del número de gemas presentes en esas lesiones luego del inicio de la precipitación, se contaron en promedio 20 gemas por hoja lo que representa la cantidad de inóculo que se da al inicio de la época lluviosa. Dado que es una enfermedad de tipo policíclica y el periodo de latencia es corto, se genera en poco tiempo abundante inóculo secundario.

8.2.3.2 *Inóculo secundario*

El inóculo secundario se produce en las lesiones de color marrón. Estas lesiones secundarias, figura 16.b, producen mayor daño en el área foliar enferma y ocurre defoliación de los cafetos. Cuando el daño es severo, el hongo afecta frutos y tallos jóvenes. El inóculo secundario es mayor al inóculo primario por lo cual los programas de manejo del hongo se recomiendan que sean de manera preventiva, antes del inicio de las lluvias.

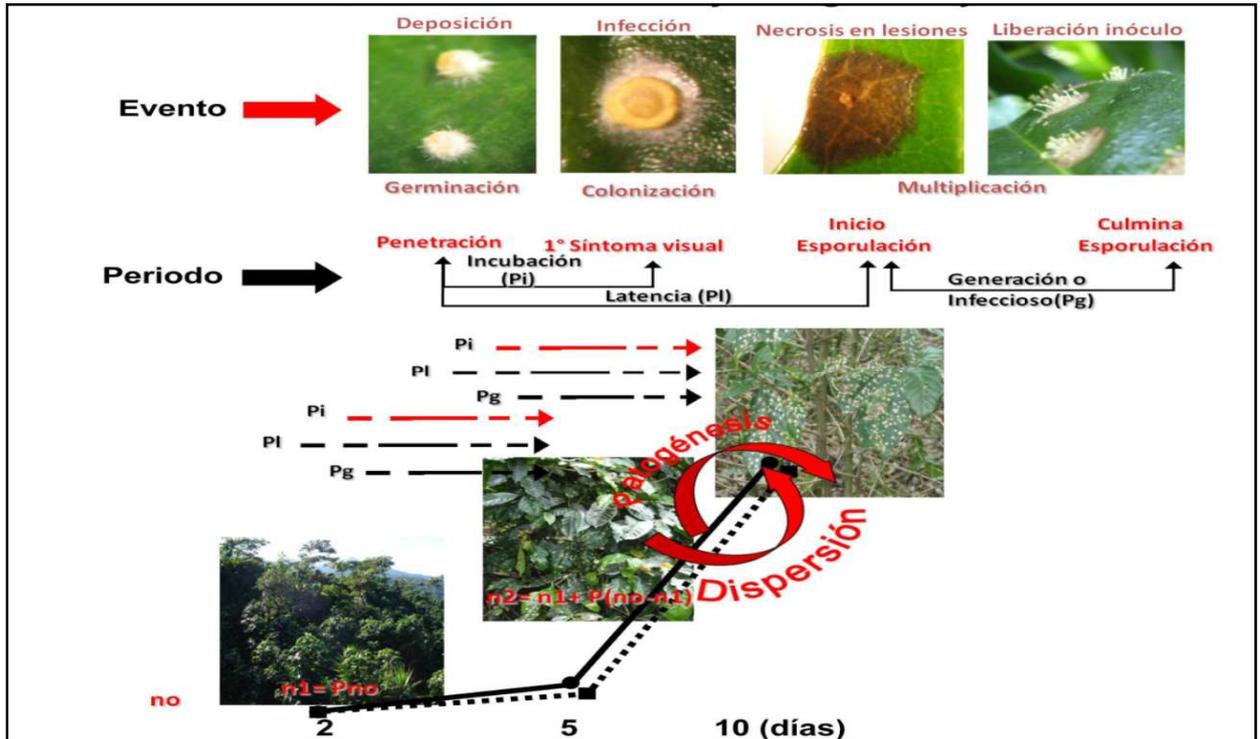


Figura 14. Proceso de patogénesis de la enfermedad ojo de gallo causada por *Mycena citricolor* para Guatemala. Fuente: Orozco et al (2009).

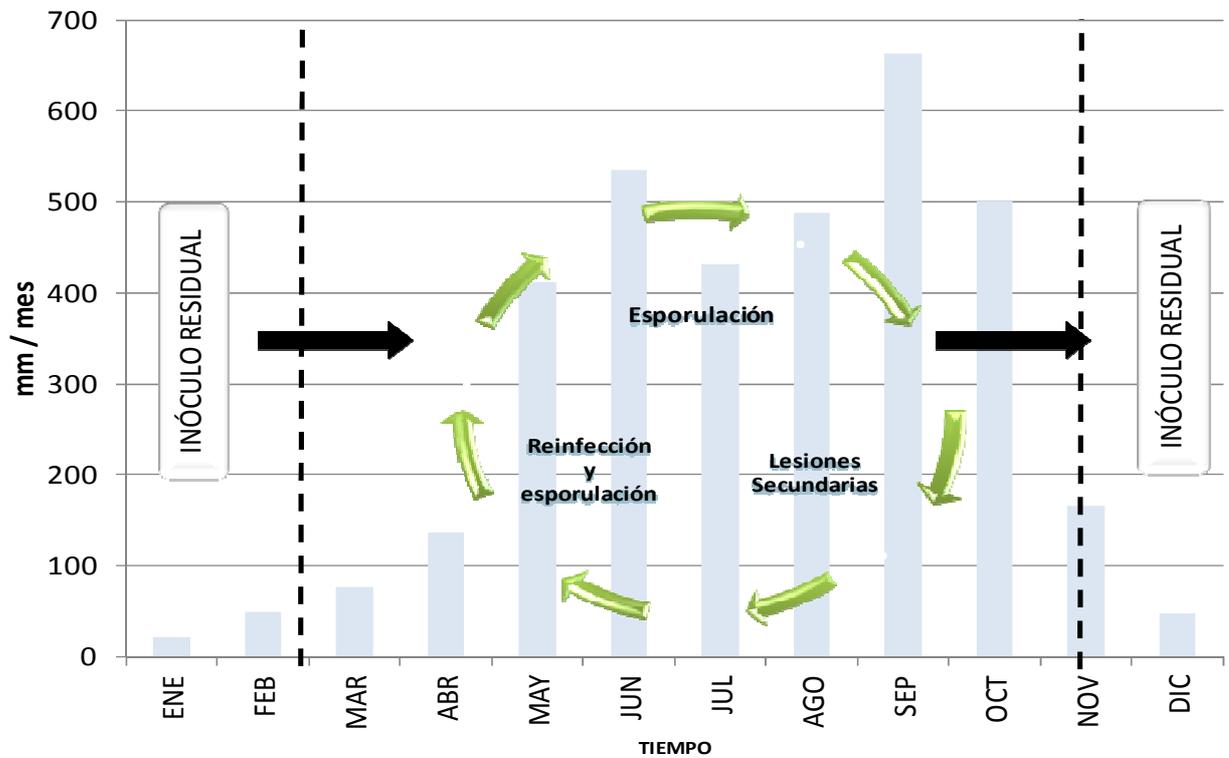


Figura 15. Épocas en que ocurre la epidemia de ojo de gallo en base a la precipitación en Suchitupéquez. Fuente datos clima: INSIVUMEH, datos promedio de los años 1972 – 1989.



Figura 16. Tipos de lesión causado por el hongo *Mycena citricolor*, a) lesiones que generan inóculo primario, b) lesiones que generan inóculo secundario, c) lesión en rama y d) lesión y fructificación de *M. citricolor* en frutos.

8.2.3.2.1 Cuantificación de lesiones ocasionadas por *Mycena citricolor* en hojas de café

En base a la cuantificación de lesiones en hojas de café realizado en el laboratorio, se generó información y se obtuvo una curva temporal de los tipos de lesión en hojas. En noviembre 2009 se cuantificaron 11 lesiones en promedio de tipo senescente. En febrero 2010 se cuantificó siete lesiones por hoja del mismo tipo lo que indica la disminución de la cantidad de inóculo en época seca y para abril 2010 se cuantificaron ocho por hoja. Las lesiones secundarias fueron menores a cinco lesiones por hoja en el transcurso del estudio, figura 17. A partir de observaciones en el campo, el inóculo secundario causa mayor daño aún con la presencia de pocas lesiones por hoja. Sin embargo, cuando se presentan condiciones climáticas adecuadas las lesiones secundarias se incrementan por fructificación del hongo. Por ejemplo, en mayo 2010 se cuantificaron ocho lesiones secundarias por hoja lo que ocasionó defoliación severa, es de mencionar que en dicho mes se presentó la tormenta Agatha.

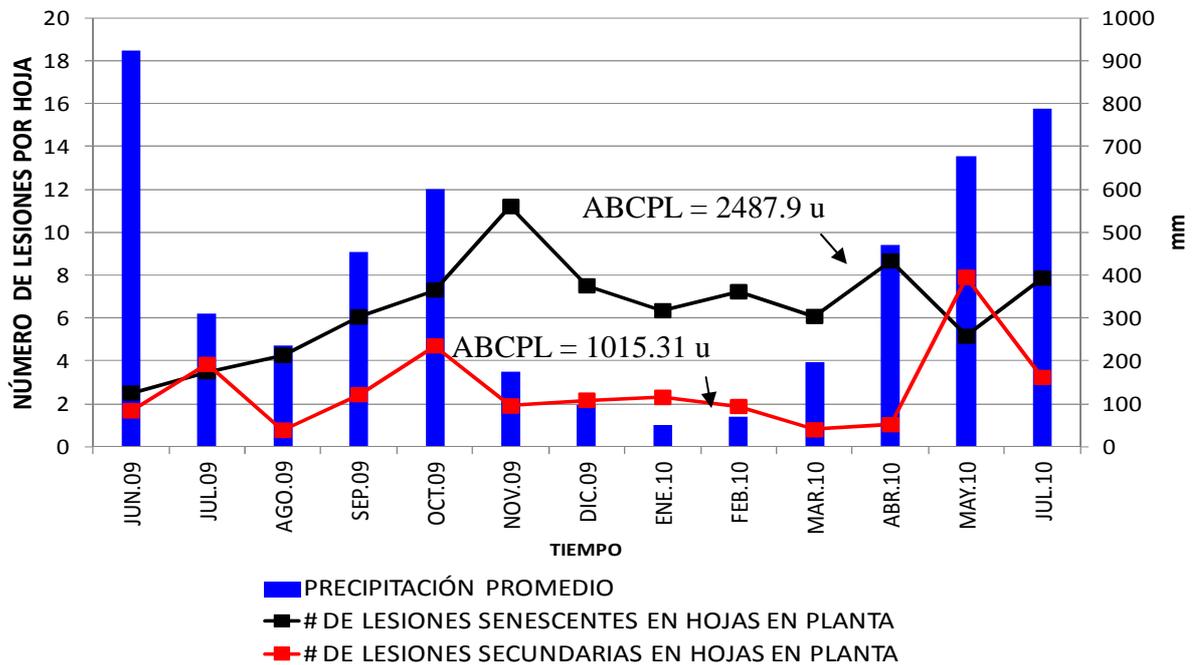


Figura 17. Curva del comportamiento de tipo de lesión en hoja recolectada en la planta *versus* precipitación. Datos corresponden a muestra de 75 hojas de tres localidades de muestreo del estrato altitudinal alto. Guatemala 2009 – 2010.

Entre enero a marzo 2010, los dos tipos de lesión disminuyen, esta es una época propicia para el manejo preventivo de la enfermedad. La curva del comportamiento de lesiones senescentes posee área bajo la curva de 2487.9 unidades (ABCPL) y la curva de lesiones secundarias 1015.31 unidades lo que representó 59.19% de diferencia entre los comportamientos de tipo de lesión, se interpreta que en las hojas de café pueden permanecer mayor tiempo lesiones senescentes y las lesiones secundarias con poca cantidad son capaces de ocasionar en menor tiempo defoliación. Esto se analiza conjuntamente con el comportamiento de lesión en hojas recolectadas del suelo.

El número de lesiones cuantificadas en las hojas que aún se encontraban retenidas por las plantas posee coeficiente de correlación de 0.40 con el número de lesiones en hojas que fueron recolectadas en el suelo (defoliación), con lo cual se concluye que no existe un número definido de lesiones que para que ocurra la caída de hojas del café.

