



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

MAESTRIA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

BIOENSAYO SOBRE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE *Melaleuca alternifolia* PARA EL CONTROL DE *Hemileia vastatrix*, Berk y Br Y *Mycena citricolor*, Berk y Curtis EN EL CULTIVO DE CAFÉ.

TESIS DE GRADO

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL**

PRESENTA:

RAFAEL GODÍNEZ PAOLI

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, JUNIO DE 2015



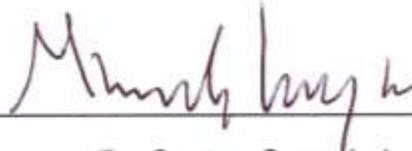
DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
SECRETARÍA DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISIÓN DE EXÁMENES PROFESIONALES



La presente tesis titulada **BIOENSAYO SOBRE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE *Melaleuca alternifolia* PARA EL CONTROL DE *Hemileia vastatrix*, Berk y Br Y *Mycena citricolor*, Berk y Curtis EN EL CULTIVO DE CAFÉ**, fue realizada por **Rafael Godínez Paoli**, bajo la dirección y asesoría del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL
CONSEJO PARTICULAR**

DIRECTOR:



Dr. Santos Gerardo Leyva Mir

ASESOR:



Dr. Andrés Bolaños Espinoza

ASESOR:



M. C. Juan Manuel Tovar Pedraza

Chapingo Estado de México, Junio de 2015

BIOENSAYO SOBRE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE *Melaleuca alternifolia* PARA EL CONTROL DE *Hemileia vastatrix*, Berk y Br Y *Mycena citricolor*, Berk y Curtis EN EL CULTIVO DE CAFÉ

BIOASSAYS ON BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF *Melaleuca alternifolia* FOR THE CONTROL OF *Hemileia vastatrix*, Berk and Br AND *Mycena citricolor*, Berk and Curt IN A COFFEE CROP

Rafael Godínez-Paoli¹ y Santos Gerardo Leyva-Mir²

RESUMEN

Timorex Gold® sólo o en combinación con oxiclóruo de cobre, así como el fungicida a base de cyproconazol, presentaron protección y control sobre *Hemileia vastatrix* y *Mycena citricolor* aun en las diferentes dosis en las que se aplicaron. De las dosis evaluadas de Timorex Gold® para el control de *Hemileia vastatrix* la más eficaz fue la de 2.0 lt/ha ya que mostró el mayor porcentaje de eficacia. Sin embargo los tratamientos de dosis baja y media de Timorex Gold® correspondientes a las dosis de 1.0 y 1.5 lt/ha poseen un nivel de eficacia de 65.04% y 79.20 %, respectivamente. Respecto a las dosis evaluadas de Timorex Gold® para el control de *Mycena citricolor* la que mostró un control más eficaz fue la de 2.0 lt/ha. El tratamiento de Timorex Gold® a una dosis de 1.0 lt/ha + 200 gr de oxiclóruo de cobre/100 lt de agua, también mostró un buen índice de control sobre la enfermedad. Con base en el agrupamiento de Tukey, el tratamiento de Timorex Gold® a dosis de 2.0 lt/ha pertenece al mismo grupo estadístico "C" que el tratamiento a una dosis de 1.5 lt/ha, por lo que se considera que este último tratamiento y el de Timorex Gold® a una dosis de 1.0 lt/ha tuvieron un nivel de eficacia bueno, siendo para estos 86.82% y 71.7%, respectivamente. Los resultados demuestran que por tratarse de un producto a base de un extracto vegetal, este puede aplicarse de manera preventiva para el control de *Mycena citricolor*, ya que de manera empírica mostró en campo un efecto supresivo y de control de la enfermedad aun en condiciones de infección alta.

Palabras clave: Efectividad *biológica*; *Melaleuca alternifolia*; *Hemileia vastatrix*; *Mycena citricolor*; *Biorracional*; *Ojo de gallo*; *Roya anaranjada*

ABSTRACT

Timorex Gold® alone or in combination with copper oxychloride and the fungicide cyproconazol, showed protection and control on *Hemileia vastatrix* and *Mycena citricolor* even with the different applied doses. The most effective evaluated dose to control *Hemileia vastatrix* from those of Timorex Gold® was 2.0 l/ha once it showed the highest percentage of effectiveness. However, the low and medium dose treatments of Timorex Gold® corresponding to 1.0 and 1.5 lt/ha have an efficiency of 65.04% and 79.20%, respectively. Regarding to the evaluated doses of Timorex Gold® evaluated for the control of *Mycena citricolor*, the most effective was 2.0 l/ha. However, the application of Timorex Gold® at a dose of 1.0 l/ha + 200 g copper oxychloride / 100 lt of water, also showed a good index of disease control. Based on the grouping of Tukey, Timorex Gold® treatment at a dose of 2.0 lt/ha belongs to the same statistical group "C" treatment at a dose of 1.5 l/ha, so it is considered that this last treatment and the dose of 1.0 lt/ha had a good level of efficacy, being 86.82 and 71.7%, respectively. The results demonstrate that as the product comes from a vegetable extract, this can be applied preventively for the control of *Mycena citricolor*, since in an empirical way it showed under field conditions a suppressive effect and disease control effect even under high infection conditions.

Keywords: Biological effectiveness; *Melaleuca alternifolia*; *Hemileia vastatrix*; *Mycena citricolor*; *biorracional*; *Ojo de gallo*; *orange rust*.

1 Tesista

2 Director

DATOS BIOGRÁFICOS



Rafael Godínez Paoli, originario del municipio de Texcoco, Estado de México, ubicado en la zona oriente del Estado de México. Nació el 2 de junio del año 1982. Realizo sus estudios a nivel primaria en la escuela primaria Melchor Ocampo, ubicada en el municipio de San Andrés Chiautla y de secundaria en la Secundaria estatal # 130 Netzahualcóyotl, ubicada en Texcoco. Posteriormente en el año 1999 ingreso a la Universidad Autónoma Chapingo, en donde curso la Preparatoria Agrícola, para incorporarse en el año 2002 al Departamento de Parasitología Agrícola, en donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. Desde el 2007 ha laborado en diversas áreas relacionadas a la sanidad vegetal en México dentro de la iniciativa privada y la administración pública, hasta que en el año 2013 ingreso a la Maestría en Protección Vegetal.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico brindado durante mis estudios de Maestría.

A mi alma mater, la Universidad Autónoma Chapingo, en especial al Departamento de Parasitología Agrícola, al programa de Posgrado en Protección Vegetal por brindarme la oportunidad de continuar con mi preparación académica, al Dr. Samuel y a Mary, por brindarme las facilidades para realizar este proyecto de vida.

Al Dr. S. Gerardo Leyva Mir, por su gran apoyo y acertada dirección del presente trabajo, pero sobre todo por brindar la mano como la brinda un amigo.

A todos los profesores del Posgrado en Protección Vegetal que contribuyeron en mi formación académica, así como por el valioso esfuerzo que hacen por formar cada día profesionales altamente capaces dentro del área de la fitosanidad.

A Marco, Luisita, Mario, Pancho y el Pariente que de muchas formas contribuyeron a que en este momento este escribiendo estas líneas, logrando esta meta.

Al Ph. D. Raymundo Rangel Santos, quien me ha apoyado en aspectos académicos y en seguir adelantes con más proyectos de vida.

DEDICATORIA

A mis padres, por su enorme apoyo incondicional y cariño, que siempre me han alentado a superarme una y otra vez.

A mi familia, Kenia, Mali Sofía, Zaire Danae y Rafa Jr. que siempre estuvieron detrás de mí colaborando con su apoyo, tolerancia y cariño día con día.

A mis hermanos que siempre me han apoyado..

A MIS HIJOS

Cada vez que sientan que el mundo es difícil, recuerden lo sencillo que es todo cuando uno es niño, pues con esa misma facilidad deben de mirar el mundo, siempre con una sonrisa adelante y cuando crean que la escuela es difícil recuerden cuanta gente lo ha logrado, entonces...??? No debe ser nada difícil, dejo estas líneas para ustedes, esperando de todo corazón que algún día les sirvan de motivación para que nunca olviden que todo es fácil si nos lo proponemos.... Su padre lo logro.... Supérenme campeones...

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	<i>i</i>
ABSTRACT	<i>i</i>
DATOS BIOGRÁFICOS	<i>ii</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>iii</i>
DEDICATORIA	<i>iv</i>
ÍNDICE GENERAL	<i>v</i>
ÍNDICE DE CUADROS	<i>ix</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>xi</i>
APÉNDICE	<i>xii</i>
1. INTRODUCCIÓN	<i>1</i>
2. OBJETIVOS	<i>7</i>
3. REVISIÓN DE LITERATURA	<i>8</i>
3.1. <i>Melaleuca artemifolia</i> como fungicida y bactericida	<i>8</i>
3.2. Origen del cultivo de café	<i>9</i>
3.2.1. Descripción botánica	<i>9</i>
3.2.2. Descripción	<i>10</i>
3.2.3. Distribución en México	<i>12</i>
3.2.4. Condiciones agroclimáticas para el cultivo de café	<i>14</i>
3.3. Hongo causante de la roya anaranjada en árboles de café	<i>16</i>
3.3.1. <i>Hemileia vastatrix</i>, Berk y Br	<i>18</i>
3.3.1.1. Clasificación taxonómica	<i>18</i>
3.3.1.2. Nombre común	<i>18</i>

3.3.1.3. Descripción morfológica.....	19
3.3.1.4. Distribución geográfica.....	19
3.3.1.5. Hospedantes.....	21
3.3.1.6. Síntomas.....	21
3.3.1.7. Desarrollo de la enfermedad.....	22
3.3.1.8. Importancia de la enfermedad.....	22
3.3.1.9. Estrategias de contro.....	23
3.3.1.9.1. Control cultural.....	23
3.3.1.9.2. Control genético.....	24
3.3.1.9.3. Control químico.....	24
3.4. Hongo causante del ojo de gallo en arboles de café.....	25
3.4.1. <i>Mycena citricolor</i> , Berk y Curt.....	25
3.4.1.1. Clasificación taxonómica.....	25
3.4.1.2. Nombre común.....	26
3.4.1.3. Descripción morfológica.....	26
3.4.1.4. Hospedantes.....	27
3.4.1.5. Sintomas.....	28
3.4.1.6. Desarrollo de la enfermedad.....	29
3.4.1.7. Importancia de la enfermedad.....	30
3.4.1.8. Estrategias de control.....	30
3.4.1.8.1. Control cultural.....	30
3.4.1.8.2. Control biológico.....	33
3.4.1.8.3. Control químico.....	35
4. IMPORTANCIA DE LAS ENFERMEDADES A EVALUAR.....	37

5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
5.1. Ubicación del sitio experimental.....	39
5.2. Información técnica de los productos.....	40
5.3. Cultivo, variedad y estado fenológico.....	41
5.4. Enfermedades contra las que se evaluó el producto	
Timorex Gold®.....	41
5.5. Identificación de material vegetativo con síntomas.....	41
5.6. Selección del material vegetativo.....	43
5.7. Incidencia de la enfermedad.....	43
5.8. Pruebas de diagnóstico.....	43
5.9. Tratamientos evaluados.....	44
5.10. Diseño y tamaño de la unidad experimental.....	45
5.11. Número e intervalo entre aplicaciones y método de	
aplicación.....	45
5.12. Método de la evaluación.....	47
5.13. Variables a evaluar.....	49
5.14. Análisis de datos.....	49
5.15. Evaluaciones de la eficacia.....	49
5.16. Fitotoxicidad.....	50
5.17. Calendario de actividades.....	51
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
6.1. Pre evaluación.....	52
6.2. Primera evaluación para roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk)..	52
6.3. Segunda evaluación para roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk).	54

6.4. Primera evaluación para ojo de gallo	
<i>(Mycena citricolor</i> Berk y Curt.).....	55
6.5. Segunda evaluación para ojo de gallo	
<i>(Mycena citricolor</i> Berk y Curt.).....	57
6.6. Resultados generales.....	58
7. CONCLUSIONES.....	60
8. LITERATURA CITADA.....	62
9. APÉNDICE.....	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Nombres comunes de Roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk y Br)...	19
Cuadro 2. Distribución mundial de la roya del cafeto.....	20
Cuadro 3. Nombres comunes de <i>Mycena citricolor</i> Berk y Curt.....	26
Cuadro 4. Escala para evaluación del daño de roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk y Br.) y ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i> Berk y Curt.) del cafeto en la finca La Esperanza, ubicada en el municipio de Atzalan, Veracruz..	48
Cuadro 5. Distribución de tratamientos mediante aleatorización con el apoyo del programa estadístico SAS V9.0.....	46
Cuadro 6. Tratamientos evaluados para el control de roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk y Br.) y mancha ojo de gallo Br (<i>Mycena citricolor</i> Berk y Curtis) en cafeto.....	47
Cuadro 7. Escala de puntuación de la EWRS para evaluar el efecto fitotóxico en el estudio de evaluación de la eficacia biológica de Timorex Gold® para el control de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk y Br. y <i>Mycena citricolor</i> Berk y Curtis en Atzálan, Veracruz, 2013.....	49
Cuadro 8. Calendario de actividades.....	51
Cuadro 9. Comparación de medias del porcentaje de infección de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk y Br. en hojas de cafeto en la primera evaluación, Atzalan, 2013.....	53
Cuadro 10. Comparación de medias del porcentaje de infección de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk. En hojas de cafeto en la segunda evaluación,	

Atzalan, 2013..... 55

Cuadro 11. Comparación de medias del porcentaje de infección de *Mycena citricolor* Berk y Curt. en hojas de cafeto en la primera evaluación,

Atzalan, 2013..... 56

Cuadro 12. Comparación de medias del porcentaje de infección de *Mycena citricolor* Berk y Curt. en hojas de cafeto en la segunda evaluación,

Atzalan, 2013..... 58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de ubicación del área de estudio.....	40
Figura 2. Síntomas de Roya (<i>Hemileia vastatrix</i> Berk y Br).....	42
Figura 3. Síntomas de Ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i> Berk y Curt).....	42
Figura 4. Fungicidas utilizados en la evaluación.....	45
Figura 5. Aplicación de tratamientos con aspersora motorizada.....	46
Figura 6. Guía visual para evaluación del nivel de daño de <i>Hemileia vastatrix</i> Berk y Br en campo.....	48

APÉNDICE

Anexo 1. Informe de resultados de diagnóstico.....	74
Anexo 2. Programa de análisis de datos obtenidos.....	75
Anexo 3. Registro de infección para el agente causal <i>Hemileia vastatrix</i> Berk.....	76
Anexo 4. Registro de infección para el agente causal <i>Mycena citricolor</i> Berk y Curtis.....	77
Anexo 5. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey para la primera evaluación de roya.....	78
Anexo 6. Datos climatológicos del sitio del experimento.....	79
Anexo 7. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey para la segunda evaluación de roya.....	80
Anexo 8. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey para la primera evaluación de ojo de gallo.....	81
Anexo 9. Análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey para la segunda evaluación de ojo de gallo.....	82

BIOENSAYO SOBRE LA EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE *Melaleuca alternifolia* PARA EL CONTROL DE *Hemileia vastatrix*, Berk y Br Y *Mycena citricolor*, Berk y Curtis EN EL CULTIVO DE CAFÉ.

