

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ANALISIS MULTIVARIADO DE LA INCIDENCIA DE PROBLEMAS
FITOSANITARIOS EN CAFETALES DE MARCALA LA PAZ, HONDURAS.**

POR:

CARLOS FLORENCIO LIZARDO GÓMEZ

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO.**



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ANALISIS MULTIVARIADO DE LA INCIDENCIA DE PROBLEMAS
FITOSANITARIOS EN CAFETALES DE MARCALA LA PAZ, HONDURAS.**

POR:

CARLOS FLORENCIO LIZARDO GOMEZ

MIGUEL HERNAN SOSA M Sc

Asesor principal

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO
AGRONÓMO.**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A **JESUCRISTO**, Dios todo poderoso, por guiar cada pasó que he dado en mi vida, por estar a mi lado llenando mi corazón con la luz de espíritu y es por ello que he alcanzado cada meta propuesta.

A mis padres **CLAUDIA BARINIA GÓMEZ MEZA** y **CARLOS ARMANDO LIZARDO**, por enseñarme que no existe derrota, por ser mi ejemplo, mi limite ante los excesos, mis amigos, mis maestros terrenales, por tomar mi mano y luchar conmigo ante las situaciones de la vida, por enseñarme que la satisfacción se encuentra en los propios progresos y no en las apreciaciones de los demás.

A mis hermanos **DAYANA, OSLY** y **SCARLETH LIZARDO**, por formar parte de una de las cosas más hermosas que tengo “Mi Familia”, a ellos por su amor y por ser mi motivación.

A toda mi familia en general, porque de una u otra manera contribuyeron a que este logro fuera posible, en especial a mis abuelas **ANGELINA MEZA** y **NELVA TRÓCHEZ**.

A mi novia **XIMENA RAQUEL CALDERON**, a tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor para tí, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de tí, gracias por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS

A mi **DIOS**, por iluminarme y brindarme voluntad. El sacrificio fue grande pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo.

A mis padres **CLAUDIA BARINIA GÓMEZ MEZA** y **CARLOS ARMANDO LIZARDO**, por su orientación y ejemplo, por apoyarme siempre.

A mi abuelo **FRANCISCO LIZARDO**, por ser un excelente ser humano, por enseñarme a que las cosas cuando se hacen con amor y dedicación suelen ser mejor, y aunque está en mejor lugar, su memoria nunca de mi vida será borrada. Dios todo poderoso lo tenga en su gloria.

A mi **FAMILIA**, por entregarme valores que han sido mi base para afrontar la vida con dignidad.

A todos mis amigos sin excluir a ninguno en especial a **JORGE MATUTE, MANUEL REYES, CESAR ESCALANTE, MIGUEL RIVERA, LEONARDO MARTINEZ, SAMUEL ESCOBAR, LIGIA GARRIDO, MAURICIO MENCINAS, SILAS MOISES, FERNANDO GUEVARA, EVER INESTROZA, ALEX HERNANDEZ**, son muchos a los que agradezco su amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de la vida universitaria. Algunos no están aquí pero si en mis recuerdos.

A mi alma mater **UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA** por haberme brindado la oportunidad de pertenecer a esta gran institución y por fortalecer mis bases de desarrollo y crecimiento personal.

A mis asesores de la PPS, a mi asesor principal **M. Sc. MIGUEL HERNÁN SOSA** y asesores secundarios **M. Sc. HÉCTOR ANTONIO DÍAZ** y **M. Sc. RAÚL MUÑOZ** quienes me entregaron a través de su conocimiento y dedicación las herramientas para preparar este camino hacia el mundo profesional y que marcarán un importante precedente en mi formación.

A los técnicos de la cooperativa **COMSA (CAFÉ ORGANICO MARCALA)**, por su apoyo incondicional y conocimientos brindados durante el desarrollo de mi práctica profesional.

Al **INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ (IHCAFE)** por su colaboración, apoyo y amistad brindada durante la ejecución del trabajo, especialmente a los ingenieros: **MARIO ORDOÑEZ, FRANCISCO OSEGUERA, CARLOS PINEDA** y **MARIANO NOLASCO**.

CONTENIDO

	Pág.
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO	v
LISTA DE ANEXOS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. General.....	3
2.2. Específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. El café en Honduras	4
3.2. Aspectos generales del cultivo de café	4
3.3. Comportamiento fisiológico del café.....	5
3.4. Problemas fitosanitarios en el cultivo de café.....	5
3.5. Principales enfermedades del café en Honduras.....	6
3.6. Roya del cafeto	7
3.6.1. Historia de la roya del café	7
3.6.2. Descripción botánica de la roya del cafeto	7
3.6.3. Ciclo de vida de la roya del cafeto (<i>Hemileia vastatrix</i>)	8
3.6.3.1. Etapa de diseminación.....	8
3.6.3.2. Etapa de germinación	8
3.6.3.3. Etapa de colonización.....	8
3.6.3.4. Etapa de reproducción.....	9
3.6.4. Sintomatología.....	9

3.6.5.	Ataque e infección	10
3.6.6.	Patogénesis	10
3.6.7.	Condiciones para el desarrollo y aparición de la roya del café.	11
3.6.7.1.	El hospedero	11
3.6.7.2.	El patógeno.....	12
3.6.7.3.	Condiciones Climáticas.....	12
3.6.8.	Factores que afectan la epidemiología de la Roya Anaranjada	12
3.6.8.1.	La lluvia.....	13
3.6.8.2.	La temperatura.....	13
3.6.8.3.	La carga fructífera	14
3.6.8.4.	La cosecha de los frutos	14
3.6.8.5.	El inóculo residual.....	15
3.6.9.	Cantidad de follaje y su relación con la incidencia de la roya	16
3.6.10.	Pérdida en la producción	17
3.6.11.	Medidas de control de la roya del café.....	17
3.7.	Criterios para toma de decisiones o monitores	18
3.7.1.	Mapeo	18
3.7.2.	Muestreo	18
3.7.3.	Monitoreo de ambiente	19
3.7.4.	Diagnostico.....	19
3.7.5.	Fincas centinelas.....	19
3.7.6.	Modelos de pronósticos	19
3.8.	Impacto de la roya del cafeto en su llegada a América.....	19
3.9.	Impacto de la roya en Centroamérica 2012-2014	21
3.10.	Ataque de roya atribuido a cambio climático.....	22
3.11.	Diagnóstico sobre la roya anaranjada del cafeto en Honduras.....	24
3.12.	Usos, Fundamentos y limitaciones de los métodos de análisis multivariados en la investigación epidemiológica.....	25
3.12.1.	Fundamentos.....	25
3.12.2.	Usos	26
3.12.3.	Limitaciones	27

IV. METODOLOGIA.....	26
4.1. Descripción del sitio donde se realizó la investigación	26
4.2. Materiales y equipo.....	26
4.3. Descripción de la investigación	26
4.4. Factores bajo estudio	28
4.4.1. Factores genéticos.....	28
4.4.2. Factores climáticos	28
4.4.3. Factores edafológicos	28
4.4.4. Factores agroecológicos	29
4.4.5. Nivel de daño.....	30
4.4.6. Factores socioeconómicos	31
4.5. Análisis estadístico.	31
4.5.1. Estadística descriptiva	31
4.5.2. Análisis de frecuencia.....	32
4.5.3. Componentes principales (ACP)	32
4.5.4. Análisis de clasificación	32
4.5.5. Análisis de correspondencia múltiple.....	32
4.5.6. Correlación canónica.	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
5.1. Estadística descriptiva.....	34
5.1.1. Factores genéticos.....	34
5.1.2. Factores climáticos	35
5.1.3. Factores edafológicos	36
5.1.4. Factores agroecológicos	37
5.1.5. Factores socioeconómicos	39
5.1.6. Nivel de daño.....	42
5.2. Análisis de correlación de Pearson	47
5.3. Análisis de componentes principales (ACP)	50
5.4. Análisis de clasificación.	54
5.5. Correlación canónica	57
VI. CONCLUSIONES	61