8.2.3.2.2 Importancia y cantidad de inóculo de *Mycena citricolor* en el suelo

Este componente se realizó debido a la inquietud de muchos productores en saber el papel del inóculo de *M. citricolor* en restos vegetales en el suelo. Para ello, se recolectaron hojas de café de caída reciente, las cuales no presentaban descomposición avanzada. Se calculó media de 2.84 lesiones con inóculo senescente o primario por hoja, en comparación a 4.07 lesiones provenientes de inóculo secundario por hoja (figura 18), basado en la sintomatología de la lesión. Indica que existe algún factor asociado durante el proceso de generación de lesiones secundarias para producir defoliación, probablemente generación de etileno o mayor liberación de ácido oxálico algo

que debe de ser estudiado. Cuando se presentan condiciones climáticas favorables al hongo puede provocar defoliación en periodos cortos de tiempo, así mismo, incrementar el número de lesiones secundarias. Esto aconteció en abril 2010, al incrementarse la precipitación y donde se cuantificó en promedio 17 lesiones secundarias en hojas que fueron recolectadas en el suelo.

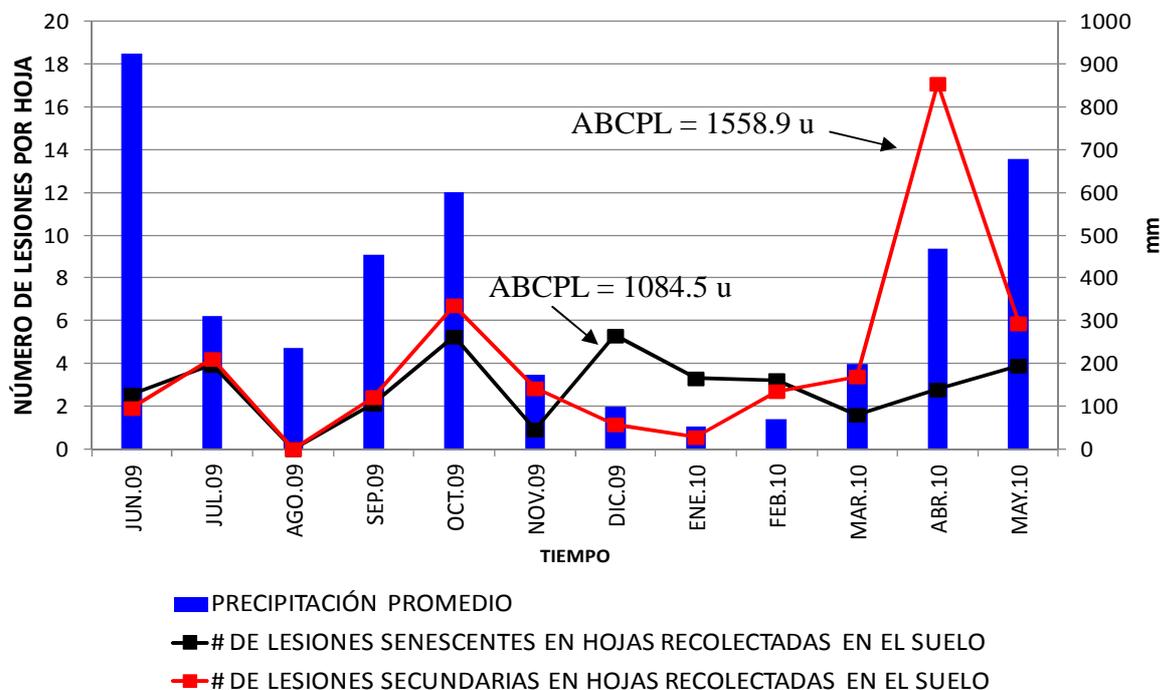


Figura 18. Curva del comportamiento de número de lesiones de ojo de gallo, en hojas de café recolectadas en el suelo *versus* precipitación. Datos corresponden a muestra de 75 hojas de tres localidades de muestreo del estrato altitudinal alto. Guatemala 2009 – 2010.

De acuerdo, al cálculo del ABCPL las lesiones primarias poseen 1084.5 unidades y las lesiones secundarias 1558.9 unidades lo que representa 30.43% de diferencia entre el de tipo de lesión en hojas caídas contrario a lo acontecido en el comportamiento de lesiones en hojas en la planta. Es el tipo de lesión secundaria el que más aparece y provoca la defoliación. Este inóculo en el suelo no es importante en el ciclo de la enfermedad debido a la alta humedad en el ambiente y porque dichas hojas entran en rápida descomposición favorecido por la alta cantidad de microorganismos presentes en el ambiente.

8.2.3.2.3 Diámetro de lesión en hojas recolectadas en planta y en el suelo

El diámetro de lesiones en hojas recolectadas en el suelo y obtenidas en la planta, fue desde 5.2 mm hasta 9.72 mm. En hojas con bastante área foliar afectada se observó unión de lesiones. De acuerdo a las mediciones realizadas durante el estudio las lesiones poseen 6.72 mm de diámetro promedio. En la época seca el diámetro de las lesiones fue alrededor de 6 mm en hojas recolectadas en la planta y de 7 mm en hojas recolectadas en el suelo. En la época lluviosa el diámetro de las lesiones se incrementó a 9.72 mm. La caída de hojas no se encuentra relacionado con el diámetro de lesión y debe de considerarse otros factores hormonales como etileno, nutrición, ambiente u otras enfermedades. En base a la escala diagramática en hojas (anexo 2)

utilizada para este estudio, las lesiones de ojo de gallo pueden abarcar hasta 35% del área foliar en una hoja. De acuerdo a ISIC (1987), la reducción de superficie foliar tiene efecto perjudicial sobre el crecimiento, reducciones del 25% retarda el desarrollo de la hoja hasta 54%. Lo cual se relaciona a procesos fotosintéticos necesarios para la producción de café.

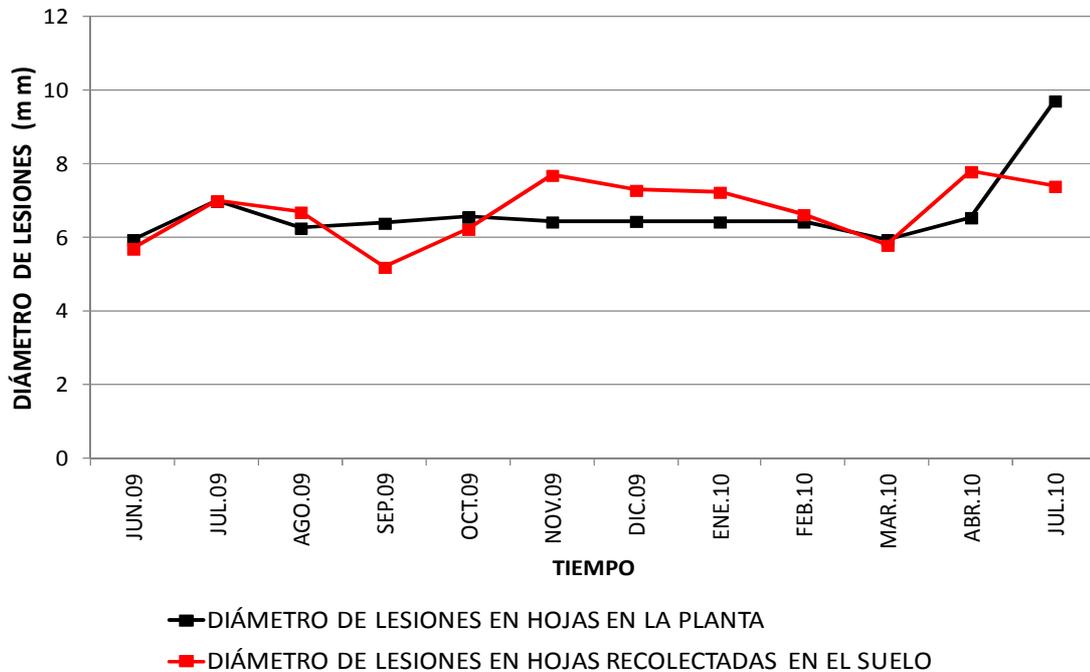


Figura 19. Curva del comportamiento de los diámetros de lesiones de ojo de gallo en hojas en la planta y en el suelo. Datos corresponden a muestra de 75 hojas de tres localidades de muestreo del estrato altitudinal alto. Guatemala 2009 – 2010.

En base al cálculo del área bajo la curva del progreso de diámetro de lesión se obtuvo 2553.1 unidades para la curva de diámetro de lesión de hojas en la planta y 2570.5 unidades para la curva de diámetro de lesión en hojas caídas lo que representa 0.67% de diferencia entre las curvas, lo cual indica que esta variable es constante en el tiempo. Respecto al análisis de esta variable, se concluye que el diámetro de las lesiones que permanecen en las hojas aún en la planta se mantiene constantes conforme al tiempo lo que favorece la presencia de lesiones (inóculo primario) en la época seca.

8.2.3.3 Fructificación del hongo en hojas de la planta

Lesiones ocasionadas por *M. citricolor* en hojas en época seca generalmente no presentan gemas, excepto en hojas de cafetos situados en localidades de mayor altitud donde hay rocío lo que provoca mojado foliar durante la mañana lo cual es suficiente para motivar la fructificación del hongo. En relación al número de gemas encontradas, se cuantificó en promedio dos gemas por lesión y valores máximos de 181 gemas emitidas en lesiones en el haz de la hoja y 68 en lesiones en el envés. Así mismo, una gema por lesión independientemente del lado de la hoja. Cada gema producida tiene la potencialidad de infectar y ocasionar una nueva lesión cuando es liberada y

adherida en nuevos sitios en el área foliar disponible de la planta. De ahí en adelante si las condiciones persisten continúan los ciclos del hongo y la enfermedad con la producción de más inóculo secundario.

A partir de los conteos de gemas en lesiones de hojas de café, se determinó que el hongo se desarrolla más en el haz de las hojas y se registró el valor máximo de 254 gemas. En época lluviosa se cuantificaron 19 gemas infectivas por hoja en promedio. Sin embargo, en el periodo de la tormenta Agatha (mayo 2010) hubo promedio de 43 gemas infectivas. Como anteriormente indicado en época seca se cuantificó una gema infectiva por hoja, lo que indica que no se presentan condiciones ambientales favorables para fructificación del hongo. No obstante, este se encuentra presente en forma de micelio junto a las lesiones y constituye el inóculo primario. En el envés de la hoja, se observa en general una gema, figura 20, ocasionalmente se observa mayor número tal fue el caso que en una hoja se cuantificó el valor máximo de 68 gemas en esta parte de la hoja.

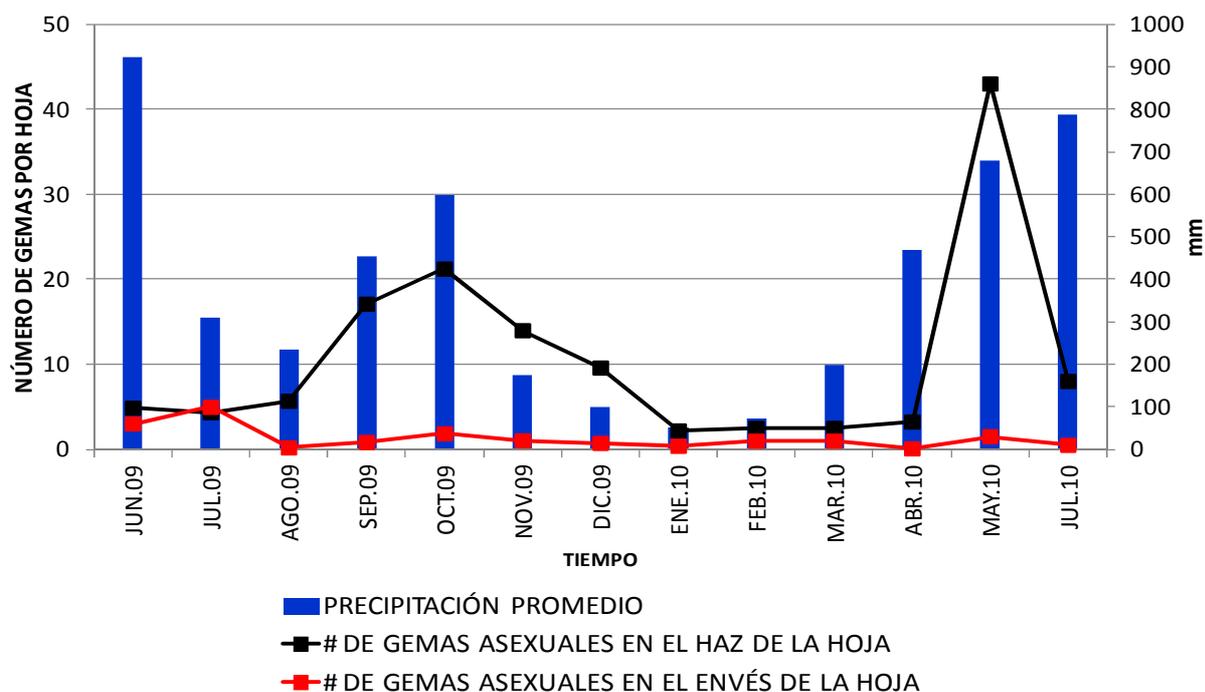


Figura 20. Curva del comportamiento de fructificación de gemas asexuales de *M. citricolor* en hojas de café según lado de la hoja versus precipitación. Promedio de tres localidades de muestreo ubicadas en el estrato alto. Guatemala 2009 – 2010.