1. INTRODUCCIÓN

El cafeto es originario de las montañas de Abisinia, África, en donde el clima imperante reporta una temperatura media anual de 17 a 20° C, de comportamiento isotermal y con precipitaciones anuales del orden de 1,500 a 2,000 mm. (Barrientos, 1990), el mismo autor señala que en México, el cafeto se cultiva desde la frontera con Guatemala hasta el estado de Nayarit.

Para nuestro país, el cultivo del café representa una actividad estratégica; emplea a más de 500 mil productores, en cerca de 690 mil hectáreas de 12 entidades federativas y 391 municipios; involucra exportaciones por 897 millones de dólares/año y es el principal productor de café orgánico del mundo, destinando a esta el 10% de la superficie; además, vincula directa e indirectamente a cerca de 3 millones de personas y genera un valor en el mercado de 20 mil millones de pesos por año.

En los últimos 4 años se dispone en campo de inventarios renovados por 450 millones de plantas, cuyos incrementos en producción se verán reflejados en 4 a 5 años (SAGARPA, 2013).

La producción predominantemente corresponde a la especie arábica y esta ha disminuido en los últimos diez años, debido entre otros motivos, a la disminución en el precio internacional, a la caída en su rendimiento por el agotamiento de los cafetos y a plagas como la roya, que actualmente afecta al cultivo.

Desde el 2011 el precio internacional del café comenzó a descender paulatinamente, como resultado de la abundante oferta mundial y la menor demanda en los centros consumidores debido a los efectos de la crisis financiera internacional, lo que no tardó en reflejarse en el país. A enero 2014 el precio nacional mostró una caída de 40% respecto a enero 2011. Se espera que esta situación se revierta en los próximos meses, de presentarse condiciones climáticas desfavorables en los principales países productores, como Brasil, y debido a las afectaciones de la roya en México y Centroamérica (SHCP, 2014).

El Rancho la Esperanza, sitio en el cual se llevó a cabo el presente trabajo, se localiza en el municipio de Atzalan en el estado de Veracruz, lugar en donde hace un par de años el principal cultivo era el café, sin embargo, debido a la gran problemática ocasionada en primer lugar por el bajo precio del grano de café y por la disminución en la producción debido a problemas fitosanitarios como la roya del cafeto y ojo de gallo, algunas áreas del cultivo han sido sustituidos por especies agrícolas como los cítricos y plátano dominico.

La producción de café se ve afectada en gran medida por las enfermedades, puesto que constituyen uno de los factores que reducen la producción cafetalera y su intensidad está en función de las condiciones ecológicas en que se localizan las plantaciones. Los patógenos más importantes por su frecuencia y abundancia son los hongos y nematodos (Regalado y Villanueva, 1990).

Para reducir y en su caso prevenir estas pérdidas se han efectuado estudios sobre epidemiología, evaluación de fungicidas, nematicidas, su dosificación, época, intervalos y formas de aplicación (Regalado y Villanueva, 1990).

Las enfermedades más importantes por su distribución y daño que causan son: Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk y Br). Mal de hilachas (*Corticium koleroga* Cooke), ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curtis), requemo o derrite (*Phoma costarricensis* Ech), mancha de hierro o cercospora (*Cercospora coffeicola* Berk y Cooke), pudrición radicular del cafeto (*Rosellinia* sp.), mal rosado (*Corticium salmonicolor* Berk y Br) (Regalado y Villanueva, 1990).

En México y concretamente en Chiapas, los jornaleros agrícolas de Centroamérica han sido el factor más importante para la introducción y diseminación de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk y Br) (Villaseñor, 1987).

Indudablemente la enfermedad más destructiva en este cultivo, es la roya del cafeto, la cual daña a los árboles y disminuye su producción al ocasionar la caída prematura de sus hojas infectadas. La roya del cafeto ha ocasionado pérdidas devastadoras en todos los países productores de café de Asia y África. Ataca a todas las especies de café, pero es más severa en *Coffea arábica*. En 1970, esta enfermedad apareció por primera vez en el hemisferio occidental, en Brasil, y rápidamente se ha extendido a los países de centro y Sudamérica productores de café más importantes del mundo, donde todos los cafetos comerciales son susceptibles a la roya. Los síntomas de la enfermedad aparecen en forma de manchas polvorientas de color amarillo naranja sobre el envés de las hojas. Al principio, las manchas son redondas y pequeñas y tienen un diámetro de casi 5 mm, pero con frecuencia coalescen y forman grandes manchas que pueden ser 10 veces más grandes. La parte central de las manchas se seca, posteriormente empárdese y, debido a ello, la hoja cae prematuramente. Los árboles infectados producen frutos pequeños y de baja calidad, y las infecciones sucesivas y defoliaciones ocasionan su muerte. (Agrios, 1986).

El hongo *Hemileia vastatrix* vive principalmente en forma de micelio, uredias y uredosporas que en los trópicos, donde el café y el hongo desarrollan, se perpetúan en las hojas que infectan continua y sucesivamente. En ocasiones, este hongo produce teliosporas que al germinar forman basidiosporas, pero estas últimas no infectan al cafeto y hasta la fecha no se ha encontrado el hospedante alterno. Debido a esto, se ha pensado que todas las infecciones

que sufre el cafeto se deben a las uredosporas. Estas esporas son fácilmente diseminadas por el viento, la lluvia y quizá por los insectos. Requieren de un alto nivel de humedad y quizá también de rocío para poder germinar e infectar al cafeto (Agrios, 1986). En si la germinación de las esporas requiere de la presencia de agua libre por al menos 6 horas y también es favorecida por temperaturas entre los 21 y 25 °C. (SINAVEF, 2013).

Cuando las condiciones son favorables, germinan y entran a las hojas a través de los estomas de la superficie del envés en menos de 12 horas. El micelio se desarrolla entre las células de la hoja y envía haustorios hacia el interior de ellas. Por lo general, las hojas jóvenes son más susceptibles a la infección que las ya maduras, de ahí que sobre la superficie del envés de las hojas aparezcan nuevas uredias en el término de 10 a 25 días después de que se produjo la infección, dependiendo de las condiciones climáticas. Una vez que se desarrollan las uredias, en cualquier momento puede producirse la caída prematura de las hojas infectadas; en ocasiones, una sola uredia es suficiente para ocasionar la caída de una hoja. Las hojas nuevas son afectadas una vez que se ha desprendido el follaje más viejo. La caída prematura de las hojas debilita a los árboles y da como resultado una menor producción, muerte descendente severa de las ramitas e incluso la muerte de dichos árboles (Agrios, 1986).

Por otra parte, la enfermedad conocida como ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curtis) se observa al establecerse las lluvias, inicialmente aparecen en el

haz de las hojas pequeñas manchas circulares de color café oscuro con el centro claro, distribuidas irregularmente. Estas manchas aumentan de tamaño hasta alcanzar tamaños de 6 a 18 mm. de diámetro, bien definidas, más o menos redondeadas y de color amarillo grisáceo claro. Al llegar a su madurez, emiten numerosos filamentos erguidos de color amarillo azufroso, que terminan en un hinchamiento piriforme con aspecto de un alfiler. Estas fructificaciones constituyen los cuerpos de infección y propagación. El número de manchas en las hojas varía según la intensidad del ataque, pudiendo también verse afectadas las ramillas y frutos. (Villaseñor, 1987).

2. OBJETIVOS

Con base a la búsqueda de nuevas alternativas para el control de *Hemileia vastatrix* Berk y Br y *Mycena citricolor* Berk y Curtis, se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la efectividad biológica del producto Timorex Gold® (Aceite de *Melaleuca alternifolia*) solo y en combinación con oxiclورو de cobre para el control de Roya (***Hemileia vastatrix* Berk y Br**) y Ojo de gallo (***Mycena citricolor* Berk y Curtis**) en cafeto (*Coffea arábica*).
- Comparar el efecto de Timorex Gold® a diferentes dosis para el control de Roya (***Hemileia vastatrix* Berk y Br**) y Ojo de gallo (***Mycena citricolor* Berk y Curtis**) en cafeto (*Coffea arábica*) contra el testigo regional Alto 100 SL®
- Evaluar posibles efectos de fitotoxicidad de Timorex Gold® a diferentes dosis en el cultivo de cafeto (*Coffea arábica*).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Aceite de *Melaleuca alternifolia* como fungicida y bactericida

El aceite esencial de *Melaleuca alternifolia* tiene una larga historia de uso como un antiséptico tópico y tiene ha utilizado en Australia como un antiséptico desde la década de 1920 (Carson et al., 2006). Las hojas de *M. alternifolia* (árbol de té) de largo se han utilizado en la medicina tradicional aborigen de Nueva Gales del Sur (Australia) como remedios para las heridas y las infecciones cutáneas (Penfold y Grant 1925). Este aceite tiene un amplio espectro de actividad antimicrobiana contra las bacterias Gram-positivas y Gram-negativas, tanto aeróbica y anaeróbica, contra levaduras y hongos (Gustafson et al., 1998). También es activo contra cepas de *candida* resistentes al fluconazol clínicamente aislados (Carson et al., 2006). El aceite de árbol de té tiene amplia actividad antimicrobiana y se incorpora a una amplia gama de productos farmacéuticos y cosméticos. Por lo tanto, el aceite y los productos que lo contienen han sido evaluado in vivo para el tratamiento de infecciones fúngicas superficiales tales como onicomycosis y candidiasis oral, con algunos resultados clínicos favorables (Fritz et al., 2001). Papadopoulos et al. (2006) explica que la actividad antimicrobiana de aceite de árbol de té se ha atribuido principalmente al terpinen -4-ol. El aceite esencial de *M. alternifolia* ha mostrado potencial para reducir la incidencia y la gravedad de la enfermedad inducida por *A. solani* en papa y *Cercospora beticola* en la remolacha azucarera (Caolotanski et al. 2002). El aceite de árbol de té es un vapor de aceite esencial destilado de la planta de *M. alternifolia* australiano. Este aceite natural es un antiséptico eficaz,

fungicida y bactericida, y es seguro, ya que se utiliza en la industria de la salud y cosméticos (Markham, 1999).

3.2. Origen del cultivo de café

Las primeras referencias del cultivo de café a nivel mundial datan del siglo XIII y como bebida fue comercializado en el siguiente siglo donde los árabes fueron los encargados de difundirla. Esto llevo a creer que era originario de Arabia, sin embargo se ha comprobado que su origen son las montañas de Abisinia (actualmente Etiopia, África). La difusión de su consumo fue dando hacia países de Asia y África, y para el siglo XVII, fue introducido a Europa por comerciantes venecianos y holandeses que negociaban marítimamente con los otomanos. Su introducción al continente americano fue en el siglo XVIII, aproximadamente entre 1717 y 1720, cuando los holandeses llevaron el arbusto a la isla de Martinica y posteriormente a casi todas sus colonias. A partir de 1730 y hasta 1825, la plantación de café fue intensiva en América Central y del Sur, generando así, dos de las regiones más importantes de producción del café (CENICAFE, 2008; Renard, 1993).

3.2.1. Descripción botánica

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas. El género *Coffea* incluye por lo menos 70 especies, de las que sólo resaltan por su valor comercial en grano para bebida estimulante: *Coffea arábica* Linneo y *Coffea canephora* Pierre (Coste, R. 1986). Esta planta produce frutos, conocido como cereza, que son de

color verde en estado inmaduro y rojo-amarillento cuando madura (Castillo *et al.*, 1998; Alejo, 2000).

Clasificación de *Coffea arábica* y *canephora*

Reino:	Vegetal
División:	Antofita
Clase:	Dicotiledonia
Subclase:	Simpetala
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiaceae
Tribu:	Cofeales
Género:	<i>Coffea</i>
Especie:	<i>C. arábica</i> , <i>C.canephora</i>

3.2.2. Descripción

Es un árbol perennifolio que puede llegar a medir hasta 6 m de altura, de forma cónica o irregular y bajo condiciones normales de crecimiento desarrolla un solo eje (Costa Rica, 1984).

La planta puede crecer con una sola raíz, pero después desarrolla múltiples raíces en la base o en la parte baja de la raíz principal o pivotante. Estas ramificaciones laterales son las responsables de la nutrición mineral y de proveer a la planta de agua. La mayoría de las raíces se distribuyen a 30 cm. De profundidad y en un radio de 2.5 m del tronco (Costa Rica, 1989).

Las hojas son elípticas, oblongas, lanceoladas, miden de 7 a 17 cm de largo y de 3 a 8 cm de ancho, de color verde oscuro, brillante en el haz, cerosas y coriáceas, con un verde más pálido y menos brillante en el envés, con nervadura central prominente y márgenes de ondulaciones diversas (Morfin *et al.* 2006; Liogier, 1997).

Las flores se agrupan en una inflorescencia llamada cima, normalmente se presentan de dos a tres cimas por axila, con dos a cuatro flores por cima, es decir, de cuatro a 12 flores por axila. Las flores individuales son completas, hermafroditas y autógamas, presentan cáliz, corola, estambres y pistilo, son de color blanco y miden de 6-12 mm de largo y 3-4 de ancho, tienen un ovario ínfero con dos óvulos (Morfin *et al.* 2006).

El fruto es una drupa ovoide conocida como cereza que mide de 10-17 mm de largo por 8-14 mm de ancho, consta de epicarpio o epidermis, mesocarpio o pulpa, endocarpio o pergamino y endospermo o semilla, es de color verde en estado inmaduro, para convertirse de rojo a amarillo cuando madura (Morfin *et al.* 2006).

Las semillas de café son oblongas, planoconvexas, cubiertas por una película plateada o perisperma (vestigios del tegumento del óvulo). La semilla se constituye por el endospermo cuya coloración es verde oscuro amarillento, mide de 10 a 15 mm de largo por 5–10 mm de ancho, con un embrión pequeño basal

de 1 a 2 mm. La semilla se encuentra cubierta por un endocarpio fibroso, conocido como pergamino, el endospermo es córneo formado por hemicelulosa, proteínas, cafeína, aceite, azúcares, dextrina, celulosa, ácido clorogénico y otros compuestos. La madurez fisiológica de la semilla se alcanza alrededor de los 220 días después de la antesis y carece de periodo de latencia, siendo capaces de germinar en forma inmediata (Morfin *et al.* 2006).

Las variedades más representativas del café arábica son la Typica, Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Garnica y Catuai; cada una de ellas presenta diferencias en la calidad, el volumen producido, rendimiento, resistencia a plagas, aroma, acidez, cuerpo, etc. (CEFP, 2001; Nolasco, 1985; Pérez, 2005).