VII. RECOMENDACIONES	62
VIII. BIBLIOGRAFIA	63
ANEXOS	68

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Encuestas para análisis multivariado sobre la incidencia de la roya anaranjada (Hemileia vastatrix) en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.....	69
Anexo. 2 Boleta para el muestreo integral de las plagas del café.....	75
Anexo 3. Cuadro de porcentaje de sombra	76
Anexo 4. Boleta toma de datos altura, diámetro de copa, distanciamiento de siembra y porcentaje de pendiente de cada estación	77
Anexo 5. Boleta de identificación de plagas y enfermedades del cultivo de café.	78
Anexo 6. Diferentes plagas y enfermedades encontradas en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.	80
Anexo 6. Toma de datos de diferentes factores bajo estudio en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipo de variedad utilizada en las fincas cafetaleras de Marcala, La paz.	35
Figura 2. Describe la ayuda e ingresos recibidos por los productores, cada aspecto detallado está en base a un 100%.	42
Figura 3. Porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades en el primer muestreo en 26 fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.....	43
Figura 4. Porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades en el segundo muestreo en 26 fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.....	44
Figura 5. Relación de incidencia de problemas fitosanitarios en el primer y segundo muestreo en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz.	45
Figura 6. Agrupación de fincas de acuerdo a similitud mediante clúster.....	54

LISTA DE CUADROS

Cuadro1. Temperaturas y precipitaciones promedio en los últimos 3 años en la Región de Marcala La Paz.	36
Cuadro 2. Contenidos de macro y micro elementos encontrados en suelos de Marcala, La Paz, 2013.	37
Cuadro 3. Influencia de la sombra en la incidencia de <i>Hemileia vastatrix</i> en cafetales de Marcala, La Paz, 2013.	38
Cuadro 4. Costo promedio anual de actividades agrícolas en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz.	41
Cuadro 5. Comparación de incidencia de problemas fitosanitarios en fincas convencionales y fincas orgánicas de Marcala, La Paz, 2013.	47
Cuadro 6. Variación acumulada de las variables originales.....	51
Cuadro 7. Contribución relativa de las variables en los componentes.....	52
Cuadro 8. Comunalidad (R^2) de cada variable explicada por los 7 componentes retenidos.	53
Cuadro 9. Grupos de fincas con un nivel de similitud de 78% mediante el análisis de clusters.	55
Cuadro 10. Correlaciones entre la “X” y sus variables canónicas.	58
Cuadro 11. Correlaciones entre la “Y” y sus variables canónicas	59

Lizardo, Carlos. 2013. Análisis multivariado de la incidencia de problemas fitosanitarios en cafetales de Marcala La Paz, Honduras. Tesis agronomía. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 98 Pág.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó bajo el convenio de la Universidad Nacional de Agricultura, el IHCAFE (Instituto Hondureño del Café) y la Cooperativa COMSA (Café Orgánico Marcala) en el municipio de Marcala La Paz, con el objetivo de realizar un estudio multivariado de los factores climáticos, edafológicos, genéticos, socioeconómicos y agronómicos que posiblemente influyen en la incidencia de la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*) y otras plagas y enfermedades en fincas cafetaleras de la zona. Las herramientas del análisis multivariado permitieron respaldar la información y discriminar las fincas para darles un tratado especial. El análisis de correlación de Pearson permitió correlacionar los conjuntos de variables cuantitativas de los diferentes factores bajo estudio. Mediante el análisis de componentes principales se redujo la dimensión del problema y permitió además eliminar ciertas variables que aportaban poca información. Luego el análisis por conglomerados o clusters, permitió agrupar un determinado grupo de individuos (fincas) con características similares, con un nivel de similitud de 71%. De acuerdo a este análisis de clasificación, el factor genético está por encima de todos los factores en relación a las incidencias de roya y otras plagas y enfermedades en las fincas, y en segundo lugar se encuentra el factor edafológico y nutricional y por último el socioeconómico. En síntesis de las herramientas anteriores el análisis de correlación canónica permitió corroborar, lo discutido en las anteriores herramientas.

Palabras claves: encuesta, análisis multivariado, plagas y enfermedades, incidencia, desarrollo, roya del cafeto, fincas, productor.

I. INTRODUCCIÓN

La roya del cafeto desde su ingreso a Centroamérica en 1976 nunca impacto en forma tan significativa como en la temporada 2012-2013. Cabe mencionar que en nuestro país el sector cafetalero ha sido uno de los principales soportes de la economía nacional. De acuerdo al OIRSA (2013), el 90% de las explotaciones se encuentra en manos de pequeños productores, lo que le da un aspecto social importante al cultivo del café y su incidencia en el nivel de pobreza en las zonas rurales.

Si bien la roya se conoce desde 1976, y el ataque actual de este patógeno es generalizado a nivel de Centroamérica, no existen datos concretos en la literatura que permitan a los caficultores enfrentar este tipo de fenómeno patológico, ya que no se conocen las causas de esta epidemia, además cabe destacar que no se conoce a ciencia cierta cuanto durara el impacto del inóculo. Obsérvese que si el 90% de las explotaciones está en manos de pequeños productores, entonces el efecto de la roya tendrá un fuerte impacto socioeconómico en Honduras.

Esta enfermedad es la que más daños causa en los cafetales, ocasiona pérdidas tanto en la cantidad como en la calidad del café, y hoy en día este patógeno ha retomado fuerzas. De acuerdo al IHCAFE (2013), el porcentaje de incidencia Nacional de la Roya fue de 25% del parque cafetalero, 100 mil manzanas afectadas, de las cuales 20 mil manzanas han sido severamente afectadas y necesitan renovación (lo que representa 300 mil quintales en pérdidas). Las 80 mil manzanas restantes pueden ser recuperadas con un buen manejo agronómico (700 mil qq de pérdidas).

Sobre la base de consideraciones anteriores, se dice que los factores climáticos, con un mal manejo agronómico de las fincas cafetaleras han proporcionado un mayor porcentaje de infección de la roya.

Reconociendo la gravedad de esta crisis, el trabajo de investigación que se realizó, tiene como propósito efectuar un estudio a nivel de finca, que permitió obtener información de los posibles factores (climáticos, genéticos, edafológicos, agroecológicos y socioeconómicos) que favorecen la presencia de este hongo (*Hemileia vastatrix*), con lo que se pretendía responder ante la emergencia derivada de la actual epidemia, apoyando al desarrollo de estrategias de control de la enfermedad, y así mitigar sus impactos negativos, tanto en el presente como en el futuro, permitiendo la sostenibilidad económica, social y ambiental de la caficultura regional.

II. OBJETIVOS

2.1.General

- Realizar un estudio multivariado de los factores climáticos, edafológicos, genéticos, socioeconómicos y agroecológicos que posiblemente influyen en la incidencia de la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*) y otras plagas y enfermedades en fincas cafetaleras de Marcala La Paz, para contribuir al plan de manejo de estas.

2.2.Específicos

- Caracterizar los factores agroecológicos, socioeconómicos, climáticos, edafológicos y genéticos de las fincas de la región de Marcala, La Paz.
- Correlacionar el efecto de los componentes climáticos y socioeconómicos con la incidencia de plagas y enfermedades en los cafetales de la región.
- Identificar a nivel de campo si el material genético utilizado es o no resistente a la roya del cafeto y que importancia toma este factor desde el punto de vista de la incidencia.
- Clasificar las fincas por su grado de similitud con respecto a los factores agroecológicos, edafológicos y socioeconómicos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.El café en Honduras

El café se convirtió en el principal producto agrícola de exportación del país (BCH 2007, citado por Flores, 2011), lo que refleja la importancia del café en la economía, cumpliendo además un importante papel social con los 80,000 productores registrados. El café se cultiva en 15 de las 18 provincias (departamentos) del país. Del total de los productores, 95.2% son pequeños propietarios con volúmenes de producción menores a 9.2 toneladas; 4.5% son medianos productores con volúmenes de 9.2- 46 toneladas; y sólo 0.3% (170 productores) son considerados grandes productores con cosechas anuales de más de 46 toneladas. El 93% de la producción se destina a la exportación y el 7% restante se distribuye entre los torrefactores (IHCAFE 2010, citado por Flores, 2011).

3.2.Aspectos generales del cultivo de café

El cultivo de café es un sistema productivo que ha sido objeto de muchas investigaciones, y esta tendencia continúa, mediante la búsqueda de mejores alternativas para una producción sostenible a largo plazo. Según Fischersworring y Robkamp (2001), para el buen desarrollo y producción del café se requiere de un microclima fresco, con altitudes de 1 200 a 2 000 msnm, dependiendo de la latitud, con semi sombra y suficiente humedad, propiciada por especies arbóreas. Se necesitan, de preferencia, suelos de buen drenaje, profundos, ricos en nutrientes (especialmente potasio y materia orgánica), con textura franca, con el fin de obtener producciones de mejor calidad (López, 2010).