Se concluye que la mayor cantidad de fructificación se concentra en el haz de las hojas, por lo que las aplicaciones de productos biológicos o fungicidas deben ser enfocadas a los dos lados de la hoja con prioridad en la parte superior.

8.2.4 Ciclo de la enfermedad ojo de gallo causada por *Mycena citricolor* en café

El inicio de la enfermedad coincide con el inóculo que sobrevive en las lesiones de las hojas de café o partes afectadas de la planta de un año para otro. En época seca en hojas de café se visualiza en forma de lesiones de color gris ceniciento de formato circular en las cuales no hay fructificación. Al inicio de las lluvias, en esas lesiones es donde se producen las gemas infectivas asexuales que se depositan en tejido vegetativo sano. En ese punto si existen condiciones favorables ocurre infección y en término de dos días se visualizan lesiones pequeñas de color marrón que se incrementan gradualmente hasta alcanzar un tamaño promedio de 0.5 cm a un tamaño mayor dependiendo de la lignificación de los tejidos. En tejidos no lignificados las lesiones son mayores. En estas lesiones necrosadas ocurre nuevamente fructificación del hongo y constituye el inóculo secundario que se incrementa exponencialmente provocando daños en el tejido vegetal de las plantas de café, luego ocurre defoliación y como consecuencia pérdida de producción de café. En época de producción los frutos también pueden ser infectados y también ramas no lignificadas. Respecto a la reproducción de la fase sexual o teleomórfica, en el campo junto a tejidos de la planta o restos vegetales en el suelo es esporádica o raramente encontrada y por lo consiguiente se considera que no es importante en el ciclo de la enfermedad. En la figura 21, se propone el ciclo patológico del hongo *M. citricolor* en el patosistema ojo de gallo – café para las condiciones de Guatemala.

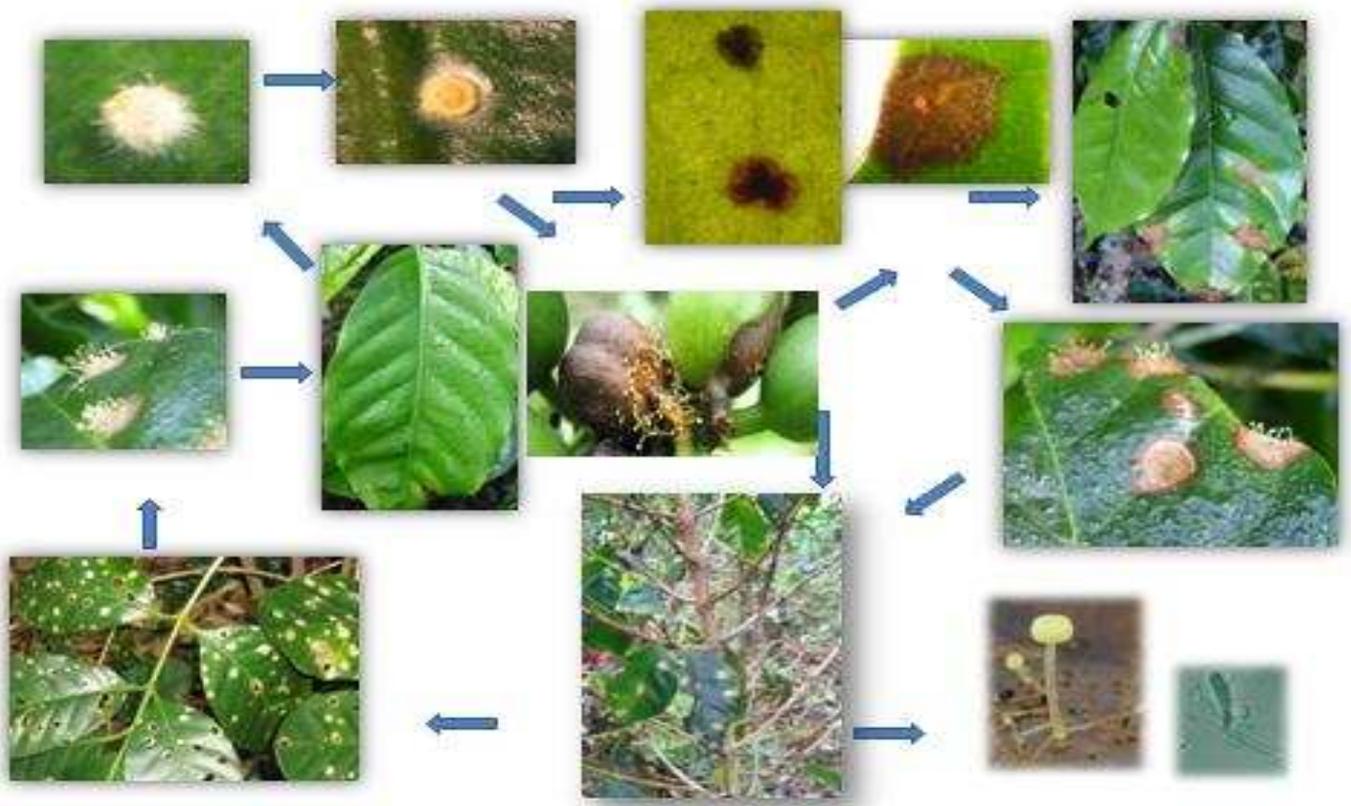


Figura 21. Ciclo de la enfermedad ojo de gallo causada por *Mycena citricolor* en el cultivo de café (*C. arabica*) para las condiciones de Guatemala. Fuente: Orozco, *et al* (2009).

8.2.5 Fases fenológicas del café y su relación con ojo de gallo

En este apartado, se establece la relación entre la ocurrencia de procesos fenológicos en los cafetos basado en observaciones realizadas en el campo en las parcelas de monitoreo del estrato alto y el progreso de la enfermedad bajo el método de rama. Bajo el análisis de los factores que propician la epidemia de ojo de gallo, la planta de café es la unidad integradora de los procesos que ocurren en el campo.

La floración del café en Guatemala se presenta al inicio de las lluvias y es variable dependiendo de la región. En general se observa a partir de febrero a abril. Previo a esta época que comprende de noviembre a febrero es importante monitorear el inóculo primario e iniciar con las prácticas de manejo de la enfermedad, incluyendo la aplicación de fungicida sistémico de manera preventiva orientado a la reducción de inóculo primario. Cuando se acentúa la época lluviosa, en los meses de mayo a octubre, hay incremento de la intensidad de la enfermedad y los mayores daños se observan en las localidades ubicadas a más de 1000 m de altitud que presentan ambiente favorable para el patógeno y es ahí donde se observan problemas en cualquier fase fenológica del cafeto ya sea vegetativa o reproductiva. El desarrollo de las fases fenológicas del cafeto en el periodo reproductivo y su relación con el periodo lluvioso para regiones productoras en el estrato alto se esquematiza en la figura 22.

En relación al periodo vegetativo, en junio 2009 se cuantificó incidencia de 8.67% de ojo de gallo, en este mes también se observó el desarrollo del fruto, para este estado reproductivo la retención de hojas es importante ya que a través de ellas el fruto obtiene energía para su crecimiento. Cuando el fruto de café alcanza su madurez fisiológica e inicia el cambio de coloración a rojo la incidencia de ojo de gallo incrementó de 11.74% (agosto 2009) a 53.86% en octubre 2009 donde también disminuyó el número de hojas de 24 a 15 por rama, este incremento en la intensidad de la enfermedad no es idóneo ya que se obtiene merma en la producción y baja calidad del fruto. Esto concuerda con el ISIC (1987), donde menciona que los frutos producen vía fotosíntesis cerca de un 30% de su propio peso, sin embargo, estos son fuertes extractores de carbohidratos de las hojas por lo que la falta de estas puede ser la causa de una caída prematura. La relación entre emisión y número de hojas versus incidencia de ojo de gallo se presenta en la figura 23.

En conclusión, el estado vegetativo se desarrolla durante todo el año siendo mayor la emisión de hojas en el periodo lluvioso principalmente de mayo a julio, sin embargo este tejido potencialmente puede o es dañado por el hongo que ocasiona ojo de gallo. En relación al periodo reproductivo la floración principal ocurre luego del inicio de las lluvias, pero para estas plantaciones ubicadas en este estrato se observa floración todo el año probablemente de un desbalance hormonal de la planta y se observan frutos en diferente estado por lo anteriormente descrito y esto es no deseable en una producción comercial.

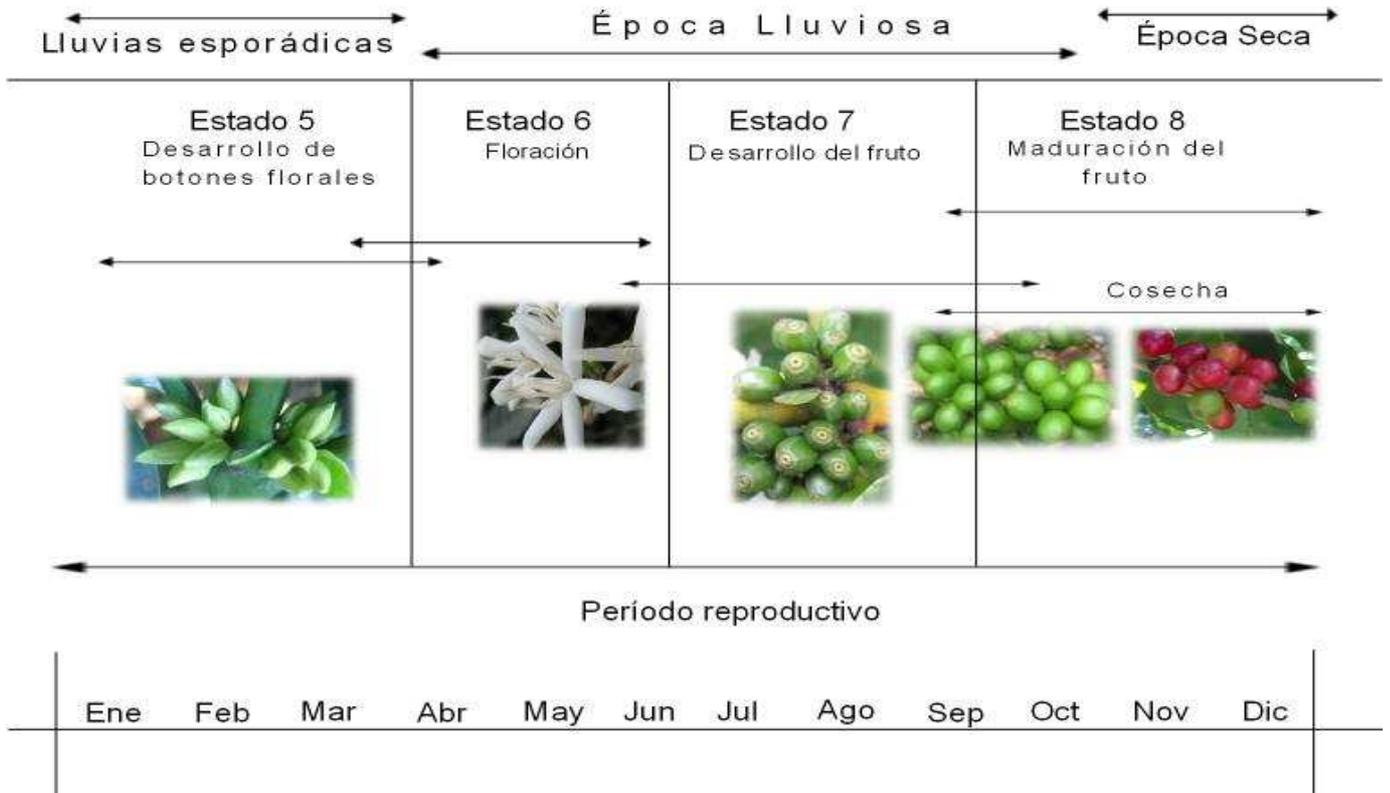


Figura 22. Fenología del café en regiones productoras ubicadas en el estrato altitudinal de producción de café entre 1700 a 1000 m en la zona montañosa del sur de Guatemala: fase de crecimiento reproductivo.