3.2.3. Distribución en México

El café es el 7° cultivo agrícola con mayor superficie cultivada en México y ocupa el 12° lugar como generador de valor. En 2013 alcanzó 737 mil hectáreas con un valor de casi 6 mil m.d.p., lo que representa una disminución de 30% respecto a 2012, debido al bajo precio internacional (SHCP, 2014). Su distribución en México se divide en 4 vertientes:

Vertiente del golfo de México

Los estados comprendidos en esta vertiente son San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Tabasco. En general los suelos cafetaleros de esta vertiente son de textura migajón arcilloso, con pH de 4 a 6, bajos contenidos de materia orgánica y responden a las aplicaciones de

macronutrientes; la profundidad en la mayoría rebasa 1 metro. Estos cafetales se encuentran en altitudes desde los 200 a los 1,400 m.s.n.m. (Barrientos, 1990).

Vertiente del océano pacífico

Esta vertiente está conformada por los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Guerrero y Oaxaca. La característica común de esta región es que tienen de 6 a 7 meses continuos de sequía la cual inicia en noviembre y termina en abril-mayo. El invierno es seco y caluroso, lo que facilita la recolección sin embargo debido al déficit de agua las producciones suelen ser bajas. Los suelos son de textura migajón-arcilloso, con valores de pH predominantemente de 5 a 6.5 y bajos contenidos de materia orgánica, los cafetales se encuentran desde los 200 a los 1,500 m.s.n.m. (Barrientos, 1990).

Región soconusco

Comprende parte del estado de Chiapas, en donde se presentan precipitaciones de los 2,500 hasta los 5,000 mm, anuales. Los suelos son profundos de textura migajón-arcilloso, con valores de pH entre 4 y 6.0 con bajos contenidos de materia orgánica, estos cafetales se encuentran desde los 200 hasta los 1,800 m.s.n.m. (Barrientos, 1990).

Región centro-norte de Chiapas

Esta zona de Chiapas se caracteriza por tener periodos de sequía prolongados de noviembre a abril en las zonas de Comalapa, Ocozocuahtla y Tuxtla

Gutiérrez, las zonas de Yajalón y Simojovel son más húmedas, puesto que están influidas indirectamente por vientos húmedos del Golfo de México. Los suelos de esta región son profundos con valores de pH entre 4.5-6.0 y medianos contenidos de materia orgánica. (Barrientos, 1990).

3.2.4. Condiciones agroclimáticas para el cultivo de café

- *Altitud.* La altitud donde se encuentran establecidas las plantaciones, está fuertemente ligada con la calidad de bebida del café. Las mejores plantaciones de México se localizan ubicadas de 900 a 1200 msnm, de donde se puede obtener un café de excelente calidad, por sus características organolépticas (sabor, aroma, cuerpo, y acidez). Sin embargo, existen algunas variedades nuevas de la especie *C. canephora* que a menor altura también producen café de buena calidad (Carbajal, 1972).
- *Precipitación.* La precipitación media anual requerida por el cafeto es de 1800 a 2000 mm distribuidos a través del año con un periodo de sequía de dos a tres meses, el cual coincide con un periodo de reposo vegetativo, para dar inicio a la floración (Carbajal, 1972; González, 1978). Sin embargo, una precipitación de 1500 mm distribuida en forma uniforme puede ser suficiente, por debajo de ésta el crecimiento de la planta se ve limitado afectando la cosecha del año siguiente. Los periodos prolongados de sequía propician la caída de las hojas, limitan la actividad fotosintética y por consecuencia la cosecha disminuye y en algunos casos puede llegar hasta la muerte de los

cafetales. Con precipitaciones superiores a 3000 mm la calidad física del café y la calidad de taza se deterioran (Carbajal, 1972).

- *Temperatura.* Las temperaturas medias mensuales óptimas para el desarrollo del cafeto son de 19 a 22°C y con mínimas de 16° C y máximas de 25 °C, valores superiores o inferiores a éstos causan daños severos a la planta (Carbajal, 1972; González, 1978). Las temperaturas que oscilan entre 17°C y 23°C durante la noche y el día, respectivamente, son las más favorables para la iniciación floral, dado que a temperaturas altas se marchitan los botones florales; cuando la temperatura es inferior a 10°C, se produce clorosis por la muerte de los cloroplastos, lo cual detiene el crecimiento de la planta (Carbajal, 1972). Temperaturas de 34°C causan daños permanentes a la planta. La floración requiere de 26°C durante el día y la noche respectivamente (Santoyo *et al.* 1995).
- *Luminosidad.* Los cafetos requieren de 1500 a 2500 horas efectivas de luminosidad, siendo importante por su intensidad, duración diaria y distribución durante el año. La planta requiere de 200 a 280 horas luz durante los meses secos y de 100 a 150 en los meses húmedos (Carbajal, 1972).
- *Vientos.* Los fuertes vientos son nocivos para el café, ya que producen la ruptura de ramas y caída de las hojas, además si se trata de vientos cálidos

y secos, propician un aumento en la transpiración que puede ocasionar el marchitamiento de las hojas y brotes jóvenes y detienen el crecimiento del cafeto (Carbajal, 1972).

- *Suelos*. Los mejores suelos para el cultivo del café son aquellos profundos, permeables y textura franca, ya que en estos las raíces no tienen dificultad. El suelo ideal debe tener un espacio poroso de 60% del cual la mitad debería ser ocupada por aire cuando se encuentre en condiciones de humedad. El café se desarrolla bien en suelos ácidos con pH de 4.5 a 5.5. Es importante considerar las propiedades físicas del suelo para la nutrición (Carbajal, 1972).

3.3. Hongo causante de la roya anaranjada en árboles de café

La roya del cafeto es la enfermedad más destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a que esta enfermedad provoca la caída prematura de las hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética así como el debilitamiento de árboles enfermos y en infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de los árboles (APS, 2011).

A su vez, el cultivo de café es considerado como el producto agrícola más importante en el comercio internacional, y una mínima reducción en el rendimiento o un ligero aumento en los costos de producción de este cultivo por efecto de *H. vastatrix*, puede tener un gran impacto en los cafecultores y en los

países cuyas economías son totalmente dependientes de las exportaciones del café (APS, 2011).

Uno de los casos más severos del ataque de esta enfermedad, se reportó en Ceilán (actualmente Sri Lanka), entre los años 1871 y 1878 donde la producción de café se redujo de 4.5 centenas/acre a 2 centenas/acre y el área establecida para este cultivo se redujo de 68,787 ha a 14,170 ha, y finalmente para 1890 se abandonaron las plantaciones no rentables (CABI, 2014).

El CABI (2014), menciona que el impacto económico de *H. vastatrix* en el cultivo del café no solo se debe a la reducción de la cantidad y la calidad de la producción, sino también a la necesidad de implementar costosas medidas de control en los cultivares susceptibles.

En Brasil la no aplicación de medidas de manejo del patógeno condujo a una reducción del 30% en el rendimiento (Mónaco, 1977). Sin embargo la implementación de una calendarización de aplicaciones de fungicidas en las zonas cafetaleras de este país tuvo un costo de 67 USD/ha, lo cual representa el 9% del valor de las exportaciones de café de esta nación (CABI, 2014).

En 1983 se tuvo el primer registro de esta enfermedad en Colombia, con pérdidas de hasta un 30% en cultivos donde no se realizaron acciones de manejo. Más recientemente, en este mismo país, durante el período de 2008 a 2011, en algunas de las variedades comerciales susceptibles de las principales

zonas cafetaleras del país, se presentó un inusual incremento en la incidencia de esta enfermedad, así como una mayor severidad en hojas infectadas (> 30%) (Cristancho et al., 2012).

3.3.1. *Hemileia vastatrix*, Berk y Br.

3.3.1.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de *Hemileia vastatrix*, Berk y Br. De acuerdo con la EPPO, 2014, es la siguiente:

Reino:	Fungi
Phylum:	Basidiomycota
Clase:	Pucciniomycetes
Orden:	Pucciniales
Familia:	Pucciniaceae
Género:	<i>Hemileia</i>
Especie:	<i>Hemileia vastatrix</i>

3.3.1.2. Nombre común

En el cuadro 1, se indican los nombres con los que se le conoce a la roya anaranjada en otros idiomas según el SENASICA (2013).

Cuadro 1. Nombres comunes de la Roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br) (SENASICA, 2013).

Idioma	Nombre común
Inglés	Coffee rust, leaf rust of coffee, orange coffee rust.
Español	Roya amarilla del café, roya del café, roya del cafeto.
Portugués	Ferrugem do cafeeiro, Ferrugem do café.
Francés	Rouille de la feuille du caféier, rouille vriae des cafeiras.

3.3.1.3. Descripción morfológica

Las esporas son de tamaño microscópico (30 μ de largo X 20 μ de ancho) de forma reniforme, lisas en la cara interna y rugosa en la externa, denominadas urediniosporas, que son producidas en grandes cantidades y corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad. Las teliosporas, cuya ocurrencia es muy baja, son de forma redondeada de 20- 25 μ (Castro *et al.*, 2009).

3.3.1.4. Distribución geográfica

De acuerdo a la EPPO (2013), la roya del cafeto encuentra distribuida en la mayoría de los países productores de café en el mundo conforme el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución mundial de la roya del cafeto (EPPO, 2013).

Continentes	Países
Asia	Bangladesh, Camboya, China, India, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Singapur, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia, Vietnam. Yemen.
África	Angola, Benín, Burundi, Cameron, Comoras, Congo, Costa de Marfil, Etiopía, Ghana, Guinea, Isla Reunión, Kenia, Liberia, Madagascar, Malawi, Mauritania, Mozambique, Nigeria, República Centroafricana, República Democrática del Congo, Ruanda, Santo Tomé y Príncipe, Sierra Leona, Somalia, Sudáfrica, Sudan, Tanzania, Togo, Uganda, Zambia y Zimbabue.
América	Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, Puerto Rico, República Dominicana, Venezuela.
Oceanía	Islas Cook, Nueva Caledonia, Papúa Nueva Guinea, Polinesia Francesa, República de Fiyi, Samoa, Samoa Americana, Vanuatu.

Los reportes de esta plaga en países fronterizos como Guatemala y Belice (CABI, 2014), significan una fuente potencial de inóculo, específicamente por la cercanía de las zonas cafetaleras de Chiapas y Guatemala. Aunado a esto, se ha observado que la variación de las condiciones climáticas y un manejo no adecuado de la roya pueden tener como consecuencia un comportamiento inusual de la enfermedad, es decir el aumento en incidencia y severidad como el caso de Colombia (Cristancho *et al.*, 2012) y otros países de Centroamérica.

3.3.1.5. Hospedantes

H. vastatrix ataca exclusivamente a diferentes especies del género *Coffea* spp. Como: *Coffea arábica*, *Coffea canephora* y *Coffea liberica* (CABI, 2014).

3.3.1.6. Síntomas

Los síntomas inician como pequeñas manchas de 1-3 mm, translúcidas y de color amarillo claro. La lesión crece en tamaño y pueden coalescer con otras manchas, hasta formar grandes parches con abundante polvo amarillo (esporas) en el envés de las hojas y que en su lado opuesto se observan como manchas amarillas. Las lesiones viejas se necrosan, pero la esporulación puede continuar en el margen de la lesión (Castro *et al.*, 2009).

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

3.3.1.7. Desarrollo de la enfermedad

El proceso infeccioso de la roya del cafeto comienza con los síntomas de la enfermedad que aparecen en el envés de las hojas, en donde se observan manchas pálidas que con el tiempo aumentan de tamaño y se unen formando las características manchas amarillas o naranja, con presencia de polvo fino amarillo, ahí es donde producen las esporas del hongo (Rivillas *et al.*, 2011). La germinación de esporas requiere de la presencia de agua libre por al menos 6 horas y también es favorecida con temperaturas entre 21-25 °C y condiciones de obscuridad. El apresorio para formarse requiere de un periodo de 5.3-8.5 hr. La germinación se inhibe por la luz y cuando se evapora el agua de la hoja, ya que afecta el crecimiento de los tubos germinativos. Sin embargo, luego de germinar, el hongo penetra en las hojas a través de las aberturas naturales (estomas) situadas en el envés de las hojas maduras (Rayner, 1961). Una vez que ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta y con éstos extraen los nutrientes para su crecimiento. Luego de transcurridos 30 días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros, que son las encargadas de producir nuevas uredinosporas. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia. Para la zona cafetalera de Colombia, el periodo de latencia puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra (Rivillas *et al.*, 2011).

3.3.1.8. Importancia de la enfermedad

La presencia de *H. vastatrix* en México, representa un riesgo potencial para la actividad cafetícola nacional cuyo valor de producción superó para el ciclo agrícola 2011 los 6,815 millones de pesos (SIAP, 2013). La roya del cafeto está presente en México desde 1981 y existen las condiciones favorables para su desarrollo y establecimiento en las principales regiones cafetícolas donde actualmente también está presente el patógeno.

La importancia de *H. vastatrix* en México radica en que existe una superficie sembrada del cultivo de café de 760,974.05 hectáreas, de las cuales se cosechan 688,208.41 con una producción de 1, 287, 642 toneladas de café en cereza, cuyo valor de producción es superior a los 6, 815 millones de pesos (SIAP, 2013).

3.3.1.9. Estrategias de control

3.3.1.9.1. Control cultural

Se recomienda mantener un buen programa nutrimental, reducir la sombra excesiva, para evitará rangos de temperatura favorables para el desarrollo del hongo, lo cual también reducirá la humedad relativa y adicionalmente estimulará el incremento de área foliar y la vida media de las hojas (Rivillas *et al.*, 2011).

Evitar densidades de plantación altas (superior a 10,000 tallos por sitio) para evitar la proliferación de múltiples chupones que induzcan autosombreamiento (Rivillas *et al.*, 2011).

3.3.1.9.2. Control genético

Se ha reportado que la variedad “Catimor” presenta resistencia a la roya del café, la cual responde bajo alta presión de inóculo manteniendo un nivel de infección menor al 15% (Moreno y Alvarado, 2000).

3.3.1.9.3. Control químico

La base racional para el manejo químico de la roya del café involucra a la fenología de la planta, para lo cual se requiere entender e identificar los periodos de mayor susceptibilidad y factores de manejo que impactarán sobre la enfermedad. Para el caso de Guatemala el mayor incremento de la enfermedad se observa en los meses correspondientes al desarrollo y maduración del fruto, en la época de cosecha. En marzo-abril del siguiente año hay un descenso de la enfermedad por condiciones de clima adverso al hongo, caída de hojas durante la cosecha, vientos de la estación seca y defoliación inducida por la enfermedad. Por lo tanto, el momento oportuno para empezar con la aplicación de fungicidas debe realizarse, previo al inicio de la estación de lluvias (Calderón y Orozco, 2011).