3.3.Comportamiento fisiológico del café

La productividad de una planta, en términos eco fisiológicos, es la cantidad de materia orgánica acumulada en un período, en relación a una determinada área foliar. La productividad depende fundamentalmente de la fotosíntesis y por ende, requiere un suministro óptimo de agua, luz, temperatura y sales minerales, además de un adecuado funcionamiento del resto de los procesos fisiológicos de la planta, tales como: respiración, transpiración, síntesis de proteínas, absorción y traslado (agua, sales minerales y sustancias metabólicas), crecimiento y diferenciación, entre otros (Fournier 1988, citado por López, 2010).

Los factores que determinan la producción de café, son los que afectan el área foliar disponible para la interceptación de la luz, la absorción del CO₂ y distribución de la materia seca en los frutos y otras partes de la planta. (Cannell 1976, citado por López, 2010), considera que una manera de aumentar la productividad del cafeto es incrementando el área de follaje iluminada adecuadamente por unidad de área cultivada; esto mejoraría la relación entre área foliar y carga fructífera. De igual manera, indica que las plantas de café tienen el potencial para producir un dosel grande y bien estructurado y que las plantas jóvenes invierten del 40 al 45 % de su materia seca por año en la producción de nuevas hojas.

3.4.Problemas fitosanitarios en el cultivo de café

Como anteriormente se había discutido, son muchos los factores que determinan la productividad de este cultivo, entre estos factores que afectan el follaje, están las plagas y las enfermedades, bajando de manera significativa la tasa fotosintética de la planta, que por lo tanto afectan de manera negativa los rendimientos y la producción. De acuerdo al CEPICAFE (s.f), en estos últimos años las enfermedades son las que causan mayor daño al cultivo de café y pérdidas económicas considerables a los productores, presentándose

diversas enfermedades en el cultivo, por lo que es necesario saber identificar para aplicar las medidas de prevención y control.

3.5.Principales enfermedades del café en Honduras.

La FHIA (2004), sostiene que las enfermedades en café son causadas por una numerosa serie de microorganismos como hongos, bacterias, virus y nematodos; sin embargo, la que provoca la roya del café (*Hemileia vastatrix*) es la más importante.

A continuación se mencionan las enfermedades más importantes en la caficultura hondureña:

Enfermedad

Agente casual

• Roya	<i>Hemileia vastatrix</i>
• Antracnosis	<i>Colletotrichum coffeanum</i>
• Ojo de gallo	<i>Mycena citricolor</i>
• Mancha de hierro	<i>Cercospora coffeicola</i>
• Mal de hilachas	<i>Corticium koleroga</i>
• Pudrición radicular del tronco	<i>Rosellinia</i> sp.
• Quema o derrite	<i>Phoma costarricensis</i>
• Mal rosado	<i>Corticium salmonicolor</i>
• Nematodos	<i>Meloidogyne</i> sp, <i>Pratylenchus</i> sp. <i>Rotylenchulus</i> sp.

3.6.Roya del cafeto

3.6.1. Historia de la roya del café

Según Gianessi y Williams (2011), la roya del café es considerada una de las enfermedades de plantas más catastróficas de toda la historia. En la década de 1860, la roya del café fue la principal responsable de la destrucción de las plantaciones de café de Ceilán, país con la mayor producción de café a nivel mundial. Las plantas de café fueron destruidas porque los fungicidas disponibles en la década de 1860 no fueron efectivos en contra de la roya del café. Los británicos, quienes antes importaban café de Ceilán, lo reemplazaron con té.

Gianessi y Williams (2011), manifiestan que mientras la roya del café se difundió por Asia y África hasta principios de 1900, fumigaciones de cobre empezaron a ser utilizadas ampliamente después de que las investigaciones demostraron que fungicidas de cobre podrían controlar la enfermedad. En el siglo de 1900, la producción de café se incrementó significativamente en América Latina porque no existía la roya del café. Sin embargo, la roya fue detectada por primera vez en Brasil en 1970 y posteriormente se difundió por toda América Latina, donde actualmente se utiliza fungicidas de cobre y fungicidas químicos sintéticos para reducir su impacto.

3.6.2. Descripción botánica de la roya del cafeto

La Roya es un hongo fitoparásito obligado del cafeto. Pertenece a la subdivisión de los Basidiomicetos, del orden Uredinales, familia Pucciniaceae. Existen 32 razas de roya *Hemileia vastatrix* que atacan a especies del género *Coffea* especialmente, a las plantas de la especie arábica y también a otras del mismo género, pero con diferentes grados de virulencia (Gali, s.f.).

3.6.3. Ciclo de vida de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*)

CENICAFE (2011), describe el ciclo de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) de la siguiente manera:

3.6.3.1. Etapa de diseminación.

Se realiza por medio de esporas de tamaño microscópico (30 micras de largo por 20 micras de ancho), denominadas urediniosporas que producidas en grandes cantidades corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad.

3.6.3.2. Etapa de germinación

Es el proceso donde la espora una vez depositada en el envés de la hoja emite de uno a cuatro tubos germinativos, en un periodo de 6 a 12 horas. Para esta etapa el hongo requiere de una capa de agua, condiciones de poca o ninguna luminosidad y temperaturas inferiores a 28 °C y superiores a 16 °C. El tubo germinativo crece hasta encontrar los estomas, que son aberturas naturales de la hoja para el intercambio gaseoso en la respiración.

3.6.3.3. Etapa de colonización

Una vez 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 los que extraen los nutrientes para su crecimiento. Las células de café parasitadas pierden

su coloración verde y, en este momento, se aprecian zonas cloróticas o amarillentas en la hoja, que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad. El tiempo transcurrido hasta ese instante se denomina periodo de incubación, el cual varía de acuerdo con la temperatura, puede estar entre 21 y 24 días al sol y entre 18 y 22 días a la sombra.

3.6.3.4. Etapa de reproducción

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 urediniosporas, a razón de 1.600 por milímetro cuadrado (mm^2) de hoja, por un periodo de 4 a 5 meses, y que serán dispersadas para iniciar el nuevo ciclo. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina periodo de latencia. El ciclo de vida del hongo se alcanza a repetir muchas veces dentro de un cultivo durante el mismo periodo de cosecha, por lo que se le considera a la roya del cafeto como una enfermedad policíclica.

3.6.4. Sintomatología.

Subero (s.f), afirma que la enfermedad se caracteriza por presentar pequeñas manchas redondeadas, amarillo naranja y polvorientas en el envés de las hojas. Inicialmente, el área afectada por una sola infección tiene un diámetro de aproximadamente 3 mm, pero gradualmente aumenta el tamaño hasta 2 cm. o más y tiende a unirse con otras infecciones para formar una lesión más o menos irregular que a veces puede abarcar gran parte de la superficie foliar. Si hay esporulación abundante, un ligero toque de la hoja puede hacer que una nube de esporas se desprenda. En los estados muy tempranos se nota sólo una mancha pálida, amarillenta, en el envés de la hoja. Esta mancha es translúcida y si se examina contra la luz se observa la apariencia de una gota de aceite. Uno o dos días después de su

aparición, la mancha toma un color anaranjado y la superficie se torna polvorienta porque no forman esporas.

3.6.5. Ataque e infección

Gali (s.f) establece que el ataque de la Roya al cafeto se inicia con la liberación de sus uredosporas -esporas-, la estructura reproductiva más importante de este hongo, que puede persistir año tras año en este estado. Para ello se sirven de una especie de tubo de germinación que va avanzando sobre la gota de agua hasta encontrar una estoma abierta en el envés de la hoja. Inmediatamente, entre los espacios intercelulares, se empieza a desarrollar el micelio, en el que aparecen unos órganos llamados austorios, mediante los cuales, la Roya penetra en el interior de las células y empieza a alimentarse del tejido de la hoja.

3.6.6. Patogénesis

Subero (s.f) en su publicación sobre la roya del cafeto, describe que la germinación de las uredosporas en el envés de una hoja de cafeto mojada puede comenzar solamente en una hora. Poros germinales se forman en dos y a veces cinco puntos equidistantes, por adelgazamiento del exosporio, luego sale un tubo germinativo en forma de dedo, con ápice redondeado, con una ligera constricción en el punto de salida.