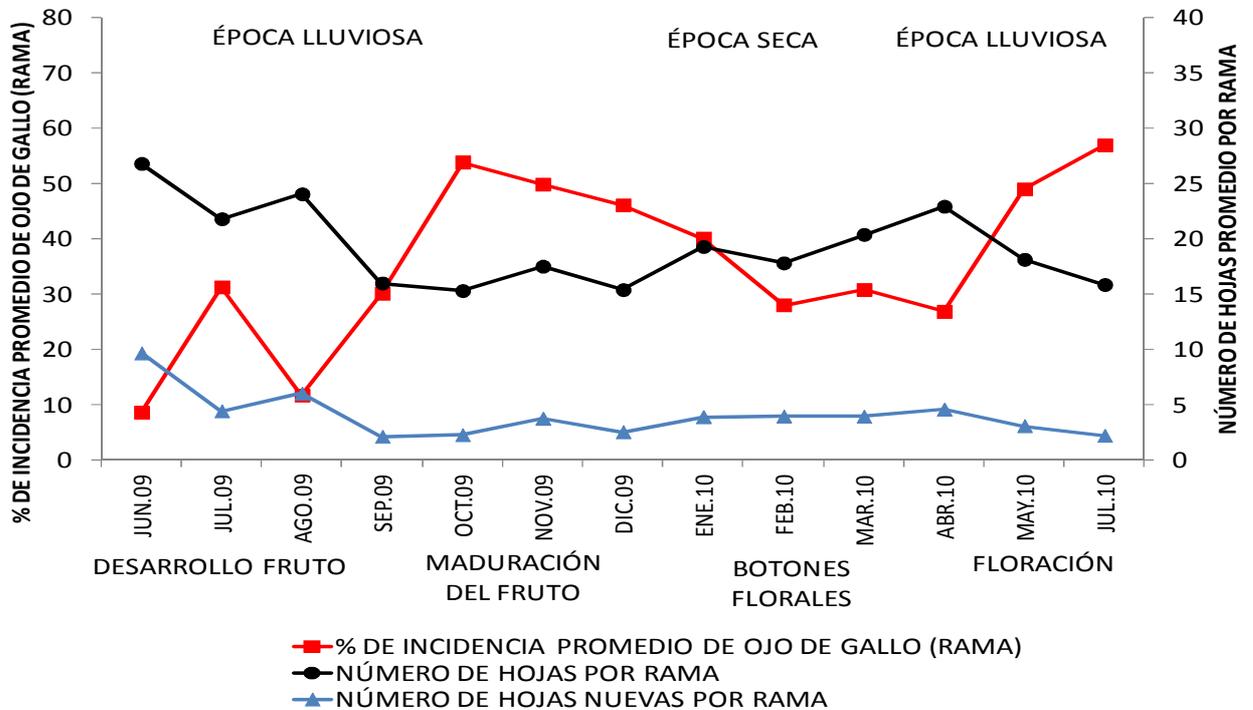


Figura 23. Curva del progreso de ojo de gallo y número de hojas por rama en relación a la fenología del café correspondiente a tres localidades de muestreo en el estrato altitudinal de producción entre 1700 a 1000 m. 2009 – 2010.

8.3 Principales factores climáticos y su relación con ojo de gallo

Como se mencionó anteriormente los factores climáticos influyen directamente en el comportamiento de ojo de gallo en el cultivo de café. En general, precipitación mayor a 2000 mm/año, temperatura en torno a 20°C y humedad relativa superior a 80% son condiciones idóneas para que el hongo *M. citricolor* cause daños en el tejido vegetal del cafeto. En este apartado se describe de manera individual la relación entre la enfermedad y estos factores. Se hace énfasis en las parcelas de monitoreo del estrato alto ya que es ahí donde mayor importancia posee la enfermedad.

8.3.1 Relación temperatura – ojo de gallo

Cuando se correlacionaron las variables de temperatura e incidencia de ojo de gallo (método de rama) se obtuvieron coeficientes de correlación de 0.32, - 0.76 y - 0.03 que corresponden a las localidades de muestreo en San Rafael Pie de la Cuesta, San Pedro Yepocapa y El Palmar, cuadro 5. Con datos obtenidos de la estación meteorológica más cercana a la localidad de San Rafael Pie de la Cuesta, en esa región se registra media de temperatura de 21.4°C, con máxima de 22.3°C y mínima de 20.7°C. Este intervalo es adecuado para el crecimiento del café y para el ciclo de vida del hongo. El coeficiente de 0.32 entre incidencia y temperatura es bajo y no refleja lo observado en campo, esto se debe a que no son datos reales del lugar donde se realizó el estudio. Para la localidad de Yepocapa se calculó coeficiente de correlación negativo - 0.76. Sin embargo, el intervalo de temperatura comprendió de 17.5°C a 14.6°C, esta temperatura es considerada baja, menor a 20°C, la cual es favorable para el desarrollo del patógeno. Este mismo resultado se calculó con los datos obtenidos en la localidad de El Palmar donde la temperatura se comportó entre 20.8°C a 23.2°C, sin embargo, en la parcela de monitoreo durante la mañana permanecen bancos de niebla los cuales favorecen mojado foliar ideal para fructificación del hongo. Estos coeficientes negativos expresan que la incidencia de ojo de gallo y temperatura no se comporta de la misma manera, pero el rango de temperatura, < 20°C, es idóneo para el desarrollo de ojo de gallo. En general, la temperatura para las tres localidades se comportó entre 14.6°C y 23.2°C. En base a esta información, se concluye que la temperatura en regiones productoras de café ubicadas a más de 1000 m de altitud se encuentra en torno a 20°C y favorece el ojo de gallo. Por otro lado, cuando se registra temperatura superior a 24°C el hongo es limitado en su reproducción tal como sucedió en las localidades de muestreo de ojo de gallo que se ubicaron a menos de 1000 m, este factor es el principal limitante de ojo de gallo en estas regiones.

En relación a la temperatura y severidad de ojo de gallo se calcularon los coeficientes de - 0.58 para San Rafael Pie de la Cuesta, - 0.79 San Pedro Yepocapa y 0.46 para la localidad de El Palmar. Es decir, que en estas localidades la temperatura influye primordialmente en la presencia de ojo de gallo, mas no así en el incremento de daño en el tejido vegetal. Esto concuerda con Agrios (2005) quien menciona que cuando la temperatura permanece dentro de un intervalo favorable (20°C para *M. citricolor*) un patógeno policíclico es capaz de completar su ciclo de enfermedad.

8.3.2 *Relación humedad relativa – ojo de gallo*

Se calcularon coeficientes de correlación de: - 0.36, - 0.44 y 0.72 para las variables incidencia de ojo de gallo y humedad relativa, con datos de las localidades de San Rafael Pie de la Cuesta, San Pedro Yepocapa y El Palmar. Para las dos primeras localidades de muestreo el coeficiente no proporciona relación entre humedad e incidencia, este resultado posiblemente se debe que la estación meteorológica proporciona valores generales de la localidad de estudio y no de las condiciones de los lotes de café que son afectados por ojo de gallo. Por otro lado, el coeficiente de correlación para la localidad de El Palmar fue de 0.72, acorde a lo observado en campo donde en la parcela de monitoreo prevalecen bancos de niebla tal como se mencionó anteriormente.

En general, este factor climático se comportó entre 74% a 90% en las tres localidades de muestreo, lo cual proporciona media de 82%. En conclusión en regiones ubicadas a más de 1000 m prevalecen porcentajes de humedad en torno a 80%. Esto significa que en los cafetos perdura el mojado foliar lo cual proporciona prolongamiento del ambiente húmedo entre los cafetales, dando a lugar mayor número de reinfecciones del hongo en el tejido vegetal.

8.3.3 *Relación precipitación – ojo de gallo*

Para las localidades de muestreo del estrato alto se registró precipitación entre 3070 mm a 3772.5 mm durante el transcurso del estudio (de junio 2009 a julio 2010), información obtenida en estaciones meteorológicas más cercas a los sitios de muestreo de ojo de gallo. Para el 2010 en la estación del INSIVUMEH en Mazatenango se registró precipitación de 5954 mm/año siendo el valor máximo. Según el ISIC (1987), cuando se registra precipitación superior a 2000 mm, esta repercute en la sanidad del cultivo y su crecimiento vegetativo.

De acuerdo a las curvas del progreso de ojo de gallo en las localidades del estrato alto, la intensidad de ojo de gallo aumenta conforme se incrementa la precipitación y se acumulan las horas de mojado foliar. Con los valores de precipitación acumulados, se calculó coeficiente de correlación de 0.99 para San Rafael Pie de la Cuesta, 0.95 en San Pedro Yepocapa y 0.85 para El Palmar en relación a la severidad. En conclusión la severidad de ojo de gallo se encuentra directamente relacionada con la precipitación y horas de mojado foliar y es por ello que esta enfermedad produce su mayor expresión en época lluviosa y se recomienda su manejo preventivo en la época seca. De acuerdo al Icafé (2009), en un estudio realizado en Costa Rica el aumento de ojo de gallo sucede transcurridos 30 días luego que ocurre una condición de lluvia o humedad relativa, además, indica que la enfermedad no ocurre simultáneamente con el incremento de las lluvias. Sin embargo, esto no sucede para las condiciones de las regiones productoras de café ubicadas en el estrato alto de Guatemala donde el incremento de ojo de gallo se intensifica cuando las lluvias incrementan. De igual manera, agricultores de estas zonas cafetaleras expresan que al incrementarse la lluvia se observa mayor daño por ojo de gallo.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Pearson entre factores climáticos e índices de la enfermedad ojo de gallo causada por *Mycena citricolor* para tres localidades de muestreo del estrato altitudinal alto.

	LOCALIDAD DE MUESTREO		
	SAN RAFAEL PIE DE LA CUESTA, SAN MARCOS.	SAN PEDRO YEPOCAPA, CHIMALTENANGO.	EL PALMAR, QUETZALTENANGO.
	% DE INCIDENCIA POR EL MÉTODO DE LA RAMA		
TEMPERATURA (°C)	0.32	0.76	0.03
HUMEDAD RELATIVA (% HR)	0.36	0.44	0.72
PRECIPITACIÓN (mm)	0.77	0.62	0.08
PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	0.29	0.9	0.87
	ÍNDICE DE SEVERIDAD		
TEMPERATURA (°C)	0.58	0.79	0.46
HUMEDAD RELATIVA (% HR)	0.85	0.44	0.19
PRECIPITACIÓN (mm)	0.5	0.83	0.23
PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	0.99	0.95	0.85

Para las localidades de muestreo que fueron contempladas en el estrato alto el factor climático que más influye en el desarrollo de ojo de gallo es la precipitación. Sin embargo para el desarrollo de la epidemia es necesario la conjugación de los principales factores climáticos como: precipitación entre 2000 a 5000 mm/año, humedad relativa superior a 80% y temperatura en torno de 20°C.