3.4. Hongo causante del ojo de gallo en arboles de café

3.4.1. *Mycena citricolor*, Berk y Curtis

Esta enfermedad se encuentra diseminada en todas las zonas cafetaleras del país, aunque es propia de cafetales muy sombreados y húmedos (Regalado y Villanueva, 1990). Es una enfermedad muy importante en plantaciones localizadas arriba de 700 m.s.n.m. con temperaturas frescas comprendidas entre 19 y 23° C. (Villaseñor, 1987).

3.4.1.1. Clasificación taxonómica

Según el autor Hawksworth. Et. Al. 2008, *Mycena citricolor* se clasifica de la siguiente manera.

Reino:	Fungi
Phylum:	Basidiomycota
Clase:	Basidiomycetes
Subclase:	Agaricomycetidae
Orden:	Agaricales
Familia:	Mycenaceae
Género:	<i>Mycena</i>
Especie:	<i>M. citricolor</i>

3.4.1.2. Nombre común

Debido a la amplia distribución mundial, la roya anaranjada se conoce en diferentes países según los idiomas que se indican en el Cuadro 3, según CABI, (2014), EPPO, (2014) y Sotomayor, (1993).

Cuadro 3. Nombres comunes de *Mycena citricolor* Berk y Curt. (CABI, 2014; EPPO, 2014 y Sotomayor, 1993).

Idioma	Nombre común
Español	Ojo de gallo, Gotera del cafeto, Argeño, mancha de la hoja, Mancha americana de la hoja del cafeto.
Inglés	Eye spot of coffee, leaf spot of coffee, Iron spot of coffee, American leaf spot of coffee.
Francés	Maladie des feuillesnoires du caféier, feuillesnoires du caféier, maladie américaine du caféier, stilbose du caféier.

3.4.1.3. Descripción morfológica

El hongo causante de la enfermedad se caracteriza por presentar dos tipos de cuerpos fructíferos: las gemas o cabecitas que corresponden al estado imperfecto o asexual del hongo (*Omphalia flavida*), cuyas estructuras son pequeñas, mucilaginosas, de color amarillo azufroso, en forma de alfiler. Esta

estructura consta de dos partes, un pedicelo y una cabeza, la cual al madurar se desprende fácilmente del pedicelo, especialmente con el impacto causado por las lluvias (CENICAFE, 2011).

El segundo cuerpo fructífero es el basidiocarpo correspondiente a la fase sexual o perfecta del hongo *Mycena citricolor*. Esta estructura es más grande que la gema, tiene forma de sombrilla de color amarillo intenso, mide entre 0.5 y 1.0 mm de diámetro, produce y libera una gran cantidad de basidiosporas (CENICAFE, 2011).

Mycena citricolor, puede ser aislado en Papa – Dextrosa – Agar (P.D.A.) transfiriendo pequeñas secciones de las lesiones foliares o bien transfiriendo con agujas de disección las yemas infectivas o basidiocarpos a P.D.A. Una vez que se obtenga el desarrollo micelial en la caja, para obtener la formación de yemas infectivas es necesario someter a la cepa a condiciones alternas de luz y oscuridad. Para obtener la formación de basidiocarpos, las cajas con desarrollo micelial y yemas infectivas, se cubren con papel negro para que sean sometidas a la oscuridad (Mendoza, 1999).

3.4.1.4. Hospedantes

M. citricolor presenta un amplio rango de plantas hospedantes (500 especies), entre las cuales se destacan el níspero (*Eriobotrya japonica*), el cacao (*Theobroma cacao*) y el café (*Coffea arábica*). Este patógeno ataca al café en todas sus edades, iniciando desde las chapolas. En Puerto Rico observaron

que ataca más plantas de café *Coffea arábica* que *Coffea laurentii* y *C. canephora*, y éstas son más atacadas que las plantas de *C. liberica*. Son hospedantes susceptibles a esta enfermedad plantas de las familias Rubiaceae, Apocynaceae, Begoniaceae, Compositae, Crassulaceae, Leguminoseae, Melastomaceae, Plumbaginaceae, Rosaceae, Rufaceae, Araceae, Commelinaceae, Musaceae, Papilionaceae y Mimosaceae. En estas familias se encuentran plantas que en Centroamérica le sirven de sombrío al café como son el guamo churito (*Inga vera*) y la moca (*Andira inermes*), generando condiciones y producción de inóculo de *Omphalia flavida*, el cual debe influir en el inicio de la epidemia en las plantas de café. Afecta anturios (*Anthurium* spp), geranios (*Pelargonium* spp.), begonias (*Begonia* spp.), claveles (*Dianthus* spp.) y otras plantas ornamentales (*Coleus blumei*), así como algunas arvenses, las cuales presentan en sus hojas las manchas de esta enfermedad. Dentro de estos hospedantes se destacan masiquia (*Bidens pilosa*), grama (*Cynodon dactylon*), escoba barbosa (*Sida acuta*), venturosa (*Santana* spp.), salvia (*Salvia* spp.) y helechos (*Pteridium aquilinum*), entre otros. Es por esta razón que las hojas de las ramas inferiores de los cafetos sanos, próximas a estos hospedantes, fácilmente pueden infectarse (CENICAFE, 2011).

3.4.1.5. Síntomas

Este hongo ocasiona manchas pequeñas en el haz de las hojas inicialmente de color marrón, convirtiéndose en marrón pálido, las manchas tienen un margen rojizo y miden de 6-13 mm de diámetro, conforme crece se forman pequeños anillos concéntricos, pero visibles. Estas lesiones, por lo general, son circulares

aparentando un ojo de gallo a veces pueden ser ovaladas, debido a la delimitación de las nervaduras de las hojas, o algo irregulares cuando dos o más manchas se fusionan. En estados avanzados, la parte afectada presenta un agujero en las hojas caídas (CENICAFE, 2011; Waller *et al.*, 2007; Molina 1956).

El patógeno además, de afectar las hojas, ataca ramas y tallos, presentando lesiones alargadas. En frutos, las lesiones son redondas, hundidas y de diferente tamaño (CENICAFE, 2011).

3.4.1.6. Desarrollo de la enfermedad

Durante la estación lluviosa pueden observarse sobre las manchas ocasionadas por *Mycena citricolor*, fructificaciones del hongo (gemas o cabecitas), cuya forma se asemeja a la de un alfiler porque termina en una cabecita periforme (Alvarado, 1994).

Dichas estructuras fungosas son de color amarillo, estas son llamadas coremios o sinemas del estado imperfecto del agente causal de esta enfermedad, el hongo *Omphalia flavida*. Estas estructuras reproductivas son muy abundantes, ya que en una sola mancha se pueden producir hasta 100 coremios, Castaño A. (1929), hace referencia a la lluvia como el principal agente dispersante de las cabezuelas de *O. flavida*.

El viento también juega un papel importante transportando las hojas enfermas desprendidas de los cafetos afectados. Así mismo, los insectos, resultan aptos para desplazar cabezuelas, y el personal de campo, durante las labores culturales también puede contribuir a la diseminación de la enfermedad. (Castaño A., 1951).

3.4.1.7. Importancia de la enfermedad

El hongo *Mycena citricolor*, afecta hojas maduras y jóvenes, brotes nuevos y frutos en diferentes estados de desarrollo. El daño principal ocasionado por esta enfermedad en las plantas de café es la defoliación, lo cual hace que disminuya notablemente el área fotosintética de la planta así como el crecimiento de la misma y su producción (CENICAFE, 2011).

Toda planta de café severamente atacada por esta enfermedad, sufre trastornos fisiológicos de suma consideración. El restablecimiento del follaje, en donde tienen lugar las funciones de respiración y transpiración, le resta actividades a las funciones reproductoras y, por consiguiente, las cosechas subsiguientes, aun en caso de cambiar las condiciones desfavorables, no serán las ideales, mientras dure su completa reposición (Castaño, 1951)

3.4.1.8. Estrategias de control

3.4.1.8.1. Control cultural

Campos (2010), se refiere a la importancia de un manejo integrado para controlar la enfermedad ojo de gallo, basándose principalmente en el manejo

cultural. De acuerdo con las apreciaciones de este autor y de otros, se recomienda:

- Restringir en los viveros de café, las semillas provenientes de cafetales afectados por ojo de gallo.

- Mantener la base de las plantas de café libre de arvenses y el suelo del cafetal con arvenses nobles. Esta práctica ayuda a eliminar ciertas plantas hospedantes de este patógeno. Realizar un buen drenaje del suelo para evitar los encharcamientos, y profundizar los drenajes donde el exceso de humedad lo requiera.

- Hacer podas en los cafetos, para evitar infecciones en las ramas inferiores que entran en contacto con hojarasca y arvenses afectadas por la enfermedad. Este manejo, además de estimular la emisión de nuevo tejido en la planta, también favorece la estabilización de los rendimientos por unidad de área. De igual manera, esta práctica permite la aireación dentro de los cafetales, regulando la humedad relativa, aspecto que contribuye al control de las enfermedades fungosas.

- Disponer, si las condiciones ambientales del lugar son muy favorables para la enfermedad, de distancias de siembra que no propicien altas densidades de plantas por hectárea. En áreas afectadas por ojo de gallo, a menudo se

observan cafetales en altas densidades, condición que proporciona un microclima ideal para el desarrollo de la enfermedad. (CENICAFE, 2011)

- Establecer el cultivo de café con una distribución racional del sombrío, de manera que éste no afecte la disponibilidad de luz para las plantas de café ni intercepte la radiación solar, sin afectar los procesos fotosintéticos de la planta ni aumentar la humedad relativa interna. Además, el exceso de sombra reduce la velocidad del viento e incrementa la duración de la humedad en las hojas, lo que facilita el desarrollo del micelio de este hongo (Avelino, J.; Cabut, S.; Et al. 2007).

- Sustituir gradualmente en las fincas la sombra nativa, densa e irregular, por árboles cultivados, más adecuados y sembrados de manera regular (Paz, M. H., 1975).

- Inspeccionar periódicamente los cafetales, y donde aparezca un pequeño foco de infección, remover los órganos afectados de la planta, recolectar y eliminar las hojas afectadas que se encuentran en el suelo, así como las chapolas y las arvenses hospedantes de este hongo (CENICAFE, 2011).

- Realizar una adecuada nutrición de las plantas, ya que la planta con una buena condición, tolera la enfermedad a través del incremento del follaje, condición fisiológica que en ocasiones puede ser más rápida que la misma epidemia. Después de un ciclo productivo, las plantas sufren un desgaste físico

como consecuencia del traslado de energía convertida en nutrientes hacia los frutos, situación que se complica por el ataque de enfermedades foliares que provocan la caída de hojas. Una condición fitosanitaria de esta naturaleza, demanda la aplicación de un adecuado programa de nutrición basado en análisis de suelos. La defoliación causada por la enfermedad puede ser menos severa cuando el suelo dispone de los nutrimentos necesarios para la planta (Avelino, J.; Cabut, S.; Et al., 2007).

- x (CENICAFE, 2011).

3.4.1.8.2. Control biológico

En Costa Rica se han efectuado estudios sobre el manejo biológico de la enfermedad ojo de gallo utilizando *Trichoderma* spp. Y han encontrado que el hongo inhibe la formación de cabecitas y, además, utiliza las ya formadas como sustrato de crecimiento, logrando disminuir el potencial de diseminación del patógeno. Sin embargo, el problema principal de su implementación comercial, radica en el hecho que existen muchos ecotipos diferentes, que logran establecerse en sólo ciertos agroecosistemas (Wang, A. Avelino, J., 1999).

Salas (1970), citado por Vargas (1984), en condiciones *in vitro*, determinó que diversos aislamientos de *Trichoderma* fueron capaces de parasitar y provocar la lisis del micelio y de las cabecitas de *O. flavida*, mediante la producción de toxinas. Igualmente, Arroyo (1975), citado por Vargas (1984), en pruebas realizadas en el campo, obtuvo un mejor control de la enfermedad cuando

inoculó el micelio en comparación con las esporas de *Trichoderma* spp. Vargas (1984), en condiciones similares, sobre tejido necrótico afectado por *M. citricolor* probó la efectividad de *Trichoderma harzianum* aplicado primero que el fungicida Cobox 88% (oxicloruro de cobre PM), que se aplicó una semana después del hongo antagonista. El fungicida sólo fue poco efectivo debido a que, en el período más húmedo, permitió incrementos del inóculo y de la enfermedad. El hongo *T. harzianum* por sí solo no fue eficiente en la eliminación de cabecitas, a pesar que colonizó las lesiones en un 67,5%. Este hongo biocontrolador se estableció bien en la mayoría de las lesiones de ojo de gallo, logrando la mayor reducción en el número de lesiones con cabecitas y en el total de cabecitas, en el tratamiento donde se aplicó el hongo y posteriormente el fungicida.

Calvo y Vargas, encontraron en Costa Rica una bacteria aislada del filoplano de hojas sanas de plantaciones de café variedad Caturra, que parasita gemas y micelio de *O. flavida* en 48 horas, pero que, en ausencia de gemas, se mantiene en poblaciones bajas en el filoplano. Estos autores evaluaron el efecto de diferentes adhesivos como aceite de linaza y almidón de yuca, y dos formulaciones de la bacteria antagonista para el control de gotera. El tratamiento bacteria + turba + almidón de yuca fue el que presentó los menores porcentajes de lesiones con cabecitas y hojas enfermas, número de lesiones por hoja, número de lesiones con cabecitas y número de cabecitas.

Porras (2000), determinó una actividad antagónica del 70% del hongo *Hypocrea* (teleomorfo de *Trichoderma* spp.) sobre el hongo *M. citricolor*, en condiciones *in vitro*. También evidenció una actividad importante de metabolitos volátiles en la inhibición del crecimiento del hongo patógeno.

Castro y Rivillas (2006), a partir de hojas afectadas por *Omphalia flavida* lograron obtener el estado perfecto del hongo causante de esta enfermedad (*Mycena citricolor*), 14 días después de permanecer en cámara húmeda. El basidiocarpo obtenido, sembrado en el medio de cultivo PDA (papa-dextrosaagar) permitió el crecimiento micelial y las estructuras reproductivas de *O. flavida*, momento a partir del cual se pudieron realizar pruebas de antagonismo en condiciones *in vitro*, con el hongo biorregulador *Trichoderma harzianum* (ingrediente activo del producto comercial Tricho-D®). Después de 8 días, *T. harzianum* detuvo el crecimiento del hongo patógeno, y 8 días más tarde se observó crecimiento micelial y esporulación del antagonista sobre el micelio de *O. flavida*.