A lo largo de las primeras investigaciones hechas sobre la germinación de las uredosporas, se encontró que ésta ocurre entre 12 y 24 horas y en 48 horas ya se forman los apresorios. Los síntomas aparecen a los 14 días después de la inoculación y la esporulación comienza después de 2 a 4 días de haber aparecido los síntomas. En algunas investigaciones se ha determinado que se requiere agua para la germinación de las uredosporas, y que ésta ocurre

entre 2,6 y 4,7 horas a 23 °C, con un mínimo de una hora; la formación de apresorios toma de 6,5 a 8,5 horas con un mínimo de 5,3 horas (Subero, s.f)

En este mismo orden de ideas detalladas por Subero, también se ha determinado en otra investigación que uredosporas colocadas en una gota de agua estéril e incubada a 24 ° C inician su germinación después de 3 a 4 horas, llegando a 10-15% de germinación, y alcanzando de 60 a 85% de germinación después de 6 horas. Cada uredospora produce por lo menos un tubo germinativo, algunas veces dos y rara vez más. Después de 3 a 4 horas, los tubos germinativos pueden crecer de 20 a 140 micrones, y después de 8 horas pueden alcanzar entre 85 y 250 mm. En algunas ocasiones se ramifican en distintas direcciones. En los ápices de los tubos germinativos y al final de las ramificaciones se forman los apresorios.

3.6.7. Condiciones para el desarrollo y aparición de la roya del café.

Estudios realizados por el PROMECAFE (2012), demuestran que la severidad de un ataque de roya y el progreso de la enfermedad dependerán de la combinación de tres factores que se describen a continuación:

3.6.7.1. El hospedero

Aquellas variedades como Típica, Borbón y Caturra, todas ellas cuenta con poca resistencia genética a la roya y en cuyas plantaciones se pueden presentar fuertes ataques de la enfermedad. Sumado a ello es importante mencionar que el estado fisiológico de la planta puede disminuir o incrementar la susceptibilidad a la enfermedad.

3.6.7.2. El patógeno

El agente causal de la roya del café es el hongo *Hemileia vastatrix*, de la familia de los uredinales, que atacan principalmente a células vegetales vivas. El ciclo de vida de la roya es uno de los más complejos de todo el reino Fungí, debido a que producen hasta cinco tipos de estados o estructuras fructíferas diferentes, separados en el tiempo y el espacio, que dificultan su conocimiento y control. Dentro de las características del hongo *H. Vastatrix* está la carencia de un huésped alterno donde se desarrolle su estado sexual, dado que solo se conoce estructuras asexuales como urediniosporas y teliosporas.

3.6.7.3. Condiciones Climáticas

Para parasitar las hojas de la planta del café, el hongo *Hemileia vastatrix*, necesita de la combinación de cuatro factores esenciales, como la salpicadura de la lluvia para iniciar el proceso de dispersión entre hojas y plantas, temperaturas entre los 16 y 28 °C, brillo solar y una capa de agua en el envés de las hojas.

3.6.8. Factores que afectan la epidemiología de la Roya Anaranjada

Las diferentes investigaciones que se llevaron a cabo mostraron que tanto el desarrollo como la amplitud de la curva de progreso de la enfermedad estaban relacionados con cinco factores principales: la lluvia, la temperatura, la carga fructífera, la época de cosecha y el inóculo residual (Avelino et al. 1999, citado por López, 2010), tal y como se describe a continuación.

3.6.8.1. La lluvia

Se indicó que el agua líquida actúa a nivel de esporulación (transporte), depositación, germinación y penetración de las uredosporas en las hojas. “Esto explica que la epifitía se desarrolla durante la época de lluvias y que su descenso se observa cuando el periodo de lluvias se detiene” (Gálvez et al. 1982; Santacreo et al. 1983; Holguin 1998, citado por López, 2010).

3.6.8.2. La temperatura

La germinación es muy dependiente de las condiciones de temperatura. La formación del apresorio y la progresión del hongo en la hoja dependen de esta variable también”. El periodo de incubación se acorta extremadamente en los meses con temperaturas favorables para la germinación (entre 22 y 23 ° C). “En Honduras, a 750 msnm, de febrero de 1982 a enero de 1983, los periodos de latencia fluctuaron entre 29 y 62 días (Santacreo et al. 1983, citado por López, 2010)

Los periodos más cortos se observaron en agosto y septiembre, meses en que la temperatura se mantuvo entre 18 ° C y 27 ° C. A una altitud de 1 200 msnm, los periodos de latencia se alargaron debido a las temperaturas más bajas, estos oscilaron entre 40 y 80 días. Lo anterior explica que los máximos de infección y la forma de la curva de progreso de la epidemia varíen en función de la altitud, la cual está relacionada de manera inversa a la temperatura. En México, en el periodo de marzo de 1988 a abril de 1989 se observó que a menor altitud (460 msnm) los niveles de infección alcanzados eran mayores (Avelino et al. 1991; citado por López, 2010).

3.6.8.3. La carga fructífera

La receptividad (predisposición) de las hojas a la roya anaranjada varía en función de su carga fructífera, posiblemente porque, en periodo de fructificación, migran compuestos fenólicos de las hojas hacia los frutos. Esto fue corroborado en Guatemala, donde se obtuvo una relación positiva muy significativa, al nivel de probabilidad del 0,01 %, entre la carga fructífera del cafeto, la cual fue evaluada en junio después de la caída fisiológica de los frutos, y la infección posterior que este sufrió (Avelino et al. 1993, citado por López, 2010). Un 50 % de la variabilidad de la infección observada fue atribuida a la carga fructífera.

3.6.8.4. La cosecha de los frutos

La receptividad (predisposición) del cafeto pareciera incrementarse no solamente en plantas con alta carga fructífera, sino también en una misma planta a medida que se desarrolla el fruto. En México, en el periodo de marzo de 1988 a abril de 1989 se observó, que el principio de la enfermedad coincidió con el inicio de la cosecha. Posterior, el crecimiento acelerado de la epidemia ocurrió cuando la cosecha estaba bien establecida. Finalmente la máxima infección se encontró al final de la cosecha. Después de cosecha, la epidemia empezó a declinar” (Avelino et al. 1991, citado por López, 2010). Otro factor que podría incidir en este comportamiento es el gran movimiento de las personas recolectoras de café, lo cual favorece la diseminación de las uredosporas. También podría adjudicarse a que el desarrollo del fruto responde a los mismos estímulos exteriores (clima) que el de la roya anaranjada.

3.6.8.5. El inóculo residual

El papel del inóculo residual fue bien evidenciado en México (Avelino et al. 1991). Se comprobó que toda la infección presente a principios de año se ubica en las hojas viejas del cafeto (hojas que habían nacidos en la época de lluvia anterior al estudio), mientras que las hojas jóvenes estaban en su mayoría perfectamente sanas. Se concluyó que la conservación de la enfermedad de un año para el siguiente se hacía a través de las hojas viejas infectadas que lograban sobrevivir la época seca”.

Avelino et al. 1995 en Guatemala, en un experimento de comparación de calendarios de aspersión, llevado a cabo durante 1991 y 1992, observaron que los tratamientos que habían sido más eficaces en 1991, habían conservado mayor número de hojas y por lo tanto, mayor cantidad de inóculo residual en 1992, e inducido epidemias muy precoces en ese último año. Al contrario la epidemia del testigo (sin ningún control químico) se atrasó considerablemente al principio, ya que había conservado una menor cantidad de hojas con inóculo residual, debido a la defoliación severa que se había presentado en 1991.

Lo anterior muestra que la defoliación juega un papel de regular la epidemia. Se entiende entonces, que una época seca muy marcada, al acentuar la defoliación, no permite el desarrollo de epidemias muy graves (Avelino et al. 1991, citado por López, 2010). Sin embargo, debido a que la roya es policíclica, la cantidad de inóculo residual no es determinante en el desarrollo de la epidemia (cada lesión puede producir hasta 400 000 esporas en tres meses). Fuertes epidemias pueden desarrollarse aún con niveles bajos de inóculo residual. Lo que es más importante es el periodo de latencia (Kushalappa *et al.* 1984, citado por López, 2010).

3.6.9. Cantidad de follaje y su relación con la incidencia de la roya

Subero (s.f) sostiene; en experimentos realizados se ha observado que en una atmósfera calmada cada fascículo de uredósporas que brotaba por un estoma, formaba cadenas de uredósporas colgando hacia abajo, las que se caían con el menor movimiento de la hoja y llevadas por el viento. Después de lo expuesto anteriormente, el autor manifiesta, que observaciones hechas en los primeros estados de aparición de un foco de la enfermedad, las lesiones se producen con mayor abundancia cerca de los bordes inferiores de las hojas y que las esporas depositadas en la superficie superior eran lavadas por el agua alrededor de los bordes y depositadas en la superficie inferior, donde germinaban y producían infecciones.

De acuerdo a Subero, se ha insinuado que una manera como las esporas podrían llegar al envés de las hojas era mediante vientos violentos que las llevaban hacia arriba, siendo las hojas entonces salpicadas con gotas de lluvia que contenían esporas. Se ha estimado que la tasa de caída de las esporas de roya en el aire es de 20cm/seg, para grupos de esporas y para esporas individuales de 10 cm/seg, y que estas esporas liberadas no se desplazan muy lejos sino que tienden a precipitarse en las inmediaciones de su punto de origen.