8.4 Variedades de café y su relación con ojo de gallo

A partir de datos obtenidos en una encuesta (anexo 3) a administradores de fincas productoras de café de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango, se obtuvo información de las variedades que se encuentran establecidas y de la apreciación de los agricultores de la susceptibilidad al daño a la enfermedad ojo de gallo por rango altitudinal.

La distribución de las variedades de café entre 457 a 1900 m, según 62 caficultores, el 35.93% indicaron el uso de la variedad Catimor distribuida de la siguiente manera: 19.11% de los agricultores la utilizan como variedad principal y 16.82% como variedad secundaria, cuadro 6. Pero su uso se encuentra focalizado en localidades ubicadas a menos de 1000 m. De igual manera, en relación a los Catimores, el 32.91% de los agricultores indicaron que esta variedad es la que mayor daño presenta por ojo de gallo sin indicar la severidad de la misma. Por otro lado, el 58.11% de los agricultores indicaron la utilización de la variedad Caturra, 49.17% de la variedad Catuaí y 33.79% hacen uso de la variedad Bourbon independiente de la categoría de uso como variedad principal o secundaria. De los agricultores consultados, el 22.78% indicó que las variedades Caturra y Catuaí son dañadas por ojo de gallo y el 20.25% expresaron que la variedad Bourbon también es afectada.

Cuadro 6. Apreciación de agricultores de la distribución de variedades de café en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango y su relación con la enfermedad ojo de gallo a partir de 62 agricultores encuestados.

	Variedad Principal	Variedad Secundaria	Estimación de daño por ojo de gallo según variedad
Arabigo	0%	2.8%	0%
Bourbón	13.23%	20.56%	20.25%
Catimor	19.11%	16.82%	32.91%
Catuaí	32.35%	16.82%	22.78%
Caturra	33.82%	24.29%	22.78%
Icatú	0%	2.8%	0%
Pacamara	0%	1.86%	1.26%
Robusta	1.47%	11.21%	0%
Typica	0%	0.93%	0%
Villa Sarchí	0%	1.86%	0%

En base a esta información las variedades Caturra, Catuaí, Catimor y Bourbón son las más utilizadas en los departamentos de Quetzaltenango y San Marcos, principalmente seleccionadas por características de producción, mas no así por a la resistencia de ojo de gallo. Sin embargo, como se ha descrito la epidemia de ojo de gallo se presenta en regiones altas y húmedas y de los 62 agricultores encuestados 26 de ellos administran fincas establecidas entre 1006 a 1900 m, donde la enfermedad es considerada como principal limitante en la producción, por lo cual a seguir se analizó información en base a 26 agricultores.

Dando prioridad al estrato de producción de café alto, de los 26 agricultores consultados el 52.06% indicaron el uso de la variedad Catuaí de los cuales el 32.50% de estos la utilizan como variedad principal y el 19.56% como variedad secundaria, cuadro 7. Además, el 32.50% de los agricultores señalaron que esta variedad es afectada por ojo de gallo. En relación a la variedad Catimor únicamente el 3.57% de agricultores encuestados indicaron el uso como variedad principal el Catimor y el 17.39% como variedad secundaria, esto indica que los agricultores reconocen que se presenta mayor daño de ojo de gallo en esta variedad. De acuerdo con ANACAFÉ (2009), los Catimores son susceptibles a ojo de gallo por lo cual se recomienda no establecerlo en regiones cafetaleras a más de 1000 m.

En las plantaciones de café establecidas a más de 1000 m se utiliza principalmente las variedades Catuaí, Caturra, Bourbón y Catimor respectivamente. Y de acuerdo a la apreciación de los agricultores estas variedades son susceptibles al daño por el hongo *M. citricolor*. La realización de la encuesta permitió obtener el análisis del establecimiento de variedades de café según altitud y obtener una perspectiva de la relación entre variedades de café y ojo de gallo. En el cuadro 8, se presenta el establecimiento de variedades de café.

Cuadro 7. Apreciación de agricultores de la distribución de variedades de café en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango y su relación con la enfermedad ojo de gallo a partir de 26 agricultores encuestados.

	Variedad Principal	Variedad Secundaria	Apreciación de agricultores del daño por ojo de gallo según variedad
Arabigo	0%	4.34%	0%
Bourbón	25%	21.73%	25%
Catimor	3.57%	17.39%	15%
Catuaí	32.50%	19.56%	32.50%
Caturra	25%	26.08%	25%
Icatú	0%	4.34%	0%
Pacamara	0%	2.17%	2.50%
Robusta	0%	2.17%	0%
Typica	0%	0%	0%
Villa Sarchí	0%	2.17%	0%

En relación a la variedad Catuaí esta se encuentra establecida como variedad principal desde 900 a 1500 m y es utilizada también como variedad secundaria. Según la cuantificación de ojo de gallo en las localidades de muestreo de San Rafael Pie de la Cuesta (1619 m) y San Pedro Yepocapa (1380 m) donde se trabajó con esta variedad, Catuaí, es severamente dañada por ojo de gallo. Así mismo, el 66% de agricultores encuestados que representaban fincas ubicadas entre 1299 a 1100 m indicaron que la variedad Catuaí es la que mayor daño por ojo de gallo presenta. En relación a la variedad Caturra, se encuentra distribuida como variedad principal entre 900 m a 1300 m y es donde mayor daño por ojo de gallo posee según la apreciación de los agricultores.

En conclusión, en regiones con cultivo de café a más de 1000 m, según los agricultores encuestados, se aprecia mayores daños por ojo de gallo. De acuerdo con esta encuesta los agricultores conocen que la variedad Catimor es más susceptible al daño por ojo de gallo en relación a otras variedades. Por esta razón, en estas regiones no cultivan a los Catimores como variedad principal. En regiones ubicadas a menos de 1000 m los Catimores se encuentran establecidos como variedad principal, ya que esta variedad es resistente al ataque de la roya del caféto donde esta enfermedad es más importante.

Cuadro 8. Resumen de encuesta e información brindada por 62 agricultores con el uso de variedades de café y su relación con ojo de gallo en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango, 2011.

RANGO ALTITUDINAL (msnm)	# DE AGRICULTORES CONSULTADOS	ÁREA CULTIVADA EN Ha.	VARIEDAD PRINCIPAL	PORCENTAJE DE USO SEGÚN AGRICULTORES POR RANGO ALTITUDINAL	VARIEDAD SECUNDARIA	PORCENTAJE SEGÚN AGRICULTORES POR RANGO ALTITUDINAL	VARIEDAD DAÑADA POR OJO DE GALLO	PORCENTAJE DE USO SEGÚN AGRICULTORES POR RANGO ALTITUDINAL	
1900 - 1700	1	7	CATURRA	***	ROBUSTA	***	CATURRA	***	
1699 - 1500	0	***	***	***	***	***	***	***	
1499 - 1300	5	907.9	BOURBON	60%	CATURRA	100%	CATURRA	40%	
			CATUAÍ	40%	CATIMOR	60%	CATIMOR	40%	
					CATUAÍ	20%	CATUAÍ	20%	20%
					BOURBON	20%	BOURBON	20%	40%
					VILLA SARCHÍ	20%			
1299 - 1100	9	1659.7			ARABIGO	20%			
			CATUAÍ	44%	CATUAÍ	44%	CATUAÍ	66%	
			BOURBON	33%	BOURBON	44%	BOURBON	44%	
			CATURRA	11%	CATURRA	44%	CATURRA	22%	
			CATIMOR	11%	CATIMOR	11%	CATIMOR	22%	
					PACAMARA	11%	PACAMARA	11%	
					ARABIGO	11%			
			CATUAÍ	42%	CATUAÍ	26%	CATUAÍ	31%	
			CATURRA	31%	CATURRA	36%	CATURRA	10.50%	
CATIMOR	31%	CATIMOR	26%	CATIMOR	47.30%				
1099 - 900	19	3012.27	BOURBON	5.20%	BOURBON	31%	BOURBON	15.70%	
					ICATÚ	10.50%			
					PACAMARA	5.20%			
					SARCHIMOR	5.20%			
					ROBUSTA	5.20%			
			CATUAÍ	44%	CATUAÍ	11%	CATUAÍ	22%	
			CATIMOR	33%	CATIMOR	33%	CATIMOR	44%	
			BOURBON	11%	CATURRA	77%	CATURRA	11%	
			ROBUSTA	11%	BOURBON	33%	BOURBON	11%	
					ICATÚ	11%			
899 - 700	9	1670.2			SARCHIMOR	11%			
					ROBUSTA	11%			
					ARABIGO	11%			
					TYPICA	11%			
			CATURRA	60%	CATUAÍ	20%	CATIMOR	60%	
			CATUAÍ	20%	CATIMOR	60%	CATUAÍ	20%	
			CATIMOR	20%	BOURBON	20%			
					ROBUSTA	40%			
					CATURRA	***			
					BOURBON	***			
		ROBUSTA	***						
499 - 300	1	306.6	CATIMOR	***			BOURBON	***	
TOTAL	49	7884.97							

Esta susceptibilidad se encuentra sustentada en las parcelas de monitoreo de ojo de gallo donde en la localidad de El Palmar (1185 m) se trabajó con la variedad Catimor y se calculó el valor del ABCPE de 13675 unidades que se obtuvo a partir de nueve lecturas realizadas por el método de cuantificación por rama. Así mismo, se trabajó con la variedad Catuaí en dos localidades de muestreo del estrato alto a 1380 y 1619 m, se obtuvo valores del ABCPE de 10547 y 8554 unidades respectivamente. Y en la variedad Caturra que se encontraba establecida a 1091 m se obtuvo el valor de 8380 unidades del ABCPE en seis lecturas realizadas, estos valores indican que el establecimiento de cafetos en altitudes mayores a 1000 m son dañadas severamente por ojo de gallo. Para estos datos se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias significativas entre los valores de ABCPE de cada parcela de muestreo.

Cuadro 9. Análisis de varianza para datos del área bajo la curva del progreso de la enfermedad ojo de gallo.

Variable	N	R2	R2 Ajustado	C.V.
ABCPE	9	1	1	2.15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F	Valor crítico de F
Altitud msnm	8	234933053.8	29366631.72	2992.32	0.0141
Error Experimental	1	9814	9814		
Total	9	234942867.8			

* Significativo al 5%

Se detectó diferencia significativa al 5% en relación a las variables de respuesta y conforme a la altitud en que se encuentran establecidas las localidades de muestreo. Se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de acuerdo con el criterio de Tukey, cuadro 10, para determinar el nivel de susceptibilidad genética de las variedades establecidas en las parcelas de muestreo.

El análisis de grupos de Tukey, proporcionó que en las parcelas de muestreo que se establecieron en altitudes mayores a 1000 m donde se trabajó con las variedades Catimor y Catuaí pertenecen al grupo A donde los valores del ABCPE son altos, lo que significa que las plantas de café fueron severamente dañadas por ojo de gallo. Por otro lado, el análisis no encontró diferencia significativa entre las localidades de muestreo del estrato medio y bajo por lo cual se concluye que en estas localidades la enfermedad no se expresó como en los cafetos establecidos a mayor altitud.

Cuadro 10. Análisis múltiple de medias de acuerdo con el criterio de Tukey según valor del área bajo la curva del progreso de la enfermedad de cada parcela de monitoreo de ojo de gallo.

VARIEDAD	Altitud (msnm)	Medias ABCPE	n		
Catimor	1185	13675.03	1	A	
Catuaí	1380	10547.28	1	A	B
Catuaí	1619	8554.02	1		B
Caturra	1091	8380.88	1		B
Catimor Costa Rica 95	758	1646.4	1		C
Bourbon, Catuaí	935	940.5	1		C
Caturra	636	611.1	1		C
Caturra	770	366.3	1		C
Caturra	536	365.1	1		C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

8.4.1.1 Hospederos alternos del hongo *Mycena citricolor* en plantaciones de café

Las especies botánicas que se encontraron dentro de plantaciones de café y de manera circundante con sintomatología de ojo de gallo se enlistan en el cuadro 11. Entre las familias con mayor susceptibilidad se encuentran Commelinaceae, Compositae y Rubiaceae dentro de estas familias se puede destacar a las especies *Commelina coelestis* W., *Melampodium divaricatum* L., *Ipomoea purpurea* L. y helechos ya que se encuentran comúnmente en los cafetales, figura 24. Existen varios hospederos dentro de las plantaciones de café y al respecto Sequeria sf, reporta más de 550 especies botánicas como hospederos alternos de *M. citricolor*. A partir de observaciones en campo y del análisis del ciclo patológico de ojo de gallo para las condiciones de Guatemala, los hospederos alternos tienen poca importancia en el progreso de la enfermedad. Se observó que el hongo no posee alta capacidad de formación de gemas asexuales infectivas en esas especies. Sin embargo, un manejo deficiente de estos hospederos proporciona ambiente húmedo dentro de los lotes de café lo cual favorece a la formación y multiplicación de gemas asexuales en el tejido vegetal del cafeto.