3.4.1.8.3. Control químico

Castaño (1951), señala que es difícil pretender que una medida de control de gotera del cafeto sea de comportamiento universal, debido a la compleja variabilidad de condiciones que la favorecen en los diferentes países donde se presenta. Sin embargo, hacia el año 1952, en Colombia, surgió por primera vez el uso de arseniato de plomo (Du Pont Un Rexform), como práctica de control químico de esta enfermedad, con resultados muy efectivos, que no han sido

igualados hasta entonces por el caldo bordelés, considerado como aquel de mayor eficacia dentro de los fungicidas minerales a base de cobre. No obstante, su uso fue restringido por la acumulación de residuos tóxicos en los granos de café (Vargas, E., 1984). Barriga (1954), en ensayos realizados en condiciones de Chinchiná (Caldas), en plantas de café de la variedad Borbón, encontró que los fungicidas que proporcionaron una mejor protección contra el ataque de *M. citricolor* fueron el caldo bordelés y el Perenox (óxido cuproso 50%), empleando una concentración de 4 g/l Rao, D.V. (1987), demostró que el hidróxido de calcio decreció significativamente el número y el diámetro de lesiones causadas por *M. citricolor*. El autor sugiere que el modo de acción del hidróxido de calcio en el control de la enfermedad se debe a la neutralización del ácido oxálico secretado por el patógeno. Wang y Avelino (1999), indican que uno de los primeros fungicidas que se encontró que tenía algún efecto sobre la enfermedad fue el caldo bordelés, aplicando 15 g de hidróxido de calcio + 20 g de sulfato de cobre por 1 L de agua. Sin embargo, los productos cúpricos no representan una buena alternativa durante los meses de mayor precipitación. Teniendo en cuenta que *M. citricolor* produce ácido oxálico, se han probado diferentes formulaciones de cal, con el fin de neutralizar dicho ácido. Con los resultados obtenidos, la industria de agroquímicos formuló un fungicida protector basado en carbonato de calcio, el cual está suspendido en aceite mineral tipo parafínico, permitiendo una mejor adherencia al tejido. Sin embargo, conviene tener en cuenta que a causa del inóculo residual, parece más recomendable empezar el control de la enfermedad a inicios de la época lluviosa con un fungicida sistémico, para luego continuar con fungicidas

protectores. Waller (1997), menciona que los fungicidas triazoles son efectivos en el control de la enfermedad y dentro de éstos, el cyproconazol ha mostrado una alta efectividad en países como Costa Rica. También afirma que la aplicación con hidróxido de calcio es efectiva para reducir los síntomas de esta enfermedad por la neutralización que ejerce el fungicida sobre el ácido oxálico.

En Guatemala, Campos (2010), sostiene que la eficiencia del control químico se fundamenta en los resultados del muestreo de la enfermedad en el campo, realizando las aplicaciones en la época oportuna, con menor inóculo residual, y fundamentalmente teniendo en cuenta la información pluviométrica. En este sentido, han obtenido buenos resultados en el control químico de la enfermedad, mostrando diferencias con las plantas no tratadas aplicando cyproconazol (Alto 100 SL) a la dosis de 440 cm³ de producto comercial por hectárea, realizando cuatro aplicaciones, con intervalos de 20 días en las primeras aplicaciones y de 45 días en las últimas.

Las aplicaciones se realizaron teniendo en cuenta la curva epidemiológica de la enfermedad. En Costa Rica, en varias regiones cafeteras, existen dificultades por parte de los caficultores para el manejo del ojo de gallo. En este país, se han realizado y se continúan los estudios sobre el control químico de esta enfermedad, encontrando que el fungicida cyproconazole (Atemi 10 SL) ha sido el más efectivo (2 cm³/L de agua), realizando aplicaciones con niveles de infección por debajo del 10%. Este producto, en ocasiones lo potencian aplicándolo con un fungicida bactericida, cuyo ingrediente activo es la

validamicina A (Validacin 3% SL), utilizando 5 cm³/L de agua. Se recomienda que las aplicaciones de fungicidas contra gotera se realicen 15 días antes del inicio de las lluvias, con el fin de eliminar parte del inóculo residual existente y de proteger el follaje contra las nuevas infecciones (Orozco, 2010).

4. Importancia de las enfermedades a evaluar

La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk y Br) provoca los daños más graves a la producción de café en todas las zonas en las que se le cultiva, esto debido a que en ataques severos aparecen pústulas en el envés de las hojas, ocasionando que los cafetos se debiliten, sufriendo posteriormente fuertes defoliaciones, lo que ocasiona una disminución drástica de la tasa fotosintética provocando que la producción se reduzca considerablemente, siendo en ocasiones esta, nula (Regalado y Villanueva, 1990).

Aunado a lo anterior, la mancha ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curtis) es otra de las enfermedades que más afectan el cultivo del cafeto, ocasionando manchas en las hojas de la planta, las cuales según su número harán variar la intensidad del ataque, provocando en ataques severos defoliaciones así como un fuerte debilitamiento de los cafetos, lo que representa una reducción de la producción en futuras cosechas, que puede repercutir hasta en un 70% de pérdidas. (Regalado y Villanueva, 1990).

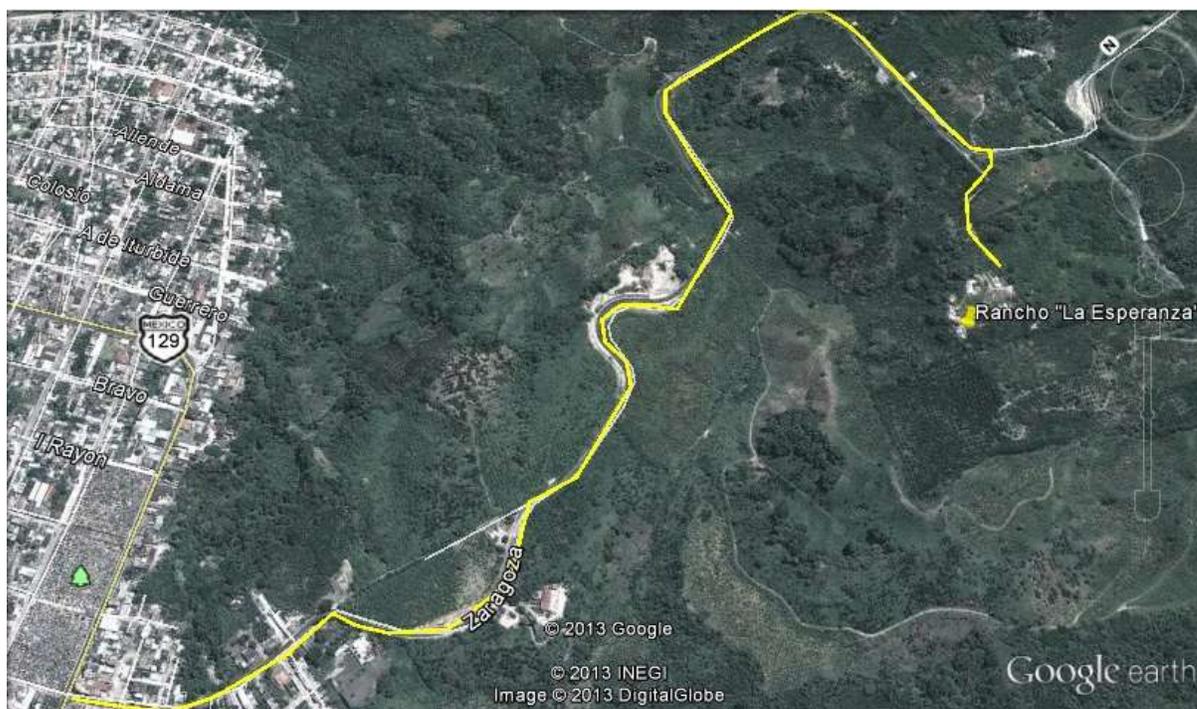
5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del sitio experimental

El sitio del experimento se ubicó en el municipio de Atzalan, el cual se encuentra en la zona centro del estado de Veracruz, entre las coordenadas 19° 47' latitud norte y 97° 14' longitud oeste, a una altura de 1,660 metros sobre el nivel del mar, limitando al norte con Martínez de la Torre, al este con Misantla, al sureste con Tenochtitlán, al sur con Altotonga, al suroeste con Jalacingo y al noroeste con Tlapacoyan. Su distancia aproximada por carretera a la capital del estado es de 75 Km. Su clima es templado-húmedo-regular con una temperatura promedio de 16.2 °C, su precipitación pluvial media anual es de 2,245.5 mm. (<http://www.e-local.gob.mx>, 2013).

Dicho experimento se llevó a cabo en un lote comercial de cafeto variedad Garnica en etapa de fructificación y cosecha, en el Rancho La Esperanza, ubicado en el municipio de Atzalan, Veracruz, a una altitud de 1,670 msnm, entre las coordenadas 19°55'56.56"N y 97° 9'59.76"O.

Figura 1. Croquis de ubicación del área de estudio.



5.2. Información técnica de los productos

TIMOREX GOLD®

Ingrediente Activo: Aceite del Árbol de Té. (*Melaleuca alternifolia*)

Nombre Químico: No listado

Nombre Comercial: Timorex Gold

Grupo Químico: Fungicida biológico

Formulación: Concentrado emulsionable.

Concentración: 23.8 % equivalente a 222.5 g de I.A./L.

CUPRAVIT®

Ingrediente Activo: Oxiclورو de cobre

Nombre Químico: Oxicloruro de cobre

Nombre Comercial: Cupravit

Grupo Químico: Sales inorgánicas de cobre

Formulación: Polvo humectable

Concentración: No menos del 85%, equivalente a 500 g de I.A./kg.

ALTO 100 SL®

Ingrediente Activo: Cyproconazol

Nombre Químico: Cyproconazol:2 -(4-cloro-fenil)-3-ciclopropil-1-[1,2,4] triazol-1-il butano-2-ol

Nombre Comercial: Alto 100 SL

Grupo Químico: Triazoles

Formulación: Concentrado soluble

Concentración: 8.9%, equivalente a 100 g de I.A. / L. de Cyproconazol

5.3. Cultivo, variedad y estado fenológico

Cafeto (*Coffea arábica*), variedad Garnica, en producción.

5.4. Enfermedades contra las que se evaluó el producto Timorex Gold®

Roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br) y Ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curtis).

5.5. Identificación de material vegetativo con síntomas

Previo a la aplicación de los tratamientos, se realizó un muestreo en cada una

de las unidades experimentales, de las que se tomaron muestras representativas las cuales presentaban claros síntomas de Roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br) (Figura 2) y Ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y C.) (Figura 3).



Figura 2. Síntomas de roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk y Br).



Figura 3. Síntomas de ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curtis)

5.6. Selección del material vegetativo

La colecta del material se realizó con el fin de corroborar la presencia y densidad del patógeno bajo estudio, para la colecta se llevó a cabo un recorrido por el predio en el que se estableció el experimento muestreando hojas de cada unidad experimental, considerando la toma de muestra de los cuatro puntos cardinales del tercio medio de cada unidad.

El material colectado se envolvió en servilletas de papel absorbente y se colocó en doble bolsa de polietileno con cierre hermético dentro de una hielera de poliestireno expandido con geles congelados, en la cual se trasladó al Laboratorio Integral de Diagnóstico Fitosanitario (GISENA) con clave de aprobación SAGARPA: 99-715-001-DF, el cual emitió el informe de resultados de prueba con clave de identificación GISF14-00001, (Anexo 1).

5.7. Incidencia de la enfermedad

Mediante la escala del Cuadro 4, se evaluó la incidencia de las enfermedades, las cuales se reportaron en los datos del muestreo previo a la aplicación de los tratamientos.

5.8. Pruebas de diagnóstico

Las pruebas de diagnóstico fueron realizadas conforme a las metodologías implementadas y validadas por personal del Laboratorio Integral de Diagnóstico Fitosanitario (GISENA), dichas metodologías se encuentran descritas en el

informe de resultados de prueba con clave de identificación GISF14-00001 (Anexo 1).

5.9. Tratamientos evaluados

La importancia de la selección y uso de Timorex Gold® para el presente trabajo, radica en lograr el control de roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.) y mancha ojo de gallo Br (*Mycena citricolor* Berk y Curt.) en cafeto, ya que este producto es altamente eficiente para el control de otras enfermedades fungosas en otros cultivos. Por otra parte se busca realizar un control eficiente de las enfermedades antes mencionadas sin que se vea afectado el medio ambiente, considerando que Timorex Gold® es un producto biorracional formulado a base de extractos orgánicos.

Con el objeto de evaluar la eficacia de Timorex Gold®, este se utilizara en las evaluaciones a diferentes dosis y en combinación con otro fungicida, además de ser comparado contra un testigo regional utilizado para el control de *Hemileia vastatrix* Berk y Br. Y *Mycena citricolor* Berk y Curt. (Figura 4).

Figura 4. Fungicidas utilizados en la evaluación.



5.10. Diseño y tamaño de la unidad experimental

El experimento se estableció en un diseño de bloques completos aleatorizados (DBCA) con cuatro repeticiones. Conforme a lo establecido en la NOM-032-FITO-1995, la unidad experimental estuvo conformada por 2 árboles, siendo la parcela útil los cuatro puntos cardinales del tercio medio de cada unidad, la aleatorización de los tratamientos se realizó conforme al Cuadro 5, mediante la elaboración del programa descrito en el Anexo 2.

5.11. Número e intervalo entre aplicaciones y método de aplicación

Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron cada 14 días, siendo estas el 13 y 27 de diciembre de 2013, ya que en esta época del año se presentan condiciones óptimas como alta humedad relativa y temperaturas templadas para el desarrollo de las enfermedades antes mencionadas.

Cuadro 5. Distribución de tratamientos mediante aleatorización con el apoyo del programa estadístico SAS V9.0.

BLOQUE	TRATAMIENTOS					
I	5	3	1	4	2	6
II	1	4	2	3	6	5
III	4	3	1	5	6	2
IV	3	5	6	4	1	2

La aplicación de los tratamientos se realizó con una aspersora motorizada marca Arimitzu de 25 L de capacidad, con lanza de 2 boquillas de cono hueco, la cual quedo calibrada a un gasto de 600 lts. De agua ha⁻¹. (Figura 5).



Figura 5. Aplicación de tratamientos con aspersora motorizada.

Los tratamientos utilizados se enlistan en el cuadro 6, en cuanto a la distribución de los tratamientos se realizó como se indica en el cuadro 5.

Cuadro 6. Tratamientos evaluados para el control del roya (*Hemileia vastatrix* Berk) y mancha ojo de gallo Br (*Mycena citricolor* Berk y Curtis) en cafeto.