Cabe Mencionar, que en investigaciones llevadas a cabo en Brasil se concluyó que las esporas de *H. vastatrix* se encuentran en el aire a razonable altitud y son transportadas a grandes distancias por las corrientes aéreas. Estos resultados fueron confirmados en Kenya, donde también se encontró que durante y después de las lluvias, la cantidad de esporas que permanecen en el aire es casi nula, y que las esporas son arrastradas del aire hacia el suelo por las gotas de agua o como núcleo de condensación de agua (Subero, s.f).

3.6.10. Pérdida en la producción

El paralelismo observado entre la infección y la producción, en ocasiones puede conducir a subestimar el efecto de la enfermedad, pues después de un año de alta cosecha, se espera un año de baja producción, con o sin roya afirmó Avelino en 1993 (López, 2010). Sin embargo la enfermedad sí causa pérdidas, y el control es necesario, aunque éste no sea tan útil en las fases menos productivas del cafeto (plantas recién sembradas y recién podadas).

En Honduras, Palma y sus colaboradores (1990) en un experimento de productos químicos de una duración de 2 años, reportaron pérdidas de producción de al menos el 40 %, ocasionados por infecciones de 68 %, con respecto a infecciones inferiores a 21 %. En Guatemala, (Avelino et al. 1993, citado por López, 2010), en un experimento específico de pérdidas de producción, encontraron pérdidas de 21 % como resultado de una infección acumulada del 16 % de las hojas jóvenes enfermas, en comparación con plantas totalmente sanas. La defoliación de las bandolas enfermas redujo el crecimiento de estas, por ende, el número de frutos llevados al año siguiente. Lo anterior evidencia que la roya anaranjada acentúa el ritmo bienal de la producción.

3.6.11. Medidas de control de la roya del café

Se han empleado satisfactoriamente fungicidas a base de cobre y sistémicos como los pertenecientes a la familia de los triazoles, pero su alto costo los ha hecho difíciles de acceder por la mayoría de los productores (Avelino, et. Al. 1999; citado por Saravia, 2000). Otra alternativa para el control de la Roya en nuestro país es el mejoramiento genético, el uso de variedades resistentes a esta enfermedad.

Nueve genes están implantados en la resistencia específica del cafeto a la roya, dichos genes corresponden a la resistencia “gen a gen” según la teoría de Flor. De los nueve genes

conocidos, cuatro han sido identificados en *Coffea arábica* (Avelino 1999, citado por Saravia, 2000).

El control biológico es otra opción. Existen enemigos naturales que son los hongos hiperparásitos, estos ocurren en forma natural, atacan las hifas y las estructuras de reproducción de *H. vastatrix* reduciendo la infección y el inoculo de la roya, entre ellos destacan *Verticillium lecanii*, *V. leptobactrum* entre otros (Blakeman, 1982; Monzon, 1992, citado por Saravia, 2000).

3.7. Criterios para toma de decisiones o monitorios

De acuerdo a SAGAPRA (2013), las siguientes acciones permitirán tener una mejor perspectiva de la roya, y así mismo establecer estrategias de control.

3.7.1. Mapeo

Contar con la situación actual de la distribución espacial de la roya

3.7.2. Muestreo

Establecer una metodología de muestreo para determinar incidencias o severidad. El muestreo sirve para determinar los niveles de daño de la enfermedad y si son iguales o mayores del 10%, realizar aplicaciones con productos cúpricos o sistémicos. Solamente, en el caso de las parcelas centinela, se usará el *Método de muestreo "T"*, método que ha sido validado en otros cultivos perennes y ha demostrado su practicidad ya que considera el efecto borde y aleatorio de las fincas por exposición a vientos y movilidad de cosechas y personal, lo cual es común en royas.

3.7.3. Monitoreo de ambiente

Establecer o fortalecer un sistema de monitoreo de temperaturas, humedad relativa, lluvia, etc.

3.7.4. Diagnostico

Determinar Especialización en royas y sus razas

3.7.5. Fincas centinelas

Seleccionar fincas que permitan ubicar infecciones tempranas y su comportamiento

3.7.6. Modelos de pronósticos

Contar con un modelo que ayude a detectar una alerta temprana o pronosticar la enfermedad.

3.8. Impacto de la roya del cafeto en su llegada a América

Avelino (1999), manifiesta que hasta la llegada de la Roya al continente americano, concretamente a Brasil, en 1970/75, la caficultura a nivel mundial había sufrido pocos

cambios tecnológicos, y la investigación en torno a este hongo era relativamente escasa. Entonces podemos decir que al aparecer en Brasil no estaban preparados para combatir un fuerte ataque de este patógeno, y que las pérdidas fueron altas.

Dentro del mismo contexto, el autor afirma que miles de hectáreas se vieron atacadas severamente y prácticamente desfoliadas. Se perdió gran parte de la cosecha de 1974 y del siguiente ya que para paliar el problema, fue necesario recepar (podar a 30 cm. del suelo) millones de matas de miles de hectáreas de fincas afectadas. Esta infección, fue exageradamente desastrosa, sobretodo porque en Brasil las fincas ya eran muy grandes entre 4.000 y 10.000 hectáreas con una alta concentración de cafetos por metro cuadrado. Lo anteriormente expuesto nos indica que el distanciamiento de siembra usado en ese entonces no era el adecuado, lo que permitió, una alta infección en las fincas.

Entre las medidas más importantes que decidieron tomar los brasileños, se acordó eliminar todos los focos de la enfermedad y los cafetales abandonados y/o aislados en los municipios donde se detectaron los focos.

En diciembre de 1976 en Nicaragua, varios focos fueron identificados cubriendo un área de 2100 hectáreas. Al igual que en Brasil, en Nicaragua se acordó entonces desarrollar un plan de erradicación de la enfermedad, el cual contemplaba la eliminación de los focos incluyendo un margen de seguridad de 20 a 30 m alrededor de éstos mediante el uso de herbicidas, la aspersión de tratamientos curativos en las zonas adyacentes a los focos, la aspersión de tratamientos preventivos alrededor de estas últimas zonas y el establecimiento de medidas cuarentenarias estrictas con el apoyo de las fuerzas de seguridad del país (Schuppener *et al.*, 1977; citado por Avelino, 1999). Afortunadamente los países del área centroamericana pronto reaccionaron ante la presencia de la roya anaranjada a través de la creación del proyecto PROMECAFE en 1978.

La roya anaranjada desde este punto de vista fue un estímulo para la investigación cafetalera en el ámbito centroamericano, la cual mejoró notablemente a partir de la introducción de la enfermedad. Paulatinamente, todos los países del área centroamericana

fueron afectados por la roya anaranjada (1979, El Salvador; 1980/ Honduras y Guatemala; 1981, Chiapas, México; 1983, Costa Rica) (Avelino, 1999).

3.9. Impacto de la roya en Centroamérica 2012-2014

De acuerdo a Loreto (2013), después de mucho tiempo, desde su llegada a Centroamérica en 1976, esta enfermedad vuelve a tener un fuerte impacto, Guatemala, Costa Rica, Honduras, Nicaragua y el sur de México son los principales afectados, sus consecuencias nunca habían sido tan perjudiciales como ahora. El cambio climático, que dio origen a unas condiciones meteorológicas especialmente propicias para la difusión de la plaga, es el principal responsable.

En lo que respecta al detalle por cada nación, el experto de la FAO afirmó que el país más afectado sería Honduras con una pérdida de 1,8 millones de quintales. Luego le siguen Guatemala con 650 mil, Nicaragua con 600 mil, El Salvador con 400 mil, Costa Rica con 200 mil y Panamá con 60 mil.

De acuerdo a las propias estimaciones del autor, el 15% de la cosecha en Nicaragua estaría perjudicada. Según la información de la entidad, el ministerio de Agricultura de El Salvador habría detallado que el 40% del café total plantado estaría infectado, desconociendo aún el impacto de esta situación. Ante todo este escenario, Honduras estima que necesita US\$80 millones, en total, para controlar por completo la plaga, Costa Rica unos US\$4 millones para fungicida, mientras que El Salvador US\$3 millones para el mismo fin, detalló el funcionario de la OIC. A pesar que las incógnitas son muchas y varios aspectos aún no se pueden calcular, sí se pueden tener en cuenta las lecciones para evitar efectos mayores en el futuro.