Figura 24. Hospederos alternos del hongo *M. citricolor* adyacentes a cafetales, a) *Commelina coelestis* Willd; b) Helecho y c) *Polygonum capitatum* Buch.-Ham. Ex D. Don.

Cuadro 11. Hospederos alternos del hongo *Mycena citricolor* para las regiones cafetaleras de Guatemala.

FAMILIA	ESPECIE
Asteraceae	<i>Chromolaena odorata</i> (Lam.) R.M. King & H. Rob.
Araceae	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott
Cannaceae	<i>Canna indica</i> L.
Commelinaceae	<i>Commelina coelestis</i> Willd.
	<i>Commelina diffusa</i> Burm.
	<i>Commelina erecta</i> L.
	<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.
Compositae	<i>Ageratum houstonianum</i> P. Mill
	<i>Eupatorium odoratum</i> L.
	<i>Galinsoga quadriradiata</i> Ruiz & Pavón
	<i>Melampodium divaricatum</i> (L. C. Rich.) DC.
	<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq.) Cass.
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth
Fabaceae	<i>Arachis pintoii</i> Krapov & W.C. Greg
	<i>Trifolium repens</i> L.
Menispermaceae	<i>Cissampelos pareira</i> L.
Poaceae	<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz.) P. Beauv.
Polygonaceae	<i>Polygonum capitatum</i> Buch. -Ham. Ex D. Don
Rubiaceae	<i>Borreria exilis</i> L.O. Williams
	<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K. Schum / <i>Spermacoce</i> sp.
	<i>Coutarea latiflora</i>
	<i>Coutarea latiflora</i>
Urticaceae	<i>Pilea pubescens</i> Liebm.
Agavaceae	<i>Yucca</i> spp.
Euphorbiaceae	<i>Codiaeum variegatum</i> L.
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>
Roseaceae	<i>Eriobotrya japonica</i>
	<i>Persea americana</i> Mill.
	<i>Ingas</i> spp.
	Helechos.

8.5 Sistema de producción del cultivo de café y su relación con ojo de gallo

Anteriormente se ha descrito aspectos como el comportamiento de la enfermedad, procesos biológicos y hospederos. A continuación se analiza los factores del manejo agronómico proporcionado por los agricultores en sus cafetales donde se describirán aspectos como:

distanciamiento de siembra, manejo de tejidos, número de ejes por planta, porcentaje de sombra y prácticas de control hacia ojo de gallo. Los resultados que a continuación se presenta se basan en los datos obtenidos a partir de la encuesta realizada a 26 agricultores los cuales administraban fincas ubicadas a más de 1000 m donde la enfermedad es considerada limitante en la producción de café.

8.5.1 *Distanciamientos de siembra y su relación con ojo de gallo*

De acuerdo a la encuesta realizada el 40.74% de agricultores abordados utilizan el distanciamiento de siembra de 2 x 1 m, que proporciona densidad de 5000 plantas/ha. El 7.4% de los agricultores indicó distanciamientos de 1 x 1 m y 1.9 x 0.9 m lo que representa densidades en torno a 7900 plantas/ha, figura 25. De acuerdo a análisis del sistema del cultivo de café y ojo de gallo densidades mayores a 5000 plantas/ha, no favorece la ventilación entre cafetos, por lo cual, existe mayor tiempo de mojado foliar idóneo para desarrollo de epidemia de ojo de gallo. El 29.6% de los agricultores encuestados trabajan con distanciamientos entre 1.5 x 1.5 m a 2 x 1.5 m, lo que representa densidades de 3900 plantas/ha, considerada adecuada en estas regiones. El 22.2% de agricultores indicaron la utilización de distanciamientos entre 1.84 x 1.68 m a 3 x 3 m esta distribución espacial de cafetales favorece la ventilación y disminuye la humedad y periodos de mojado foliar dentro del cafetal. Basado en ello, ANACAFÉ (2009), recomienda densidades de siembra no mayores a 3500 plantas/ha en áreas con antecedentes de ojo de gallo.

8.5.2 *Manejo de tejidos y su relación con ojo de gallo*

De los agricultores encuestados, el 62.85% realizan manejo de tejido de manera selectiva. Se basa en la renovación de plantas individuales que se encuentran dañadas o que no sean productivas. Este manejo no es recomendable en lotes de café donde existe una alta presión de inóculo de *M. citricolor* ya que el inóculo persiste en otros cafetos adyacentes. El 14.28% de los agricultores manifestaron que realizan manejo de tejidos por bloque, figura 26. Este tipo de manejo es recomendado en lotes con antecedentes de ojo de gallo. Según ANACAFÉ (2009), el sistema de manejo por bloques reduce el inóculo primario o residual y favorece la ventilación y entrada de luz.

Respecto al manejo de tejidos también se considera el número de ejes por planta. En base a la información obtenida el 44.44% de los agricultores trabaja con dos ejes por planta y el 14.81% maneja tres ejes por planta. El 11.1% de los agricultores indicaron que poseen más de cuatro ejes por planta incluso con seis a ocho ejes por planta esto favorece ambiente húmedo ideal para ojo de gallo. La reducción del número de ejes también favorece la reducción de periodo de mojado foliar dentro de los cafetos. En plantaciones comerciales ya establecidas se recomienda manejar no más de dos a tres ejes por planta.

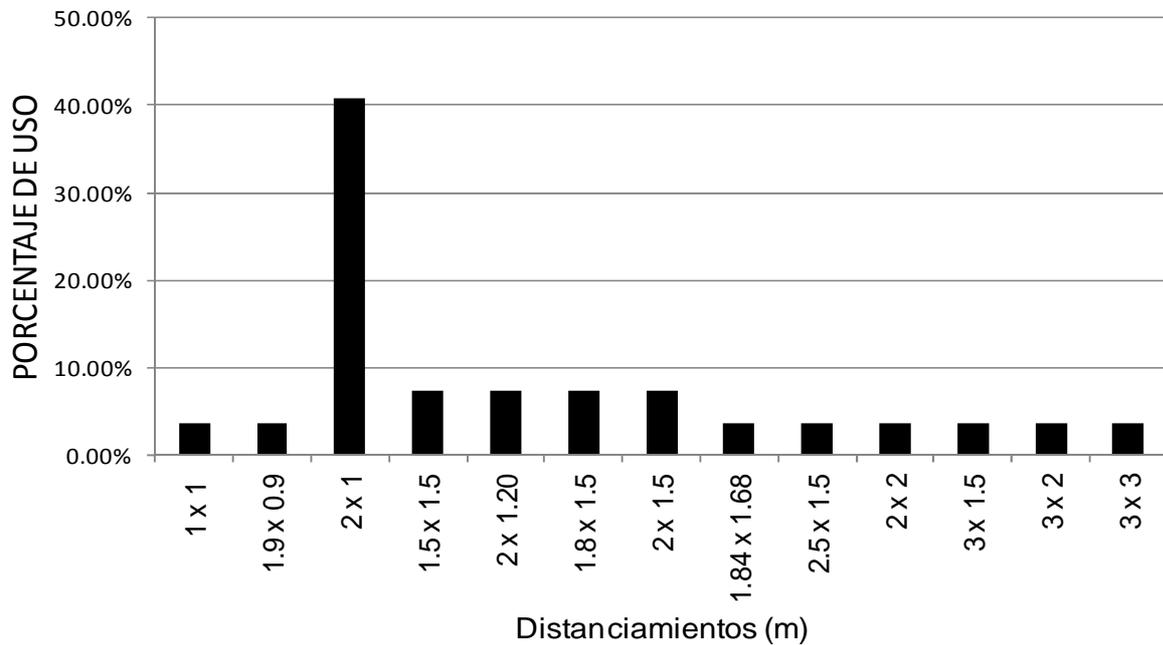


Figura 25. Distanciamientos de siembra de café en metros, utilizados por caficultores en los departamentos de Quetzaltenango y San Marcos. Fuente: información de 26 agricultores encuestados, ANACAFÉ, 2011.

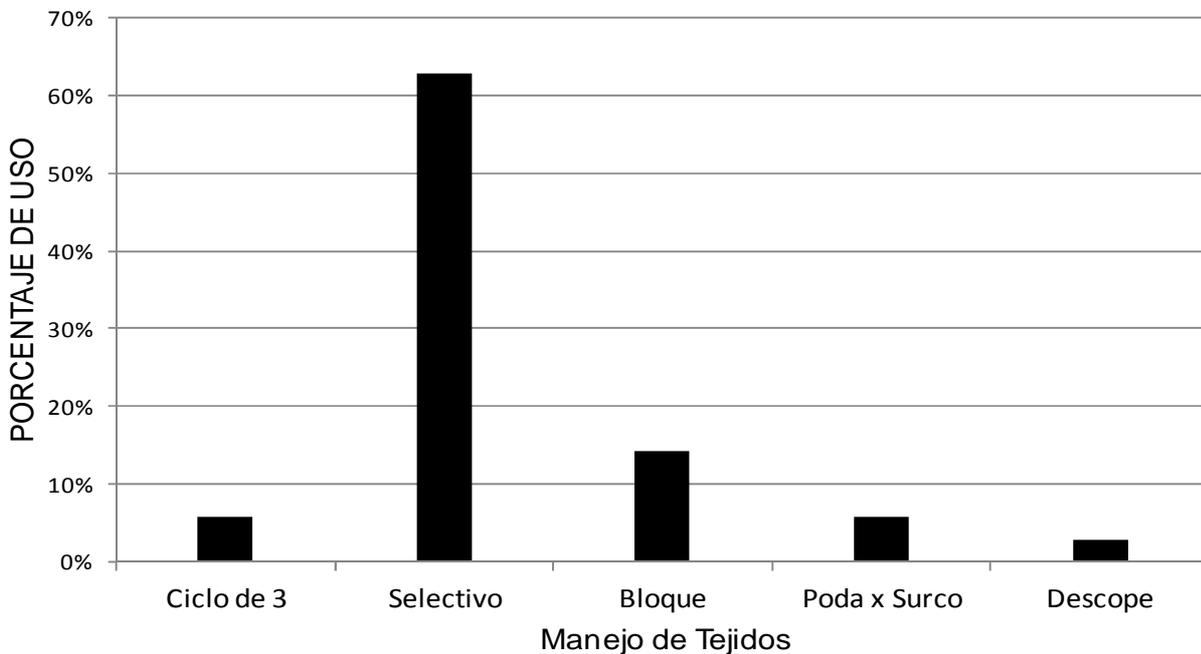


Figura 26. Sistema de manejo de tejidos del cultivo de café utilizados por caficultores en los departamentos de Quetzaltenango y San Marcos. Fuente: información de 26 agricultores encuestados, ANACAFÉ, 2011.

8.5.3 Prácticas de manejo de los agricultores hacia ojo de gallo

Entre las prácticas indicadas por agricultores para el manejo de ojo de gallo se encuentran: manejo de sombra, manejo de malezas, manejo de tejidos de la planta de café, fertilización, amplitud de distanciamientos de siembra y aplicaciones de fungicidas sistémicos y de contacto. El manejo de sombra contribuye a la modificación del ambiente de los lotes cafetaleros. Contribuye en mayor entrada de luz, reduce el periodo de mojado foliar. Sin embargo, se observó en algunas parcelas de café con porcentajes de sombra altos (mayor de 70%) que la enfermedad ojo de gallo no es severa y contradictoriamente parcelas con exposición directa al sol (<10% de sombra) donde la enfermedad produjo daños severos al cafeto. Esto está relacionado con otros factores ambientales como nubosidad, altitud, temperatura, aspectos que deben considerarse en el manejo de sombra en las diferentes condiciones climáticas en Guatemala.