N°	Producto	Dosis de Aplicación (lt. ha ⁻¹)	I.A. ha ⁻¹ (gr ha ⁻¹)	Volumen de aplicación
1	Timorex Gold [®]	1.0 lt	222.50	Max 600 l ha ⁻¹ .
2	Timorex Gold [®]	1.5 lt	333.75	Max 600 l ha ⁻¹ .
3	Timorex Gold [®]	2.0 lt	445.00	Max 600 l ha ⁻¹ .
4	Timorex Gold [®] + Cupravit [®]	1.0Lt + 200gr/100 litros de agua	222.5 + 100/100 lt	Max 600 l ha ⁻¹ .
5	Alto 100 SL [®]	0.5 lt	50	Max 600 l ha ⁻¹ .
6	Testigo sin aplicar	----	----	----

5.12. Método de la evaluación

El día de la instalación del ensayo se llevó a cabo una evaluación previa a realizar la primer aplicación de los tratamientos, registrándose una infección promedio de 66.92% para el agente causal *Hemileia vastatrix* Berk y Br y de 43.03% para *Mycena citricolor* Berk y Curtis. (Anexo 3 y 4), posteriormente se realizaron 2 evaluaciones 14 días después de cada aplicación.

Las evaluaciones, se realizaron con el uso de la escala del cuadro 4 y la figura 6. Para cada evaluación se tomaron 16 hojas de cada unidad experimental, tomando 4 hojas al azar de cada uno de los puntos cardinales de cada unidad para evaluar los daños en los folíolos.

Cuadro 4. Escala para evaluación del daño de roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.) y ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curt.) del cafeto en la finca La Esperanza, ubicada en el municipio de Atzalan, Veracruz (SINAVEF, 2013).

Índice	Hojas (% de daño)
0	Hoja sano sin síntomas visibles
1	1-5 % de área afectada
2	6-20 % de área afectada
3	21-50 % de área afectada
4	> 50% de área afectada

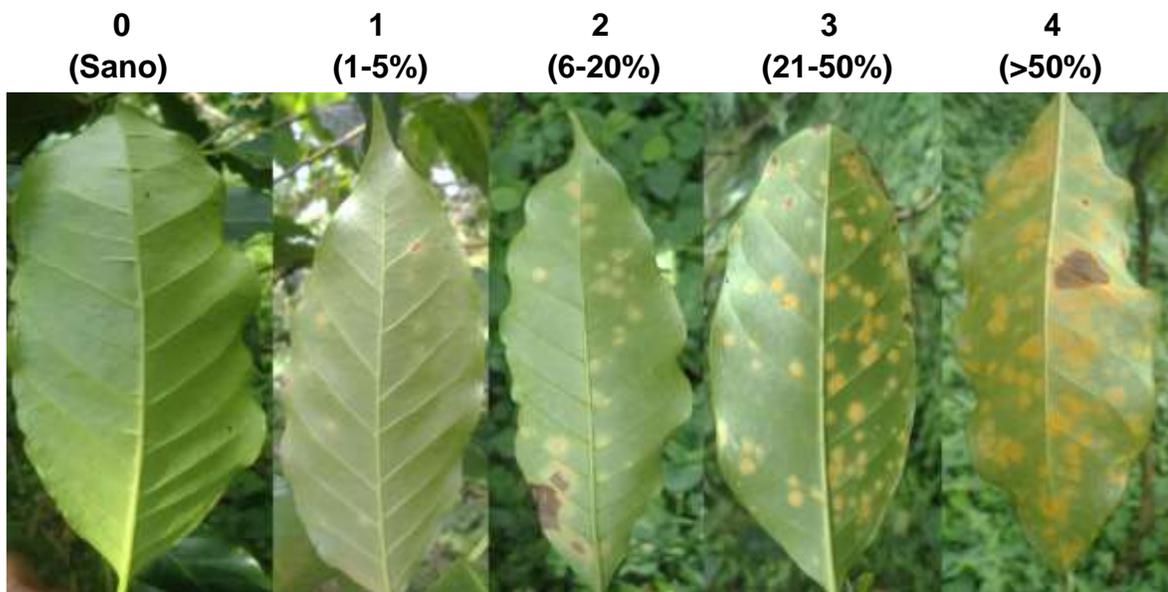


Figura 6. Guía visual para evaluación del nivel de daño de *Hemileia vastatrix* Berk y Br en campo.

5.13. Variables a evaluar

Los datos del grado de infección obtenidos en campo se transformaron a porcentaje de infección empleando la fórmula de Townsend y Heuberger.

$$\% I = \sum \frac{n * V}{CM * N} * 100$$

Dónde:

% I = Porcentaje de infección.

n = Numero de hojas por nivel según la escala de daño SINAVEF.

V = Valor numérico de cada nivel según la escala de daño
SINAVEF.

CM = Categoría mayor de la escala.

N = Número total de hojas en la muestra.

5.14. Análisis de datos

A los porcentajes de infección se les aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey con un $\alpha=0.05$ con el paquete de análisis estadístico SAS® para poder establecer diferencias entre los tratamientos evaluados.

5.15. Evaluaciones de la eficacia

A partir de los datos del porcentaje de infección obtenidos, se calcularon los porcentajes de eficacia de control por medio de la fórmula de Abbott (1925).

$$\% Ef = \frac{Cd - Td}{Cd} * 100$$

Donde:

$\% Ef$ = Eficacia biológica.

Cd = Infección en parcela testigo después de la aplicación.

Td = Infección en parcela tratada después de la aplicación.

5.16. Fitotoxicidad

Por otra parte se efectuó una evaluación de los posibles efectos de fitotoxicidad que pudiesen ocasionar los productos involucrados en la evaluación mediante la escala de la European Weed Research Society (EWRS) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Escala de puntuación EWRS para evaluar el efecto fitotóxico en el estudio de evaluación de la eficacia biológica de Timorex Gold® para el control de *Hemileia vastatrix* Berk y Br. y *Mycena citricolor* Berk y Curt. en Atzálan, Veracruz, 2013.

Valor	Efecto sobre el cultivo	% de Fitotoxicidad al cultivo
1	Sin efecto	0.0 - 1.0
2	Síntomas muy ligeros	1.0 - 3.5
3	Síntomas ligeros	3.5 - 7.0
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento	7.0 – 12.5
5	Daño medio	12.5 – 20.0

6	Daños elevados	20.0 – 30.0
7	Daños muy elevados	30.0 – 50.0
8	Daños severos	50.0 – 99.0
9	Muerte completa	99.0 – 100.0

5.17. Calendario de actividades

Las actividades realizadas durante la presente investigación, se planearon en fechas que fuesen óptimas para que hubiese presencia de las enfermedades involucradas, para lo cual se programaron tal y como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Calendario de actividades.

Actividad	Fecha
Evaluación preliminar y primera aplicación.	13 de diciembre de 2013
Segunda evaluación, segunda aplicación y verificación del estudio de evaluación de la efectividad biológica de Timorex Gold®.	27 de diciembre de 2013
Evaluación final.	10 de enero de 2014

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Pre evaluación

Antes de la aplicación de los tratamientos se realizó una evaluación para determinar la infección de *Hemileia vastatrix* Berk y Br. y *Mycena citricolor* Berk y Curtis, estimándose que los porcentajes de infección del hongo estaban distribuidos homogéneamente en todos los tratamientos. El inicio de las aplicaciones fue cuando se tenía una media de infección de 66.92% *Hemileia vastatrix* Berk y Br. (Anexo 3) y de 43.03% para *Mycena citricolor* Berk y Curtis (Anexo 4).

6.2. Primera evaluación para roya (*Hemileia vastatrix* Berk)

Al realizar el ANOVA (Anexo 5) con los datos obtenidos en esta evaluación se encontró que existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, por lo que en la prueba de Tukey (Cuadro 9) se muestra que el producto Timorex Gold® a las dosis 1.0, 1.5, 2.0 lt ha⁻¹ y a 1.0 lt ha⁻¹ + Cupravit®, así como el producto Alto 100 SL® a una dosis de 0.5 lt ha⁻¹ se encuentran dentro del mismo grupo “B”, a diferencia del tratamiento 6 (testigo) el cual quedó dentro del grupo “A” por poseer la media de infección más alta, misma que tiene una diferencia significativa con el resto de los tratamientos.

Por lo anterior, el producto Timorex Gold® a las dosis 1.0, 1.5, 2.0 lt ha⁻¹ y a 1.0 lt ha⁻¹ + Cupravit®, así como el producto Alto 100 SL® a una dosis de 0.5 lt ha⁻¹ muestran efecto de control sobre *Hemileia vastatrix* Berk, puesto que de

manera empírica al realizar la pre evaluación se encontró una incidencia promedio de 66.92%, la cual disminuyó a 41.01, 37.5, 27.34, 30.85 y 36.32% para los tratamientos antes mencionados respectivamente después de la primera aplicación.

Los resultados obtenidos respecto a la eficacia de control pueden considerarse buenos, ya que la incidencia inicial de la enfermedad era alta. Respecto al producto Timorex Gold® en su dosis más alta presentó un mejor control que el producto Alto 100 SL® quizá siendo resultado de que Alto 100 SL® tiene efecto sistémico, por lo que la infección que ya se encontraba establecida no fue detenida rápidamente.

Cuadro 9. Comparación de medias del porcentaje de infección de *Hemileia vastatrix* Berk en hojas de café en la primera evaluación, Atzalan, 2013.

Tratamientos	Dosis P.F ha. ⁻¹	% infección	Agrupación	% Eficacia
		(media)	Tukey ($\alpha=0.05$)	Abbott
6. Testigo	-----	83.59	A	0
1. Timorex Gold®	1.00 L	41.01	B*	50.93
2. Timorex Gold®	1.50 L	37.50	B	55.14
5. Alto 100 SL®	0.50 L	36.32	B	56.54
4. Timorex Gold®	1 L + 200 gr./100	30.85	B	63.08
+ Cupravit®	L de agua			
3. Timorex Gold®	2.0 L	27.34	B	67.28

P.F. ha⁻¹: Producto Formulado por hectárea.

**Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.*

6.3. Segunda evaluación para roya (*Hemileia vastatrix* Berk)

Sin duda alguna, al menos bajo las condiciones ambientales en las que se llevó a cabo el presente estudio (Anexo 6) las cuales fueron óptimas para el desarrollo de los patógenos, los fungicidas utilizados tuvieron un efecto muy bueno para controlar *Hemileia vastatrix* Berk y Br. Todo ello a pesar del grado de avance de la infección con la que se comenzó el estudio.

Al realizar el ANOVA (Anexo 7), los resultados obtenidos indicaron que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, lo cual se puede interpretar con la agrupación generada mediante la prueba de Tukey (Cuadro 10), demostrando que no hay diferencia mínima significativa entre los tratamientos agrupados en la letra D, siendo estos Timorex Gold® a una dosis de 2.0 lt ha⁻¹ y Alto 100 SL® a una dosis de 0.5 lt ha⁻¹, teniendo así estos los mejores resultados de eficacia biológica contra *Hemileia vastatrix* Berk con niveles de control del 95.57 y 92.03% respectivamente, en comparación con el tratamiento de Timorex Gold® a una dosis de 1.0 lt ha⁻¹ + 200 gr/100 lt de agua de Cupravit®, el cual queda en un punto intermedio controlando un 84.95% de la infección compartiendo la agrupación C y D, lo cual indica que tuvo un buen control de la enfermedad sin disminuir de un 80%, y por último dentro de los grupos B y C el producto Timorex Gold® a dosis de 1.0 y 1.5 lt respectivamente,

mismas dosis que tuvieron un efecto de control bajo a lo largo de la realización del estudio.

Cuadro 10. Comparación de medias del porcentaje de infección de *Hemileia vastatrix* Berk y Br. En hojas de cafeto en la segunda evaluación, Atzalan, 2013.

Tratamientos	Dosis P.F ha. ⁻¹	%	Agrupación	% Eficacia
		infección (media)	Tukey ($\alpha=0.05$)	Abbott
6. Testigo	-----	88.28	A	0
1. Timorex Gold [®]	1.00 L	30.86	B	65.04
2. Timorex Gold [®]	1.50 L	18.36	C	79.20
4. Timorex Gold [®] + Cupravit [®]	1 L + 200 gr./100 L de agua	13.28	CD	84.95
5. Alto 100 SL [®]	0.50 L	7.03	D*	92.03
3. Timorex Gold [®]	2.0 L	3.90	D	95.57

P.F. ha⁻¹: Producto Formulado por hectárea.

**Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.*

6.4. Primera evaluación para ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curt.)

Con los datos colectados en el experimento se realizó el ANOVA (Anexo 8), en el cual se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, demostrándose mediante la agrupación Tukey (Cuadro 11) que los tratamientos de Timorex Gold[®] a dosis de 1.5, 2.0 lt ha⁻¹ y 1.0 lt + 200 gr/100 lt de agua, así como el tratamiento de Alto 100 SL[®] a 0.50 lt ha⁻¹ agrupados dentro de la letra “C”, muestran que son los que tienen un mejor control sobre la enfermedad,

teniendo un menor efecto el tratamiento de Timorex Gold® a una dosis de 1.0 lt ha⁻¹, el cual fue agrupado en la letra “B”, a pesar de que los tratamientos agrupados en la letra “C” mostraron un nivel de eficacia baja, se puede concluir que estos muestran un nivel bajo de control debido a que el nivel de infección inicial fue alto, pudiendo observarse en el porcentaje de infección del testigo, el cual al no ser tratado con ningún producto sigue con un nivel de infección creciente, viéndose favorecido por las condiciones climatológicas, las cuales favorecen al desarrollo óptimo de la enfermedad.

Cuadro 11. Comparación de medias del porcentaje de infección de *Mycena citricolor* Berk y Curt. en hojas de cafeto en la primera evaluación, Atzalan, 2013.

Tratamientos	Dosis P.F ha. ⁻¹	% infección	Agrupación	% Eficacia
		(media)	Tukey ($\alpha=0.05$)	Abbott
6. Testigo	-----	66.8	A	0
1. Timorex Gold®	1.00 L	39.84	B	40.35
5. Alto 100 SL®	0.50 L	25.00	C*	62.57
2. Timorex Gold®	1.50 L	24.22	C	63.74
4. Timorex Gold® + Cupravit®	1 L + 200 gr./100 L de agua	21.88	C	67.25
3. Timorex Gold®	2.0 L	17.97	C	73.09

P.F. ha⁻¹: Producto Formulado por hectárea.

**Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.*

6.5. Segunda evaluación para ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk y Curt.)

Una vez realizado el ANOVA (Anexo 9) para los datos colectados en la segunda evaluación del experimento concerniente a *Mycena citricolor* Berk y Curt. se muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos, por otra parte en el agrupamiento de Tukey (Cuadro 12), se indica que los mejores tratamientos fueron aquellos en los que se aplicó algún fungicida, siendo esto demostrado mediante un agrupamiento diferente al del testigo. Después de la aplicación de los fungicidas se puede observar un buen control de la enfermedad, confirmándose así en comparación contra el porcentaje de infección del testigo, el cual fue en incremento durante el desarrollo del experimento, esto debido a que las condiciones climatológicas favorecieron a un ambiente óptimo para el desarrollo de la enfermedad.