Según los expertos se deberían mejorar los siguientes aspectos: elevar la vigilancia del campo y las tácticas de control, aumentar la difusión de información por parte de los productores y asociados, renovar los cafetales, cambiar las variedades, aplicar perseverantes,

y que los gobiernos mantengan líneas de crédito blandas para los cafeteros, para que la industria pueda cumplir con las normas y mejorar la producción (Loreto, 2013).

El PROMECAFE (2012), manifestó que el impacto económico de la roya del café en la región centroamericana se estimó inicialmente en \$ 500 millones; de US \$ 1 mil millones a más de \$ 1.5 millones de dólares en ingresos perdidos directamente relacionados con el café; el daño a la producción y el impacto social serán mayores para la cosecha subsiguiente 2013-2014.

Al final de este ciclo cafetero 2012/2013, se estimó que el 16.4% de la producción de café de la región está perdida por la roya; el área afectada se estima en 593,037 Hectáreas (54.8 % del total); la mano de obra desplazada se estima en 373,584 personas (17.2 % del total), pérdida de cosecha de 2,930,167 millones de sacos de 60 kilos (16.4% del total), con \$ 419.43 millones (13.6 % del total) divisas no percibidas. Además, mientras que en Guatemala el café constituye un 15% del PIB del país, en Honduras se constituye alrededor del 30% del PIB del país y daría lugar a un impacto negativo en el PIB en un 2% (Loreto, 2013).

3.10. Ataque de roya atribuido a cambio climático

El cambio climático se ha hecho más perceptible en los últimos años, países como Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, México, República Dominicana han visto como las nuevas condiciones climáticas han reducido su producción. Como gran elemento común entre estos orígenes destaca el cultivo de variedades arábicas, las más vulnerables al cambio climático. Es por ello que muchos expertos advierten sobre la posibilidad que algunos de estos países vayan sustituyendo progresivamente sus cafetos por variedades robustas, con las consecuencias sobre la producción y calidad que esto puede significar, estas se verán reducidas (Haggar, 2010; citado por Cuadras, 2011).

Llegado a este punto, Cuadras (2011), explica que la roya del café se ha convertido en el mayor problema para los productores de café por causa del cambio climático, el aumento de las temperaturas, las lluvias cada vez más continuas y los desórdenes en los períodos de las cosechas han originado que esto se desborde. Esta enfermedad ya existía, pero nadie podía imaginar que llegara a estos extremos. Las causas de desarrollo de esta plaga en Centroamérica se atribuyen al clima, es decir, la mayor cantidad de lluvia experimentada ha sido propicia para que el hongo tenga mayor capacidad para desarrollarse. Así mismo las temperaturas entre 19 y 28 grados centígrados que se han registrado en la región centroamericana ha sido otro de los factores que ha incidido en la propagación de la roya.

El CONACAFE (2013), agrega que por otro lado, el mal manejo de las plantaciones de los pequeños productores, tales como el no hacer las podas necesarias y renovación, o el escaso recurso destinado a la fertilización ha hecho más vulnerable a las plantas de café. Otro factor a considerar, es el tipo de grano cultivado en la región, que generalmente es el de tipo arábico, variedad que es susceptible a la roya. Ahora bien, los expertos estiman que si actualmente se toman las medidas correctas y necesarias, la región podría recuperarse en dos años, siempre y cuando el clima juegue a favor y la lluvia no juegue en contra.

A pesar de que la plaga es endémica en la región su actual manifestación es resultado de la combinación de varios factores, principalmente: a) edad de las plantaciones (42% del parque cafetero es superior a 20 años); b) 90% de las explotaciones de café corresponden a variedades susceptibles; c) abandono de muchas plantaciones, uso de baja tecnología, poca capacidad de inversión en nuevos paquetes tecnológicos; d) condiciones climáticas atípicas (lluvias fuera de temporada, espacios prolongados de sequías, aumento en los días nublados); e) baja capacidad de reacción ante brotes epidémicos (OIRSA, 2013).

La OIRSA (2013), concluye que los factores climáticos, en particular lluvias y temperatura, cuyas marcadas variaciones que se apartan del comportamiento normal o comportamiento patrón muy propias de las situaciones vinculadas al cambio climático, resultaron en 2012 en extremo favorables para el desarrollo e impacto de la Roya en toda la región de países productores de café de Centroamérica, México y el Caribe, donde Costa

Rica lógicamente no ha quedado exenta de sufrir afectación, a pesar de la atención Institucional rápida y oportuna que se ha dado al problema.

3.11. Diagnóstico sobre la roya anaranjada del cafeto en Honduras

Estudios realizados en nuestro país durante los años 1994-1997, por Jacques Avelino et al. Mostraron que los porcentajes de infección más altos se alcanzaron cuando el pH era bajo (Inferior a 5.3), un pH comprendido entre 4.7 y 6.5 fue considerado como el más favorable a la roya anaranjada. Se encontró que temperaturas promedio entre 21.8 °C y 23.4°C, altitudes entre 650 m y 995 m y pluviometrías elevadas (entre 2329 y 2441mm) fueron propicias al desarrollo de la enfermedad. Otras variables en conjunto estuvieron bajo investigación durante este periodo como ser: porcentaje de sombra, numero de tallos en producción, número de frutos por nudo, circunferencia del tallo a nivel del suelo, esto para ver el efecto de la roya sobre el vigor de la planta y por lo tanto sobre la producción.

Para identificar aquellas variables que más relación tenían con la enfermedad, Avelino et al. (1997), utilizaron la prueba de Ji- cuadrado para transformar las variables cuantitativas en variables cualitativas. Esto permitió seleccionar las variables mejor relacionadas con la enfermedad, como anteriormente se había expuesto. Algunas de estas eran dependientes entre sí, tomando en cuenta aquella variable más explicativa. Además se utilizó el método de la segmentación para procesar las mejores variables que describen la infección y definir los dominios de riesgos asociados a la enfermedad. La segmentación, método parecido a la regresión múltiple paso a paso, permite relacionar una variable explicada cuantitativa o cualitativa con diversas variables explicativas cualitativas.

3.12. Usos, Fundamentos y limitaciones de los métodos de análisis multivariados en la investigación epidemiológica

El análisis multivariado comprende un grupo de técnicas estadísticas, en las cuales se analiza la aleatoriedad de múltiples variables al mismo tiempo.

3.12.1. Fundamentos

Romero (2006), detalla que los fundamentos teóricos del análisis multivariado se desarrollaron durante los tres primeros decenios del siglo XX por Fisher y Pearson y su primera disciplina de aplicabilidad fue en la agricultura, siendo el análisis discriminante la técnica más utilizada, la cual, a través de los años ha dado paso a otras técnicas menos exigentes en supuestos. Sólo a partir de la segunda guerra mundial se amplió el horizonte aplicativo a diversas disciplinas, entre ellas la epidemiología donde Cornfield, Truett y Kleinbaum contribuyeron en la aplicación de las técnicas multivariadas en sus estudios sobre factores de riesgo para enfermedad coronaria.

Cayuela (2010), manifiesta que en este tipo de análisis se utilizan diferentes enfoques tales como la simplificación de la estructura de datos, el cual es una manera simplificada de representar el universo de estudio, mediante la transformación (combinación lineal o no lineal) de un conjunto de variables interdependientes en otro conjunto independiente o en un conjunto de menor dimensión.

Entre los métodos de análisis multivariado para detectar la interdependencia entre variables y también entre individuos se incluyen el análisis de factores, el análisis por conglomerados o clusters, el análisis de correlación canónica, el análisis por componentes principales, el análisis de ordenamiento multidimensional, y algunos métodos no paramétricos. Los métodos para detectar dependencia comprenden el análisis de regresión

multivariado, el análisis de contingencia múltiple y el análisis discriminante (Romero, 2006)

Con respecto a Cayuela (2010), explica que el método de análisis de componentes principales es uno de los más difundidos, permite la estructuración de un conjunto de datos multivariados obtenidos de una población. El objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí.

3.12.2. Usos

De acuerdo a Romero (2006), detalla que los métodos estadísticos multivariados pueden agruparse en dos conjuntos: los que permiten extraer la información acerca de la interdependencia entre las variables que caracterizan cada uno de los individuos, y los que permiten extraer información acerca de la dependencia entre una (o varias) variable(s) con otra (u otras). Del primer grupo referido hacen parte el análisis factorial, de clusters, de correlación canónica, de ordenamiento multidimensional y de correspondencias; en el segundo grupo se encuentran las técnicas de regresión, los análisis de contingencia múltiple, el análisis de la covarianza y el análisis discriminante.