En relación al uso de fungicidas, en base a la encuesta realizada, los agricultores indicaron uso promedio de dos a tres aplicaciones durante el año y estas se distribuyen entre los meses de abril a octubre. El 4.76% de los agricultores encuestados (26) aplican en abril, el 19.04% en mayo, el 28.57% en junio y el 9.52% en julio. Las aplicaciones realizadas en abril y mayo se enfocan bajo el manejo preventivo de la enfermedad. Las de junio y julio poseen concepto curativo, sin embargo, de acuerdo a lo indicado ya no son eficaces. Para las regiones productoras de café que se ubican en altitudes superiores a 1000 m y poseen condiciones climáticas adecuadas para la diseminación de ojo gallo, el control químico es la opción principal para el manejo de la enfermedad.

Existen agricultores que realizan control químico de manera tardía. Se detectó que el 4.76% de los agricultores realizan aplicaciones en agosto, 14.28% en septiembre y 19.04% en octubre, bajo el concepto curativo de la enfermedad puede ser ineficiente. Esto concuerda con lo expresado por Barquero (2011), indica que agricultores realizan dos aplicaciones de fungicidas al año en el control de ojo de gallo de manera curativa y recomienda integrar prácticas que limiten el ambiente propicio para el desarrollo del hongo *M. citricolor*.

Los fungicidas sistémicos indicados por los agricultores son: cyproconazole 10%, tebuconazole 22.5% + Triadimenol 7.5% y Epoxiconazol 12.5% + Carbendazim 12.5%, que pertenecen al grupo de los triazoles. Además indicaron el uso del caldo bordelés que consiste en una mezcla de sulfato cúprico y cal hidratada. Estos productos anteriormente mencionados son considerados como opción para el manejo de ojo de gallo, sin embargo, la realización de esta práctica aislada y no programada de acuerdo a la epidemiología de ojo de gallo no influye en el control de la enfermedad tal como lo menciona ANACAFÉ (2011).

9 CONCLUSIONES

- En la cuantificación de ojo de gallo, cafetales ubicados a más de 1000 m de altitud, son los más afectados. Por el método de plantas enfermas en esa altitud se cuantificó incidencia de 100%, severidad entre 12.08% a 76.56% y patrón de dispersión uniforme. En el método de rama, se cuantificó máximo de 76.25% y mínimo de 4.61% de incidencia, para el mismo estrato. En el estrato de producción de café alrededor de 1000 m la enfermedad fue menor con máximo de 59% de incidencia y 13.33% de severidad muestreando plantas y 14.48% como máximo de incidencia por el método de ramas. Y en café situado en altitud inferior a 700 m se cuantificó máximo de 52% de incidencia y 10.20% de severidad en plantas, y 5.61% de incidencia en ramas de café. En altitud menor a 1000 m el patrón de la enfermedad fue aleatorio y agregado.
- En el ciclo patológico de ojo de gallo en café en el campo, se encontraron dos tipos de reproducción del hongo. La fase teleomórfica consiste en un basidiocarpo amarillo la cual es esporádica y no es importante en el ciclo de la enfermedad. La fase anamórfica involucra gemas responsables de ocasionar infecciones y posterior apareamiento de lesiones. Se encontraron 254 gemas como máximo en el haz de una hoja de café y 68 gemas en el envés.
- En localidades a más de 1000 m se encuentran cultivadas las variedades de café: Catuaí, Caturra Bourbon y Catimor, enlistadas en orden de uso. Éstas no tienen resistencia a *Mycena citricolor* y Catimor es más susceptible. Se encontraron hospederos alternos del hongo con poca importancia y con un buen manejo pueden reducirse.
- En época seca el inóculo residual o primario es importante y en la lluviosa se presenta el inóculo secundario y ocurre la epidemia. En altitud superior a 1000 m en el cultivo de cafeto, la precipitación oscila entre 2000 a 5000 mm/año, prolongados periodos de mojado foliar, humedad relativa superior a 80% y temperatura en torno de 20°C, ambiente favorable para la multiplicación del hongo e incremento de la intensidad de enfermedad.
- En el análisis del manejo agronómico del café de los agricultores con énfasis a los ubicados arriba de 1000 m de altitud, se determinó altas densidades de siembra que propician ambiente húmedo que favorece la epidemia de ojo de gallo. En relación a las prácticas de control químico, los agricultores realizan dos a tres aplicaciones de fungicidas durante el año con enfoque curativo, en la mayoría de ocasiones es tardía y aislada que resulta ineficaz y no influye en el manejo de la enfermedad.

10 RECOMENDACIONES

- En el establecimiento de nuevas plantaciones en regiones húmedas situadas arriba de 1000 m de altitud, planificar densidades de siembra no mayores de 3500 plantas/ha.
- Para futuros estudios de cuantificación de ojo de gallo, utilizar el método de muestreo de ramas que es efectivo para análisis temporal.
- Realizar registro de variables climáticas en las fincas, esta información sirve para la comprensión de fenómenos biológicos del café y del surgimiento de enfermedades.
- En el manejo de ojo de gallo en los cafetales recomendar que sea integrado y de manera oportuna. Debe considerar prácticas tendientes a la ventilación de cafetos para disminuir mojado foliar, fertilización adecuada basada en análisis de laboratorio, manejo de tejidos, y en la utilización de fungicidas de preferencia sistémicos previo a las lluvias, esto ayuda a la reducción de inóculo primario.

11 BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 2005. Fitopatología. México, Limusa. 821 p.
2. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 1988. Manual de caficultura. Guatemala. 247 p.
3. _____. 2000. Investigaciones & descubrimientos sobre el cultivo del café. Guatemala. 308 p.
4. _____. 2002. Manual de caficultura. 2 ed. Guatemala. 169 p.
5. _____. 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 213 p.
6. _____. 2010. Registro de normales climáticas para los años 2009 y 2010. Guatemala. 30 p.
7. Arcila, P; Meier, U. 2002. Estadíos de las plantas mono y dicotiledóneas: BBCH monografía. Alemania, Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. 149 p.
8. Arguedas, A. 2001. Caracterización molecular y morfológica de aislamientos del hongo *Mycena citricolor* colectados en diferentes zonas cafetaleras de Costa Rica (en línea). Costa Rica, CATIE. Consultado 02 ene 2012. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0393e/A0393e.pdf>
9. Avelino, J. 1992, Desarrollo del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y evaluación de daños en el norte de Guatemala. Guatemala, ANACAFÉ. p. 33-39.
10. Avelino, J; Nuñez, C; Vargas, L; Bertran, B. 1991. Estudio preliminar sobre el modo de inoculación del hongo *Mycena citricolor* sin heridas, en la hoja del cafeto: importancia de diferentes factores que intervienen en la penetración. Guatemala, ANACAFÉ. 20 p.
11. Avelino, J; Toledo, J; Medina, B. 1992. Caldo de bordelés y la recepa en el control de ojo de gallo. *In* Memoria de historia técnica de investigación en café 90-91. Guatemala, ANACAFÉ, Subgerencia de Asuntos Agrícolas. p. 116-122.
12. _____. 1995. Desarrollo del ojo de gallo en una finca del norte de Guatemala y evaluación de los daños provocados por esta enfermedad. *In* Simposio sobre caficultura latinoamericana (1995, HN). Honduras, PROMECAFE. 216 p.
13. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2011. Comercio general (en línea). Guatemala. Consultado 22 ene 2012. Disponible en: http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/ceie/CG/2011/nota_comercio_mensual.htm&e=90495

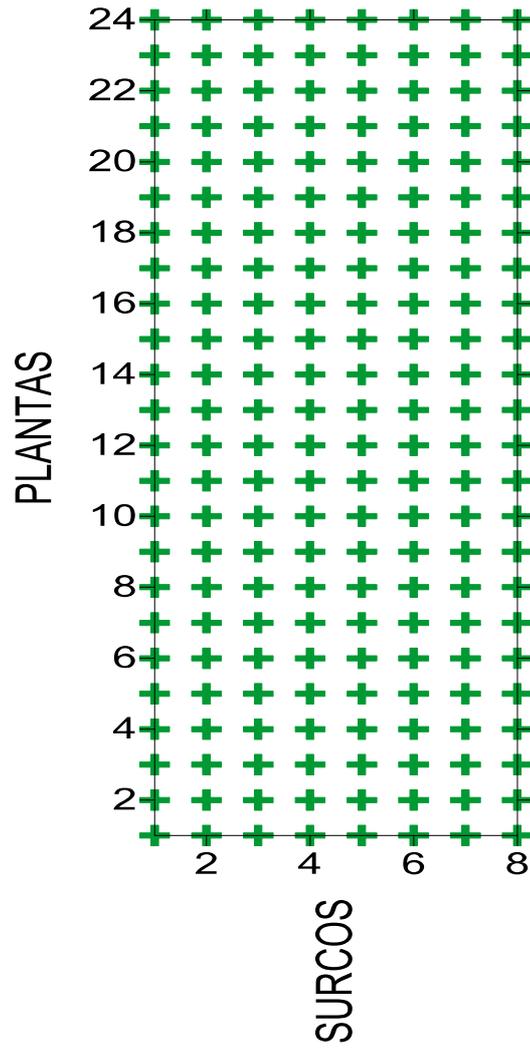
14. Barquero Miranda, M. 2007. Algunas consideraciones sobre el ojo de gallo (en línea). Revista Informativa ICAFE, Costa Rica. Consultado 18 ene 2012. Disponible en: http://www.icafe.go.cr/icafe/cedo/documentos_textocompleto/revista_informativa/3588.pdf
15. _____. 2011. Consideraciones sobre la relación beneficio / costo del control químico del ojo de gallo (en línea). Revista Informativa ICAFE, Costa Rica. Consultado 20 ene 2012. Disponible en: http://www.icafe.go.cr/icafe/revista_informativa/revistas/2011/Revista%20I%20Sem%2011.pdf
16. Brogle, A. 2004. Evaluación de una formulación de thiacloprid sobre la polilla de la papa (en línea). Chile. Consultado 02 dic 2011. Disponible en: http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/brogle_a/sources/brogle_a.pdf
17. Chalfoun, SM. 1997. Doenças do cafeeiro: importância, identificação e métodos de controle. Lavras, Brasil, UFLA / FAEPE. p. 25-34.
18. Cooke, B; Jones, D; Kaye, B. 2006. The epidemiology of plant diseases. Holanda, Springer. 551 p.
19. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.
20. Domingo, L. 1996. Evaluación de cuatro fungicidas para el control del ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk & Curt.), en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), bajo condiciones de la parte alta del municipio de El Tumbador, departamento de San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, CUNOC. 61 p.
21. Figueroa, P. 2008. Manejo y control del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en Guatemala. Guatemala, ANACAFÉ. 11 diapositivas-Power Point.
22. García Urbina, VM. s.f. Ojo de gallo. Guatemala, Asociación Nacional del Café, Departamento de Asuntos Agrícolas. 4 p.
23. ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica, CR). s.f. Manejo del ojo de gallo: regional valle central. Costa Rica. 6 p.
24. _____. 2009. Evaluación del control químico del ojo de gallo en Berlín de San Ramón (en línea). Costa Rica. Consultado 24 set 2011. Disponible en: http://www.icafe.go.cr/icafe/cedo/documentos_textocompleto/informes_investigaciones/3530.pdf
25. IICA, CR. 1999. Desafíos de la caficultura en centroamerica. Costa Rica. 496 p.
26. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). 2010. Estadísticas climáticas, registros históricos datos mensuales (en línea). Guatemala. Consultado 04 oct 2011. Disponible en: http://www.INSIVUMEH.gob.gt/meteorologia/mapa_estaciones.htm