A pesar de que los tratamientos Timorex Gold® a dosis de 1.5, 2.0 lt ha⁻¹ y 1.0 lt + 200 gr de Cupravit/100 lt de agua y Alto 100 SL® a 0.50 lt ha⁻¹ resultaron dentro del mismo grupo “C”, solo Timorex Gold® a dosis de 2.0 lt ha⁻¹, 1.0 lt + 200 gr de Cupravit/100 lt de agua y Alto 100 SL® a 0.50 lt ha⁻¹ mostraron una eficacia de control superior al 90%, por lo que cualquiera de estos tres tratamientos puede ser usado esperando un control no menor al 90%, sin embargo apegado al resultado de la eficacia de Abbott, el tratamiento de Timorex Gold® a dosis de 2.0 lt ha⁻¹, es el que demuestra el mayor porcentaje de control sobre *Mycena citricolor* Berk y Curt. en cafeto.

Cuadro 12. Comparación de medias del porcentaje de infección de *Mycena citricolor* Berk y Curt. en hojas de cafeto en la segunda evaluación, Atzalan, 2013.

Tratamientos	Dosis P.F ha. ⁻¹	% infección	Agrupación	% Eficacia
		(media)	Tukey ($\alpha=0.05$)	Abbott
6. Testigo	-----	80.08	A	0
1. Timorex Gold®	1.00 L	22.66	B	71.70
2. Timorex Gold®	1.50 L	10.55	C*	86.82
4. Timorex Gold®	1 L + 200			
+ Cupravit®	gr./100 L de agua	7.81	C	90.24
5. Alto 100 SL®	0.5 L	6.25	C	92.19
3. Timorex Gold®	2.0 L	3.12	C	96.09

P.F. ha⁻¹: Producto Formulado por hectárea.

**Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.*

6.6. Resultados generales

Durante el transcurso del experimento, la infección en el testigo fue en aumento, dado que al inicio del presente trabajo la infección era del 67.57% para roya y de 43.35% para ojo de gallo, mientras que al término del trabajo el porcentaje de infección se elevó a 88.28% y 80.08 para roya y ojo de gallo respectivamente, por lo que con estos indicadores se puede corroborar con los

datos climatológicos colectados que se dieron condiciones idóneas para un buen desarrollo de los patógenos antes mencionados.

Por otra parte y tomando de referencia los porcentajes anteriores, se puede concluir que los fungicidas evaluados tienen buen control sobre el patógeno, puesto que en las unidades experimentales que se aplicaron los tratamientos, no hubo incremento de las enfermedades por lo que se puede comentar que todos los fungicidas aplicados tuvieron buen control sobre las enfermedades en cuestión, aunque hay que considerar que este nivel de control se vio afectado según las diferentes dosis para el caso de Timorex Gold®.

7. CONCLUSIONES

Después de los análisis realizados con base a la información colectada se concluye lo siguiente:

- I. El fungicida Timorex Gold® solo o en combinación con Cupravit®, así como el fungicida Alto 100 SL®, presentaron protección y control sobre las enfermedades causantes de la roya del cafeto y ojo de gallo (*Hemileia vastatrix* Berk y *Mycena citricolor* Berk y Curt.) aun en las diferentes dosis en las que se aplicaron, lo cual se puede corroborar con los ANOVA, los cuales demuestran que hubo diferencia significativa con al menos uno de los tratamientos.

- II. De las dosis evaluadas de Timorex Gold® para el control de *Hemileia vastatrix* Berk la más eficaz fue la de 2.0 lt ha⁻¹ ya que mostró el mayor porcentaje de eficacia, sin embargo los tratamientos de dosis baja y media de Timorex Gold® correspondientes a las dosis de 1.0 y 1.5 lt ha⁻¹ poseen un nivel de eficacia de 65.04 y 79.20 % respectivamente, para lo cual si se considera que los niveles de infección inicial fueron altos y el producto en mención es un producto biorracional, se puede concluir que el producto tuvo un efecto inversamente proporcional o supresivo sobre la

enfermedad, por lo cual las dosis baja y media pueden ser aplicadas de manera preventiva o incluso cuando los niveles de la infección sean bajos.

III. Respecto a las dosis evaluadas de Timorex Gold® para el control de *Mycena citricolor* Berk y Curtis la que mostro un control más eficaz fue la de 2.0 lt ha⁻¹, sin embargo el tratamiento de Timorex Gold® a una dosis de 1.0 lt ha⁻¹ + 200 gr de Cupravit/100 lt de agua, también mostro un buen índice de control sobre la enfermedad. El tratamiento de Timorex Gold® a dosis de 2.0 lt ha⁻¹ pertenece al mismo grupo estadístico “C” que el tratamiento a una dosis de 1.5 lt ha⁻¹, por lo que se considera que este último tratamiento y el de Timorex Gold® a una dosis de 1.0 lt ha⁻¹ tuvieron un nivel de eficacia bueno, siendo para estos 86.82 y 71.7 % respectivamente, pudiéndose concluir que por tratarse de un producto a base de un extracto vegetal, este puede aplicarse de manera preventiva para el control de *Mycena citricolor* Berk y Curtis, ya que de manera empírica mostro en campo efecto supresivo y de control de la enfermedad aun en condiciones de infección alta.

IV. El fungicida Alto 100 SL® a una dosis de 0.50 lt ha⁻¹ también fue bueno para el control de *Hemileia vastatrix* Berk y Br. y *Mycena citricolor* Berk y Curtis en el cultivo de café.

8. LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18:265-267.
- Agrios G. N. 1986. Plant Pathology, Second edition. p. 484-486.
Agroindustriales/Impactos%20Caf%C3%A9.pdf
- Alejo L. 2000. Impacto del daño ocasionado por la broca de café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en el beneficio húmedo de la región de Huatusco, Veracruz. Tesis de licenciatura. Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Alvarado, S.M., y G. Rojas. 1994. El cultivo y beneficiado del café. Editorial Universidad a Distancia San José Costa Rica. 85p.
- Avelino, J.; Cabut, S.; [et al.] Topography and crop management are key factors for the development of american leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathology* 97(12):1532-1542. 2007.

- Barrientos M. E., 1990. Ecología del cafeto. Publicado en El Cultivo del Cafeto en México. INMECAFE. P. 29-31.
- Barriga O., R. Ensayo comparativo de fungicidas para el control de la Gotera del cafeto, *Mycena citricolor* (Bert & Curt) Sacc. Agricultura tropical 13(3):191-196. 1957.
- Bertrand, B.; Repidel, B. Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San José: IICA : PROMECAFE : CIRAD, 1999. 496 p.
- CAB International 2014. Crop Protection Compendium, 2011 Edition. Wallingford, UK: CAB International. En línea: <http://www.cabi.org/cpc>. Fecha de consulta: 03 de diciembre de 2014.
- Calvo S.; Vargas E. Efecto de diferentes adherentes y Formulaciones de una bacteria parasítica en el combate del Ojo de Gallo *Mycena citricolor* (Berk & Curt) Sacc. en el cafeto.
- Campos, A.O. Manejo integrado del Ojo de gallo *Mycena citricolor*. P 4-5. El cafetal: La revista del caficultor. 2010. 31 p
- Caolotanski, J.M., Hanson, L.E., Hill, A.L., Hill, J.P. (2002). Use of *Melaleuca alternifolia* oil for plant disease control. Phytopathology. 92 p.

- Carbajal J. R. 1972. Cafeto cultivo y fertilización. *Instituto Internacional de la Potasa*. Gebr. Fretz. A. G. Zurich, Suiza. 141 pág.
- Carson CF, Hammer KA, Riley TV (2006). *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. *Clin Microbiol Rev.* 19: 50–62.
- Castaño A., J.J. 1951 Principales causas predisponentes para la enfermedad de la “Gotera” en nuestros cafetales. *Revista cafetera de Colombia* 122 p.
- Castillo F., R. 1998. Situación actual y acciones para el combate de la broca del café en México. *En: J. F. Barrera, A. A. Guerra, J.J. Menn y P. S. Baker* (eds.), *II Reunión Intercontinental sobre broca del café*. Tapachula, Chiapas, México, 23 pp.
- Castillo M. E., 2005. Elementos de muestreo de poblaciones. Segunda Edición. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de Méx.
- Castro T., A.M.; Rivillas O., C.A. Antagonismo “in vitro” de *Trichoderma*

harzianum sobre hongos patógenos de café. En: CENICAFÉ. Informe anual de actividades. Chinchiná: CENICAFÉ, 2006.

- CEFP. (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas). 2001. El mercado del café en México. Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión. Clave de proyecto: CEFP/054/2001
- CENICAFE. 2008. Historia de la cafecultura en América. Consultado en línea en <http://www.cenicafe.org/index.php?menuid=3>
- CENICAFE. 2011. Ojo de gallo o gotera del cafeto *Omphalia flavida*. Centro Nacional de Investigación de Café (CENICAFE). Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Champion, G. T. 2000. Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G. M. Trials. AICC Newsletter, December, 2000, 7.
- Colegio de Postgraduados. Tópicos Selectos de Estadística Aplicados a la Fitosanidad. Primera edición 2009.
- Costa Rica, 1984. Curso fundamentos de la cafecultura moderna. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*, Turrialba, Costa Rica, 47 pp.

- Costa Rica, 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo de café. Editor Sánchez Vindos. 6ª. Del Instituto de café de Costa Rica. MAG. San José Costa Rica 121 pp.
- Cristancho, M. A., Rozo, Y., Escobar, Rivillas C., C. A., y Gaitán, A. L. 2012. Outbreak of coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) in Colombia. *New Disease Reports* (2012) 25, 19. [doi:10.5197/j.2044-0588.2012.025.019].
- Crop Protection Compendium (CABI). 2007. © CAB International, Wallingford, UK, 2007. Disponible: <http://www.cabi.org/compendia/cpc/> (Consultada: 17 de enero de 2010).
- De la Iglesia, D., Cascaret, L, 2000. Especies hospedantes de *Mycena citricolor* (Berk., et Curt.) Sacc. en plantaciones de cafeto (*Coffea arabica* L.) Fitosanidad. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209118236004>>ISSN 1562-3009 (Consulta: 11 de agosto de 2014).
- EPPO. 2014. EPPO Plant Protection Thesaurus, *Mycena citricolor*. EPPO Code System (formerly Bayer Code System) Available at <http://eppt.eppo.org/view.php?bcode=MYCECI> (Consulta: Diciembre de 2014).

- Fritz T.M., Burg G. and Krasovec M. (2001). Allergic contact dermatitis to cosmetics containing *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Ann Dermatol Venereol* 128: 123–6.
- Gonzales M., A. 1978. Radio y prensa en la campaña divulgativa contra la roya del cafeto. *Nueva agricultura tropical*. Colombia. 30 (1):7-9.
- Gustafsson JE, Liew YC, Chews S, Markham J, Bell HC, Wyllie SG, Warmington JR 1998. Effects of tea tree oil on *Escherichia coli*. *Lett Appl Microbiol* 26: 194-198.
- Hawksworth, DL; Kirk, PM; Sutton, BC; Pegler, DN. 2008. Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi. 10 ed. US, CMI Kew. 771 p.
- <http://www.e-local.gob.mx>, 2013. (Consulta: Noviembre de 2013)
- Liogier H. A. 1997. Descriptive flora of Puerto Rico and adjacent islands. Vol. 5. Editorial de la Universidad de Puerto Rico. 436 pp.
- Markham L. Julie (1999). Biological activity of tea tree oil In: Tea tree the genus. *Melaleuca* (medicinal and aromatic plant: industrial profiles). Harwood Academic Publisher 2006.

- Mendoza Z. C. 1999. Diagnóstico de enfermedades fungosas. Universidad Autónoma Chapingo. p. 34.
- Molina, J. R. 1955. *Omphalia flavida*; monografía para el curso de Fitopatología. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 13 p.
- Monaco, L. C. 1977. Consequences of the introduction of coffee rust into Brazil. In: PR Day, ed. *The Genetic Basis of Epidemics in Agriculture*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 287:57-71.
- Moreno, R. G. y Alvarado, A. G. 2000. La Variedad Colombia 20 años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de la roya del cafeto. *Cenicafé. Boletín técnico* (22): 1-32.
- Morfín V. A. y G. A. Vizcaíno. 2003. Validación de la variedad de café Oro Azteca en Colima. Memoria de Resúmenes. Congreso Nacional de la Sociedad Nacional de Ciencias Hortícolas. IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultura Internacional. Universidad Autónoma de Chápingo. Dep. de Fitotecnia. 352 pp.
- Nolasco M. 1985. *Café y Sociedad en México*. *Centro de Ecodesarrollo*. Pág.

108-109, 148, 412-413.

- Orozco, E., Figueroa, P. Pacheco, A., Calderón, G. 2011. Manejo Integrado de la Roya del Cafeto. El cafetal.
- Papadopoulos, J. Chelsea, Christine F. Carson, Katherine A. Hamme rand Thomas V. Riley (2006). Susceptibility of Pseudomonads to Melaleuca alternifolia (tea tree) oil and Components. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 58, 449-451.
- Paz, M.H. El Café: Sus enfermedades. Revista cafetalera 143:9-20. 1975.
- Penfold, A. R. & Grant, R. (1925). The germicidal values of some Australian essential oils and their pure constituents. *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales* 59, 346–50.
- Pérez R. 2005. Impacto económico por daño de la broca de café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) en Santiago Choapan, Oaxaca. Tesis de licenciatura. Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma de Chapingo.
- Porras, A.A. Evaluación de la actividad “in vitro” del género *Hypocrea* contra 2 hongos fitopatógenos de importancia agrícola (*Fusarium* sp. y *Mycena*

citricolor). Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2000. 97 p.

- RAO, D.V.; TEWARI, J.P. Production of oxalic acid by *Mycena citricolor*, causal agent of the american leaf spot of coffee. *Phytopathology* 77(6):780-785. 1987.
- Rayner RW, 1961. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* B. & Br.). *Annals of Applied Biology* 49, 497-505.
- Regalado O. A. y Villanueva M. A. Enfermedades del cafeto. Publicado en *El Cultivo del Cafeto en México*. INMECAFE. p. 179-180.
- Renard. M. C. 1993. La comercialización internacional del café. Universidad Autónoma Chapingo. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Ciencias Sociales Núm. 11.
- Rivillas O.C.A., y Castro T.A.M. 2011. Ojo de gallo o gotera del cafeto *Omphalia flavida*. Boletín Técnico CEnicafé No. 37. 24 Pág.
- Rivillas, O. C., Serna, G. C., Cristancho, A. M. y Gaitán, B. A. 2011. La Roya del Cafeto en Colombia (Impacto, manejos y costos del control, resultados de investigación). Centro Nacional de Investigación del Café (Cenicafé).

Chinchiná, Caldas, Colombia. 53 pp.