Dentro de las mismas ideas de este autor, en los últimos tiempos, en la investigación epidemiológica de tipo analítico, el análisis factorial, como técnica de interdependencia y los modelos de regresión logística, de Cox y de Poisson como herramientas de dependencia, han tenido un papel protagónico como métodos de análisis, lo cual podría explicarse por la tecnología informática que ha proporcionado el software para facilitar las elaboraciones. Lo claro es que las técnicas antes indicadas han robustecido el arsenal de herramientas que tiene el epidemiólogo para abordar los objetivos de sus investigaciones.

La regresión logística es quizás la técnica de dependencia más utilizada en la investigación epidemiológica de tipo analítico, para predecir o ajustar el comportamiento de una variable dependiente dicotómica, por lo general la enfermedad o algún otro evento recurrente en función de otras variables llamadas covariables. La regresión de Poisson es una técnica de dependencia donde la variable dependiente hace referencia a años-persona- riesgo-exposición como es el caso de las tasas de incidencia, y que corresponden a un evento que se considera de baja frecuencia o raro (Romero, 2006).

3.12.3. Limitaciones

Según Vega (2008), las desventajas de la utilización de modelos de regresión se ponen sobre todo de manifiesto cuando se utilizan imprudentemente. Actualmente es fácil encontrar programas informáticos que ofrecen al usuario la posibilidad de realizar análisis de regresión automáticamente, con la simple entrada de la base de datos y el “apretar un botón”, sin ningún tipo de rigor científico.

Dentro de este mismo contexto, Romero (2006) manifiesta que entre las principales causas de esta limitante en las técnicas de dependencia se destacan: la definición inadecuada de las categorías de la(s) variable(s) de confusión, la variable empleada para el ajuste como un sucedáneo imperfecto de la condición o de la característica por la cual se desea ajustar, otros importantes confusores no fueron incluidos en el modelo o errores de clasificación en las variable de confusión.

IV. METODOLOGIA

4.1.Descripción del sitio donde se realizó la investigación

La investigación se realizó entre los meses de Junio y Septiembre del 2013, en fincas cafetaleras del municipio de Marcala, en el departamento de La Paz, la altitud del municipio supera los 1,200 metros sobre el nivel del mar, contando con un clima de montaña con temperaturas que varían entre los 12 °C y los 28°C. Los meses más lluviosos son Junio, Julio, Agosto y Septiembre, presentándose una precipitación anual promedio de 1,265 mm³. Limita al Norte con los municipios de la Esperanza e Intibucá (Departamento de Intibucá); al Sur con la República de El Salvador; al Este con los municipios de Santa Ana, Opatoro, Chinacla, San José y Cabañas; y al Oeste con el municipio de Yarula.

4.2.Materiales y equipo

En la ejecución del trabajo fue necesario contar con la ayuda del laboratorio de suelos del IHCAFE, palin, metro, rafia de diferentes colores, GPS (Global Positionning System), estación meteorológica, (para los datos de temperatura, precipitación), nivel de burbuja, cuerda de nivel (para medir pendiente), boletas para la toma de datos, computadora, software SAS.

4.3. Descripción de la investigación

Se tomó como base el trabajo del Dr. Jacques Avelino (Encuesta diagnóstico sobre la roya anaranjada del cafeto en Honduras, 1994-1997), el número de fincas a muestrear fue determinado por docentes de la UNA y técnicos del IHCAFE, llegando a un acuerdo de 26 fincas. Para lo cual se observaron criterios de daños sufridos, en lotes que se encuentren en producción, nivel tecnológico del productor, área bajo manejo, y acceso.

Las 26 fincas fueron proporcionadas al azar por técnicos de la cooperativa COMSA (Café Orgánico Marcala), las cuales están distribuidas en las diferentes aldeas pertenecientes al municipio, ubicadas a diferentes altitudes. Entre las aldeas donde se ubican las fincas están: Santa Cruz, Mogola, Musula, Guascupusca, Brisas del Bosque, Las Flores, Las Tranquitas, Morazán, El Cerrón, El Pastal, El Chiflador, Florida de Marcala, San Antonio, y en algunos barrios como San Juan y San Francisco.

Al momento de llegar a las fincas seleccionadas se marcó un lote, constituido por 5 estaciones, el cual tenía similitud a la forma de un pentágono, en cada estación se eligieron 3 plantas de las cuales se extrajeron los datos de las variables bajo estudio. Se llenó una encuesta con la participación del productor propietario de la finca, la cual permitió comparar los factores en estudio y definir los dominios de riesgo asociados a la roya anaranjada y otras plagas; la encuesta fue elaborada por los estudiantes participantes del estudio y revisada por técnicos del IHCAFE y de la UNA.

Los muestreos de enfermedades y plagas se realizó según la metodología de recuento de enfermedades en café propuesto por el equipo del proyecto CATIE/Inta-MIP (Morad) en 1995 (Monterroso, D; Gutiérrez, F; Stover y Gómez, D). En cada una de las plantas seleccionadas se eligen 4 bandolas en el estrato medio, estas se marcaron de la siguiente manera: las bandolas A y B se eligieron entre surco (una en el lado derecho y otra al lado izquierdo), las bandolas C y D se tomaran entre calles a ambos lados. Cada bandola fue identificada con una cinta de diferente color, Azul para la bandola A, Amarillo para la bandola B, rosado o blanco para la bandola C, y color café para la bandola D, ya que se realizaron 2 muestreos de las distintas enfermedades y plagas. Toda la información fue colectada en sus respectivas boletas.

4.4. Factores bajo estudio

Inicialmente se pretendía realizar un muestreo, pero con ayuda de técnicos de la cooperativa COMSA se logró realizar dos muestreos para la toma de datos de incidencia de enfermedades. Como el estudio es multivariado se incluyeron factores: genéticos, climáticos, edafológicos, de manejo agroecológico y otros (altura sobre el nivel del mar, datos de cosecha).

4.4.1. Factores genéticos

Se diferenció dos niveles de susceptibilidad a la roya, es decir variedades utilizadas en las fincas: variedades susceptibles y resistentes. Los genotipos resistentes usados actualmente en Honduras son: Lempira, IHCAFE 90 y Parainema, y las susceptibles son: Typica, Bourbon, Pacas y Catuaí, Caturra, Villa Sarchí. Además se tomaron datos fenotípicos como vigor, altura de planta y diámetro de copa a nivel de campo haciendo uso del metro.

4.4.2. Factores climáticos

Se midió los efectos de la temperatura, precipitación promedio en los últimos 3 años. Estos datos fueron proporcionados por el centro experimental del IHCAFE “Las Lagunas” de Marcala La Paz. Se registró la altura sobre el nivel del mar, en el área de estudio con un GPS (Global Positionning System)

4.4.3. Factores edafológicos

Los factores edafológicos fueron evaluados a través de análisis de suelos, el lote estuvo conformado por 5 estaciones como anteriormente se había descrito, en cada estación se recolectó una sub-muestra de suelo en la mitad de la calle de las plantas seleccionadas para la toma de datos, esto porque muchos productores ya habían fertilizado en la banda de fertilización de las plantas, por lo tanto en la mitad de las calles se localiza la naturaleza nutricional del suelo. La sub-muestra se recolectó a una profundidad de 20 cm, en total se

obtuvieron 5 sub-muestras, que conformaron una muestra de suelo. Las características bajo estudio fueron las siguientes: pH, porcentaje de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro y aluminio, lo que se determinó en el laboratorio de suelos del IHCAFE

4.4.4. Factores agroecológicos

Actividades de manejo agroecológico fueron datos proporcionados por el productor, luego se levantaron datos a nivel de campo como: distancia de siembra entre surcos y plantas, orientación de los surcos, altura de la planta, diámetro de copa y porcentaje de sombra. Los datos se registraron en sus respectivas boletas.

Parámetros morfológicos y estructurales como el diámetro de copa y altura de planta fueron medidos de la siguiente manera:

Con la ayuda de un metro graduado en centímetros se tomó en el tercio medio el mayor diámetro de la copa, atravesando en una línea horizontal imaginaria de lado a lado el área foliar y luego se midió la altura de la planta, en un punto adyacente o lateral de la planta, tomando desde el nivel del suelo hasta la base de la última hoja. Los datos se registraron en la boleta adjunta (Ver Anexo 4).

Para hacer la evaluación del porcentaje de sombra se determinó qué porcentaje del lote de evaluado está cubierto por sombra, para ello se contó con la siguiente escala: 0-25% campo abierto (no hay sombra), 25-50% sombra rala, 50-75% se considera sombra media y de 75-100% es considerada sombra densa. Además se determinará si la sombra es perenne o estacionaria. Este método fue utilizado cuando los días eran nublados y no se podía utilizar el método de la hoja de papel a nivel de la cintura.