27. ISIC (Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café, SV). 1987. Fisiología del cafeto. San Salvador. 175 p.
28. Jones S. 1987. Sistemática vegetal. 2 ed. México, McGraw Hill. 527 p.
29. Kirk, PM; Cannon, JC; Stalpers, JA. 2008. Ainsworth & Bisbys dictionary of the Fungi. Great Britain, CAB. 771 p.
30. Mayne, W. 1930. Seasonal periodicity of coffee leaf disease (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). US, Bulletin of the Mysore Coffe Experiment Station. 4 p.
31. Medina, BY. 2001. Manejo integrado del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo del cafeto (*Coffea arabica*) base para la elaboración de un manual técnico. Guatemala, ANACAFÉ. 39 p.
32. Monroig, M. s.f. Control integrado de malezas en el cafetal. Puerto Rico. Consultado 15 abr 2009. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id64.htm>
33. Mora, AG. 2008. Epidemiología fundamentos y aplicaciones en patosistemas agrícolas. Guatemala, Universidad Rafael Landivar. 75 p.
34. Orozco, E. 2009. Principales aspectos epidemiológicos que propician la enfermedad de ojo de gallo en Guatemala. Guatemala, ANACAFÉ. 41 diapositivas-Power Point.
35. Orozco, E; Calderón, G. 2010. Biología de *Mycena citricolor* y su asociación en café para Guatemala. Guatemala, ANACAFÉ. 14 diapositivas-Power Point.
36. Orozco, E; Figueroa, P; García, J; Peñate, M; Calderón, G; Pacheco, A. 2010. Características de la enfermedad ojo de gallo. Guatemala, ANACAFÉ. 24 p.
37. _____. 2011. Prácticas de control para la enfermedad ojo de gallo. Guatemala, ANACAFÉ. 28 p.
38. Palma, RM. s.f. Poda de los cafetales. Honduras. Consultado 19 abr 2009. Disponible en: http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/poda_de_cafe.pdf
39. Prado, J. 1984. Caracterización de las comunidades de Guatemala. Guatemala. 354 p.
40. Taylor, LR. 1984. Assessing and interpreting the spatial distribution of insect populations. Annu. Rev. Entomol. 29:321-357.
41. Quesada, R. 1996. Efecto del adherente y época de aplicación de una bacteria antagonista en el combate de ojo de gallo. Costa Rica, Editorial San José. 41 p.
42. Roux, G; Nassar, C. 1992. Caracterización de la cadena del café en Guatemala. Guatemala. 34 p. Consultado 18 abr 2009. Disponible en: <http://www.grupochovlavi.org/cafe/docs/guatemala.pdf>

43. Sánchez C, JC. 1990. Caficultura moderna y control de la roya. 2 ed. Guatemala, Colofón. 140 p.
44. Sequeira, L. s.f. The host range of *Mycena citricolor*. Costa Rica, IICA. 147 p.
45. Vargas, E. 1996. Opciones al uso de fungicidas en el combate de ojo de gallo en café (en línea). Costa Rica, Universidad de Costa Rica. Consultado 20 oct 2011. Disponible en: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-II_003.pdf
46. Vargas, L. 1994. Bases epidemiológicas para el desarrollo de un sistema de pronóstico en ojo de gallo en cafeto. Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 118 p.
47. Vibrans, H; Lezema, P. 2011. Malezas de México (en línea). México. Consultado 02 set 2011. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm>

12 ANEXOS

Anexo 1. Croquis de parcela de monitoreo de ojo de gallo.



Anexo 2. Escala diagramática de daño de la enfermedad ojo de gallo causada por *Mycena citricolor* Berk. & Curt.

ESCALA DIAGRAMÁTICA. ENFERMEDAD OJO DE GALLO CAUSADA POR <i>Mycena citricolor</i> Berk. & Curt.					
CLASE 0		PLANTA SANA		HOJA SANA	0
CLASE 1		PLANTA CON DEFOLIACIÓN ENTRE 0.1 A 20 %		HOJA CON 0.35% DE DAÑO	0.01 - 2.45%
CLASE 2		PLANTA CON DEFOLIACIÓN ENTRE 21 A 40 %		HOJA CON 2.70% DE DAÑO	2.46 - 5.35%
CLASE 3		PLANTA CON DEFOLIACIÓN ENTRE 41 A 60 %		HOJA CON 10.15% DE DAÑO	5.36% - 11.28%
CLASE 4		PLANTA CON DEFOLIACIÓN ENTRE 61 A 80 %		HOJA CON 17.15% DE DAÑO	11.29 - 22.23%
CLASE 5		PLANTA CON DEFOLIACIÓN ENTRE 81 A 100 %		HOJA CON 24.74% DE DAÑO	22.24 - 35 %

Anexo 3. Índices de dispersión de Morisita y Lloyd, proveniente del análisis de datos obtenidos de las parcelas delimitadas para el monitoreo de ojo de gallo en el cultivo de café en Guatemala 2009 - 2010.

LOCALIZACIÓN	FECHA	Índice Morisita	Patrón de Dispersión	Índice Lloyd	Patrón de Dispersión
San Rafael Pie de la Cuesta, San Marcos (1619 msnm)	02.06.09	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	06.07.09	0.835124654	Uniforme	0.839431913	Uniforme
	01.08.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	29.08.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	03.10.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	31.10.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	28.11.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	23.01.10	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	19.02.10	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	25.03.10	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	01.05.10	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	30.05.10	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
San Pedro Yepocapa, Chimaltenango (1380 msnm)	12.06.09	0.9909	Uniforme	0.9912	Uniforme
	11.07.09	0.841557843	Uniforme	0.845646852	Uniforme
	14.08.09	0.850258861	Uniforme	0.854127871	Uniforme
	14.09.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	17.10.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	01.12.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	12.12.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	16.01.09	0.833333333	Uniforme	0.837696335	Uniforme
San Juan Alotenango, Sacatepequéz (1210 msnm)	20.03.09	1.082458484	Agregado	1.083076923	Agregado
	25.04.09	0.724572435	Uniforme	0.727843137	Uniforme
	20.05.09	1.298593275	Agregado	1.297297297	Agregado
	20.06.09	1.239038966	Agregado	1.236714976	Agregado
	25.07.09	0.920724367	Uniforme	0.9213732	Uniforme
	23.08.09	0.560650493	Uniforme	0.554112554	Uniforme
	19.09.09	1.011708031	Agregado	1.011857708	Agregado
	21.10.09	1.392258065	Agregado	1.422222222	Agregado
	25.11.09	0.593815614	Uniforme	0.590769231	Uniforme
	20.12.09	0.931533904	Uniforme	0.931216931	Uniforme
	30.01.10	0.368467631	Uniforme	0.364672365	Uniforme
	27.02.10	0.767760786	Uniforme	0.768768769	Uniforme

El Palmar, Quetzaltenango (1185 msnm)	02.10.09	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	30.10.09	0.841956691	Uniforme	0.846063455	Uniforme
	27.11.09	0.835124654	Uniforme	0.839431913	Uniforme
	22.01.10	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	20.02.10	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	24.03.10	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	30.04.10	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	31.05.10	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	18.07.10	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme

Santa Bárbara, Suchitepequéz (1091 msnm)	12.06.09	0.833294612	Uniforme	0.83764968	Uniforme
	11.07.09	0.832862102	Uniforme	0.837214651	Uniforme
	08.08.09	0.835051397	Uniforme	0.839356073	Uniforme
	10.09.09	0.835124654	Uniforme	0.839431913	Uniforme
	12.10.09	0.833337902	Uniforme	0.837696335	Uniforme
	12.11.09	0.833294612	Uniforme	0.83764968	Uniforme

El Palmar, Quetzaltenango (935 msnm)	28.08.09	0.990664675	Uniforme	0.981508876	Uniforme
	02.10.09	0.993207941	Uniforme	0.986570248	Uniforme
	30.10.09	1.041264267	Agregado	1.081314879	Agregado
	27.11.09	0.963941769	Uniforme	0.959224377	Uniforme
	22.01.10	1.022522523	Agregado	1.029761905	Agregado
	20.02.10	1.051020408	Agregado	1.099958351	Agregado
	23.03.10	0.991646192	Uniforme	0.983442902	Uniforme
	01.05.10	0.963210702	Uniforme	0.961184625	Uniforme
	31.05.10	0.997885835	Uniforme	0.997638725	Uniforme
	18.07.10	0.943820225	Uniforme	0.940748222	Uniforme

El Tumbador, San Marcos (770 msnm)	06.07.09	3.344882517	Agregado	3.555555556	Agregado
	01.08.09	1	Aleatoria	**	Aleatoria
	28.08.09	7.652329749	Agregado	10.66666667	Agregado
	02.10.09	1.974910394	Agregado	2.133333333	Agregado
	30.10.09	1	Aleatoria	**	Aleatoria
	28.11.09	**	**	**	**
	22.01.10	1	Aleatoria	**	Aleatoria
	19.02.10	1	Aleatoria	1	Aleatoria
	23.03.10	0.898	Uniforme	0.899	Uniforme
	01.05.10	0.4839	Uniforme	0	Uniforme
	31.05.10	**	**	**	**
	18.07.10	1.3333	Agregado	1.2963	Agregado

Samayac, Suchitepéquez (758 msnm)	01.06.09	0.992271465	Uniforme	0.992429792	Uniforme
	06.07.09	0.85483871	Uniforme	0.857142857	Uniforme
	01.10.09	0.891167152	Uniforme	0.893216488	Uniforme
	29.10.09	0.748954839	Uniforme	0.746666667	Uniforme
	03.10.09	1.610803588	Agregado	1.641025641	Agregado
	30.10.09	0.942850765	Uniforme	0.941176471	Uniforme
	28.11.09	0.849901251	Uniforme	0.851948052	Uniforme
	22.01.10	1.129032258	Agregado	1.142857143	Agregado
	20.02.10	1.628641589	Agregado	1.647058824	Agregado
	24.03.10	0.84644355	Uniforme	0.849382716	Uniforme
	30.04.10	1.610803588	Agregado	1.142857143	Agregado
	31.05.10	1.204657981	Agregado	1.201266395	Agregado
	18.07.10	0.833644362	Uniforme	0.831168831	Uniforme

El Rodeo, Escuintla (636 msnm)	20.04.09	0.761904762	Uniforme	0.752078609	Uniforme
	20.06.09	1.024548349	Agregado	1.024630542	Agregado
	25.07.09	1.018181818	Agregado	1.018890201	Agregado
	23.08.09	0.967032967	Uniforme	0.965014577	Uniforme
	19.09.09	0.791208791	Uniforme	0.778425656	Uniforme
	21.10.09	0.962711864	Uniforme	0.958095238	Uniforme
	25.11.09	**	**	**	**
	20.12.09	0.971176099	Uniforme	0.961960294	Uniforme
	30.01.10	0.903529412	Uniforme	0.891909705	Uniforme
	27.02.10				
	31.03.10	0.993966817	Uniforme	0.98816568	Uniforme

Coatepeque, Quetzaltenango (536 msnm)	29.08.09	0.820512821	Uniforme	0.823274162	Uniforme
	03.10.09	0.589473684	Uniforme	0.584	Uniforme
	30.10.09	0.589473684	Uniforme	0.584	Uniforme
	27.11.09	0.933333333	Uniforme	0.875555556	Uniforme
	22.01.10	0.444444444	Uniforme	0.473251029	Uniforme
	19.02.10	0.945054945	Uniforme	0.897959184	Uniforme
	24.03.10	1.015151515	Agregado	1.029384757	Agregado
	01.05.10	**	**	**	**
	30.05.10	1	Aleatoria	1	Aleatoria
	18.07.10	0.872727273	Uniforme	0.845730028	Uniforme

Anexo 4. Formato de encuesta dirigida hacia caficultores.

BOLETA # _____	FECHA: _____
Nombre de la Finca: _____	
Departamento: _____	Municipio: _____
Altitud (msnm): _____	Topografía del terreno: _____
Variedad principal de cafeto que siembra: _____	
Variedad secundaria de cafeto que siembra: _____	
Edad del cafetal: _____	Área cultivada: _____
Distanciamiento de siembra: _____	
Realiza manejo de tejidos? _____	Cuál? _____
Fertiliza su cafetal? _____	Cuánto por área? _____
Con qué frecuencia? _____	
Realiza manejo de sombra? _____	Porcentaje que maneja? _____
Qué rendimiento de producción posee? _____	
ENFERMEDAD OJO DE GALLO	
En que meses del año se presentan las lluvias en su región? _____	
Qué variedad de café posee más daño por Ojo de Gallo? _____	
En que mes observa mayor daño por Ojo de Gallo? _____	
Aplica fungicidas? _____	Cuáles? _____
En que mes los aplica? _____	
Realiza otras prácticas para el control de Ojo de Gallo? _____	
Qué otras enfermedades considera importantes en su región? _____	
Cómo las controla? _____	