- SAGARPA, 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-032-FITO-1995, Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico.
- SAGARPA, 2013.
<http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Cultivos%20>.
- Santoyo Cortés V. H., Díaz, C. S. y Rodríguez, P. B. 1995. Sistema Agroindustrial Café en México, diagnostico problemática y alternativas. Universidad Autónoma Chapingo.
- SENASICA. 2013. Roya de cafeto (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome). Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D. F. Ficha Técnica No.49. 9 p.
- SENASICA. 2014. Ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berkeley & Curtis). Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D. F. Ficha Técnica No. 54. 9 p.

- SHCP, 2014. Impactos en el café. Folleto. 7 p.
- SINAVEF. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, 2013. Roya del cafeto. Ficha técnica. SENASICA-SAGARPA.
- Sotomayor, H. I. 1993. Manual del cultivo de café. INIAP-EET-PICHILINGUE, Quevedo, Ecuador. 224 pág.
- The American Phytopathological Society (APS). 2011. Coffee rust (*Hemileia vastatrix*). Consultado en línea el 25 de enero de 2014: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Basidiomycetes/Pages/CoffeeRust.aspx>
- Vargas, E. Interacción de tratamiento biológico y químico en el combate del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cafeto. *Agronomía costarricense* 8(2):91-97. 1984.
- Villaseñor L. A. 1987. Caficultura Moderna en México. Primera edición. p. 214.
- Waller, J. M., M. Bigger y R. J. Hillocks. 2007. *Coffee Pests, Diseases and Their Management*. Cabi International Series. 434 p.

- Waller, J.M.; Bigger, M.; Hillocks, R.J. American leaf spot. p 192-194 En: Waller, J.M.; Bigger, M.; Hillocks, R.J. Coffee pest, diseases and their management. Wallingford. Oxfordshire. CAB Internacional, 2007.434 p.
- Wang, A.; Avelino, J. El ojo de gallo del cafeto (*Mycena citricolor*). p 243-260.

APÉNDICE

ANEXO 1

```
/* Aleatorizacion del Diseño de Bloques Completos de la
Prueba de Efectividad Biologica de Timorex Gold */
options ps=500 ls=80 nodate;
Title1 'Diseno en Bloques Completos Aleatorizados';
Title2 " ";
Title3 'Aleatorizacion mediante el programa SAS';
proc plan
Seed=123456;
factors
Bloque=4 ordered Tratamientos=6;
run;
```

ANEXO 2

```
/* Analisis Estadístico de los datos obtenidos del Experimento de la Prueba de Efectividad Biológica de Timorex Gold */
```

```
options ps=500 ls=80 nodate;
```

```
data EVALUACION;
```

```
input bloque trat PrimEvalRoya SegEvalRoya PrimEvalOGall SegEvalOGall @@;
```

```
datalines;
```

1	1	42.1875	31.25	46.875	23.4375
1	2	51.5625	20.3125	23.4375	15.625
1	3	32.8125	6.25	15.625	1.5625
1	4	39.0625	17.1875	20.3125	12.5
1	5	39.0625	12.5	21.875	7.8125
1	6	79.6875	87.5	68.75	78.125
2	1	48.4375	35.9375	45.3125	29.6875
2	2	34.375	14.0625	18.75	9.375
2	3	18.75	1.5625	17.1875	3.125
2	4	32.8125	15.625	23.4375	4.6875
2	5	50	7.8125	26.5625	7.8125
2	6	82.8125	84.375	64.0625	85.9375
3	1	40.625	34.375	34.375	15.625
3	2	37.5	15.625	28.125	10.9375
3	3	31.25	3.125	18.75	4.6875
3	4	35.9375	12.5	26.5625	6.25
3	5	34.375	3.125	26.5625	7.8125
3	6	84.375	89.0625	64.0625	79.6875
4	1	32.8125	21.875	32.8125	21.875
4	2	26.5625	23.4375	26.5625	6.25
4	3	26.5625	4.6875	20.3125	3.125
4	4	15.625	7.8125	17.1875	7.8125
4	5	21.875	4.6875	25	1.5625
4	6	87.5	92.1875	70.3125	76.5625

```
;
```

```
Title1 " PRIMERA EVALUACION 7DD1A ROYA";
```

```
proc GLM ;
```

```
class bloque trat;
```

```
model PrimEvalRoya = bloque trat/ SS4;
```

```
means trat / tukey lines ;
```

```
run;
```

```
Title1 " SEGUNDA EVALUACION 14DD1A ROYA";
```

```
proc GLM ;
```

```
class bloque trat;
```

```
model SegEvalRoya = bloque trat/ SS4;
```

```
means trat / tukey lines ;
```

```
run;
```

```
Title1 " PRIMERA EVALUACION 7DD1A OGALL";
```

```
proc GLM ;
```

```
class bloque trat;
```

```
model PrimEvalOGall = bloque trat/ SS4;
```

```
means trat / tukey lines ;
```

```
run;
```

```
Title1 " SEGUNDA EVALUACION 14DD1A OGALL";
```

```
proc GLM ;
```

```
class bloque trat;
```

```
model SegEvalOGall = bloque trat/ SS4;
```

```
means trat / tukey lines ;
```

```
run;
```

ANEXO 3

EVALUACIÓN DE DAÑO DE ROYA EN CAFÉ PREVIO A LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS
13 DE DICIEMBRE DE 2013

TRAT BLOQUE	ESCALA DE DAÑO EN HOJAS (SINAVEF)				Total de Hojas	n° V				% Infección Σ n°V/CM*N	% Σ 4 Repet	MEDIA DE INFECCIÓN %
	0 0%	I 1- 5%	II 6- 20%	III 21- 50%		IV >50%	0	I	II			
1	1	2	5	3	16	0	2	10	15	12	60.9375	248.438
1	1	1	3	5	16	0	1	6	18	20	70.3125	
1	2	3	5	3	16	0	3	10	9	12	53.125	
1	4	0	3	5	16	0	4	6	15	16	64.0625	
2	1	0	1	2	16	0	1	4	18	28	79.6875	278.125
2	2	2	4	4	16	0	2	8	12	16	59.375	
2	3	0	1	6	16	0	1	12	12	20	70.3125	
2	4	0	3	5	16	0	3	6	15	20	68.75	
3	1	2	1	3	16	0	1	6	12	24	67.1875	264.063
3	2	3	1	1	16	0	1	2	18	20	64.0625	
3	3	1	1	2	16	0	1	4	9	36	78.125	
3	4	1	3	4	16	0	1	6	12	16	54.6875	
4	1	0	3	3	16	0	3	6	9	28	71.875	276.563
4	2	1	5	2	16	0	1	10	6	28	70.3125	
4	3	1	1	2	16	0	1	8	6	32	73.4375	
4	4	2	3	4	16	0	3	4	12	20	60.9375	
5	1	2	3	1	16	0	2	6	3	36	73.4375	268.75
5	2	1	1	5	16	0	2	2	15	28	73.4375	
5	3	4	2	4	16	0	2	4	12	16	53.125	
5	4	1	3	7	16	0	1	6	21	16	68.75	
6	1	2	1	2	16	0	1	4	15	24	68.75	270.313
6	2	1	3	3	16	0	2	6	9	28	70.3125	
6	3	1	1	4	16	0	1	2	12	28	67.1875	
6	4	3	2	0	16	0	2	0	15	24	64.0625	

ANEXO 4

EVALUACIÓN DE DAÑO DE OJO DE GALLO EN CAFÉ PREVIO A LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS
13 DE DICIEMBRE DE 2013

TRAT BLOQUE	ESCALA DE DAÑO EN HOJAS (SINAVEF)										Total de Hojas	% Infección $\Sigma n^*V/CM*N$	% $\Sigma 4\text{ Repet}$	% MEDIA DE INFECCION			
	0 0%	I 1-5%	II 6-20%	III 21-50%	IV >50%	n * V				IV							
1	1	7	6	2	0	0	0	0	0	0	7	12	6	0	39.0625	170.313	43.0339
1	0	5	6	3	2	0	0	0	0	0	5	12	9	8	53.125		
1	1	5	7	2	1	0	0	0	0	0	5	14	6	4	45.3125		
1	3	8	3	1	1	0	0	0	0	0	8	6	3	4	32.8125		
2	0	6	5	4	1	0	0	0	0	0	6	10	12	4	50	168.75	43.0339
2	2	7	5	2	0	0	0	0	0	0	7	10	6	0	35.9375		
2	3	4	6	1	2	0	0	0	0	0	4	12	3	8	42.1875		
2	3	4	6	2	1	0	0	0	0	0	4	12	6	4	40.625		
3	2	6	4	3	1	0	0	0	0	0	6	8	9	4	42.1875	171.875	43.0339
3	3	3	4	5	1	0	0	0	0	0	3	8	15	4	46.875		
3	3	4	4	3	2	0	0	0	0	0	4	8	9	8	45.3125		
3	4	5	3	3	1	0	0	0	0	0	5	6	9	4	37.5		
4	1	6	5	3	1	0	0	0	0	0	6	10	9	4	45.3125	176.563	43.0339
4	1	4	4	5	2	0	0	0	0	0	4	8	15	8	54.6875		
4	0	7	5	3	1	0	0	0	0	0	7	10	9	4	46.875		
4	4	8	2	1	1	0	0	0	0	0	8	4	3	4	29.6875		
5	1	6	6	2	1	0	0	0	0	0	6	12	6	4	43.75	171.875	43.0339
5	3	5	4	3	1	0	0	0	0	0	5	8	9	4	40.625		
5	1	4	6	4	1	0	0	0	0	0	4	12	12	4	50		
5	4	5	3	3	1	0	0	0	0	0	5	6	9	4	37.5		
6	1	6	5	4	0	0	0	0	0	0	6	10	12	0	43.75	173.438	43.0339
6	2	6	4	3	1	0	0	0	0	0	6	8	9	4	42.1875		
6	4	5	2	3	2	0	0	0	0	0	5	4	9	8	40.625		
6	2	5	4	3	2	0	0	0	0	0	5	8	9	8	46.875		

ANEXO 5

PRIMERA EVALUACION 7DDIA ROYA					
2					
Procedimiento GLM					
Variable dependiente: PrimEvalRoya					
Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	8979.085286	1122.385661	20.18	<.0001
Error	15	834.452311	55.630154		
Total correcto	23	9813.537598			
	R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PrimEvalRoya Media	
	0.914969	17.43737	7.458562	42.77344	
Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	3	504.048665	168.016222	3.02	0.0627
trat	5	8475.036621	1695.007324	30.47	<.0001

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PrimEvalRoya

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	55.63015
Valor crítico del rango estudentizado	4.59474
Diferencia significativa mínima	17.135

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	83.594	4	6
B	41.016	4	1
B	37.500	4	2
B	36.328	4	5
B	30.859	4	4
B	27.344	4	3

ANEXO 6

DATOS CLIMATOLOGICOS DEL SITIO DEL EXPERIMENTO					
FECHA DE TOMA	°F ALTA	°F BAJA	HUMEDAD RELATIVA %	°C ALTA	°C BAJA
13/12/2013	79	59	87	26.1	15.0
14/12/2013	84	59	75	28.9	15.0
15/12/2013	72	61	100	22.2	16.1
16/12/2013	70	52	86	21.1	11.1
17/12/2013	69	46	76	20.6	7.8
18/12/2013	75	61	69	23.9	16.1
19/12/2013	82	63	69	27.8	17.2
20/12/2013	84	61	74	28.9	16.1
21/12/2013	88	66	70	31.1	18.9
22/12/2013	88	66	79	31.1	18.9
23/12/2013	63	61	100	17.2	16.1
24/12/2013	64	57	77	17.8	13.9
25/12/2013	72	57	73	22.2	13.9
26/12/2013	63	59	100	17.2	15.0
27/12/2013	61	57	100	16.1	13.9
28/12/2013	61	59	100	16.1	15.0
29/12/2013	86	61	78	30.0	16.1
30/12/2013	66	59	100	18.9	15.0
31/12/2013	61	55	100	16.1	12.8
01/01/2014	77	59	78	25.0	15.0
02/01/2014	66	57	88	18.9	13.9
03/01/2014	72	52	78	22.2	11.1
04/01/2014	77	55	69	25.0	12.8
05/01/2014	82	57	61	27.8	13.9
06/01/2014	57	50	88	13.9	10.0
07/01/2014	54	45	100	12.2	7.2
08/01/2014	68	52	77	20.0	11.1
09/01/2014	73	59	78	22.8	15.0
10/01/2014	81	64	74	27.2	17.8
MEDIAS	72.2 °F	57.6 °F	82.9 %	22.4 °C	14.2 °C

ANEXO 7

SEGUNDA EVALUACION 14DD1A ROYA

5

Procedimiento GLM

Variable dependiente: SegEvalRoya

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	19901.93685	2487.74211	133.30	<.0001
Error	15	279.94792	18.66319		
Total correcto	23	20181.88477			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	SegEvalRoya Media
0.986129	16.02817	4.320092	26.95313

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	3	41.09701	13.69900	0.73	0.5478
trat	5	19860.83984	3972.16797	212.83	<.0001

SEGUNDA EVALUACION 14DD1A ROYA

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para SegEvalRoya

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	18.66319
Valor crítico del rango estudentizado	4.59474
Diferencia significativa mínima	9.9248

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	88.281	4	6
B	30.859	4	1
C	18.359	4	2
C	13.281	4	4
D	7.031	4	5
D	3.906	4	3

ANEXO 8

PRIMERA EVALUACION 7DD1A OGALL

8

Procedimiento GLM

Variable dependiente: PrimEva10Gall

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	6719.563802	839.945475	40.23	<.0001
Error	15	313.212077	20.880805		
Total correcto	23	7032.775879			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PrimEva10Gall Media
0.955464	14.00964	4.569552	32.61719

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	3	3.560384	1.186795	0.06	0.9815
trat	5	6716.003418	1343.200684	64.33	<.0001

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para PrimEva10Gall

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	20.88081
Valor crítico del rango estudentizado	4.59474
Diferencia significativa mínima	10.498

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	66.797	4	6
B	39.844	4	1
C	25.000	4	5
C	24.219	4	2
C	21.875	4	4
C	17.969	4	3

ANEXO 9

SEGUNDA EVALUACION 14DD1A UGALL

11

Procedimiento GLM

Variable dependiente: SegEva10Gall

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	8	17303.46680	2162.93335	161.41	<.0001
Error	15	201.00911	13.40061		
Total correcto	23	17504.47591			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	SegEva10Gall Media
0.988517	16.83476	3.660684	21.74479

Fuente	DF	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
bloque	3	63.88346	21.29449	1.59	0.2337
trat	5	17239.58333	3447.91667	257.30	<.0001

SEGUNDA EVALUACION 14DD1A OGALL

Procedimiento GLM

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para SegEva10Gall

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alfa	0.05
Error de grados de libertad	15
Error de cuadrado medio	13.40061
Valor crítico del rango estudentizado	4.59474
Diferencia significativa mínima	8.4099

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	80.078	4	6
B	22.656	4	1
C	10.547	4	2
C	7.813	4	4
C	6.250	4	5
C	3.125	4	3