Otra forma de cómo se calculó el porcentaje de sombra fue utilizando una hoja de papel bond sin manchas que se colocó a la altura de la cintura del investigador en posición horizontal (viendo al cielo) sostenida con las palmas de la mano expuestas al sol y se

procedió a responder la pregunta, ¿Qué porcentaje del papel está cubierto por sombra? (recordar que se trata de la proyección de la sombra que genera la interceptación de la luz solar por el área foliar de cada planta) los datos fueron registrados en la boleta adjunta (Ver anexo 3). La sombra total de cada estación fue constituida por la sumatoria de las 4 medidas hechas en los 4 puntos cardinales (N,S,E,O) correspondientes de dicho punto. Lo anterior se realizó en cada estación.

Para calcular la pendiente se marcaron 2 puntos (A y B) a una distancia de 2 m, en una cuerda de nivel se anexo un nivel de burbuja portátil, el cual permitió nivelar la cuerda, se procedió a medir la altura desde el punto B o punto final hasta la base del suelo. Datos de orientación de pendiente, como porcentaje de la misma se registraron en su respectiva boleta de datos (Ver anexo 4). La fórmula para calcular el porcentaje de pendiente se muestra a continuación:

$$\% P = \frac{\text{Distancia vertical}}{\text{Distancia horizontal}} * 100$$

4.4.5. Nivel de daño

Los muestreo de presencia de enfermedades y plagas se realizó según la metodología de recuento de enfermedades en café propuesto por el equipo del proyecto CATIE/INTA-MIP (NORAD) en 1995 (Monterroso, D; Gutiérrez, F; Stover y Gómez, D). En cada finca seleccionada se marcó un lote, el cual tenía forma pentagonal. Para la elección del lote, se le consultó al productor que variedades de café tiene en su finca y cuál de ellas ocupa una mayor área cultivada, y es aquí donde se establecieron las cinco estaciones. Otro aspecto que se considero es que el lote tenía que estar en producción para optar a la toma de datos. En cada estación se seleccionaron tres (3) plantas ubicadas en el mismo surco. Se realizaron dos tomas de datos en total, el intervalo de tiempo entre un muestreo y otro fue de un mes y diez días, siendo que el primero fue realizado durante el mes de Junio y diez

días del mes de agosto. El segundo muestreo se realizó del 12 de agosto al 17 de septiembre.

A cada bandola se le realizó el recuento de hojas totales y el recuento de presencia de plagas como hojas con roya, hojas con antracnosis, hojas con mancha de hierro, hojas con mal de hilachas, hojas con minador, hojas con ojo de gallo, hojas dañadas por picudo, hojas con mordidas ya que podría ser atribuido a una especie de grillo, zompopo u algún tipo de gusano, frutos totales y frutos brocados. La evaluación del nivel de daño se registró en la boleta adjunta (Ver Anexo 2)

.

4.4.6. Factores socioeconómicos

Los factores socioeconómicos a evaluar fueron: Manejo tecnológico del cultivo, Nivel educativo del productor, recursos financieros disponibles, asistencia técnica recibida, datos de producción entre otros. Los datos fueron proporcionados por el productor a través de la encuesta aplicada.

4.5. Análisis estadístico.

4.5.1. Estadística descriptiva

Se realizó un análisis preliminar para estimar el comportamiento de las diferentes accesiones con cada descriptor cuantitativo, haciendo uso de: rango, media, desviación estándar y coeficiente de variación.

4.5.2. Análisis de frecuencia

Se realizó un análisis de frecuencia para los descriptores morfológicos cualitativos, con el fin de determinar las variables más frecuentes en fincas (Sanabria 2005, citado de García, 2005).

4.5.3. Componentes principales (ACP)

Las variables cuantitativas colectadas en cada finca se analizaron mediante el análisis multivariado de componentes principales, que tiene la finalidad de reducir la dimensión del problema y permite además eliminar ciertas variables que aportan poca información y generar nuevas variables (Díaz 2002, citado por Sanabria, 2005).

4.5.4. Análisis de clasificación

Mediante del análisis de componentes principales se realizó una clasificación para agrupar las fincas encuestadas en grupos relativamente homogéneos con base al grado de similitud entre ellas (Hair *et al.* 1992, citado por Sanabria, 2005).

4.5.5. Análisis de correspondencia múltiple

Para el análisis de correspondencia múltiples (ACM) se utilizó matrices de unos y dos de las variables morfológicas cualitativa con la finalidad de obtener 2 dimensiones de valores continuos para cada set de datos (García 2005, citado Sanabria, 2005).

4.5.6. Correlación canónica.

Se estimaron mediante el análisis de correlación canónica (Díaz 2002, citado por Sanabria, 2005) la relación que puede existir entre factores agroecológicos; edafoclimáticos y socioeconómicos con respecto a la incidencia de plagas en las fincas de Marcala, La Paz.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Estadística descriptiva

Mediante la estadística descriptiva se realizó un análisis preliminar para estimar el comportamiento de las diferentes variables tomadas de cada una de las fincas.

5.1.1. Factores genéticos

Las variedades de café más utilizadas en la zona son: Catuai, Bourbon, Pache, Lempira, IHCAFE 90 y otras en menor proporción.

La Figura 1 manifiesta que el 65.4% de las fincas evaluadas hace uso de variedades susceptibles a roya del cafeto siendo en su mayoría variedades como: bourbón, catuai, pacas y pache, pero debido al alto ataque de roya manifestado en la temporada 2012 – 2013 muchos están renovando sus cafetales cultivando variedades nuevas y resistentes a roya como lo es la Icatu; variedades como la bourbón está siendo utilizada para leña en las cocinas de estas familias. El 19.2% cultiva variedades resistentes a esta enfermedad, sin embargo, durante el muestreo se observó que las variedades lempira e IHCAFE 90, presentan pústulas de roya en el envés de las hojas.

El 15.4% utiliza una mezcla de variedades, es decir hace uso de variedades resistentes y susceptibles en sus fincas. De acuerdo a observaciones realizadas y a datos proporcionados por los productores no solo existen mezclas de variedades resistentes con variedades susceptibles, existen fincas con mezclas donde hay bourbón, pacas, pache, catuai en un solo lote.

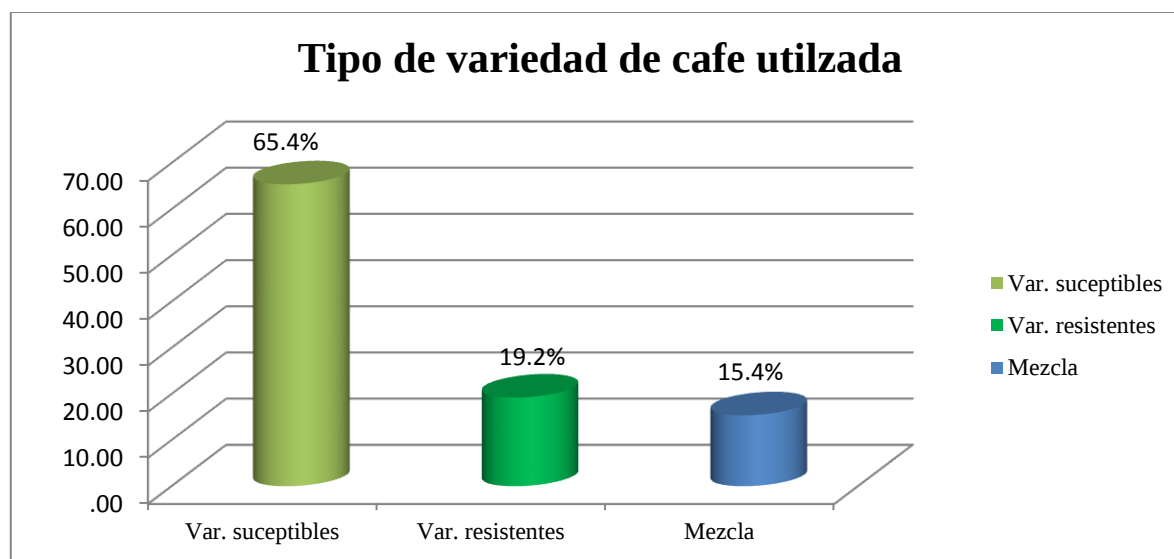


Figura 1. Tipo de variedad utilizada en las fincas cafetaleras de Marcala, La paz.

5.1.2. Factores climáticos

Los datos de precipitación mostraron que en los últimos cinco años ésta se mantiene en un rango de 1585 mm – 1893 mm anuales; durante el año 2012 cuando la roya mostro un pico de infestación generando grandes pérdidas en las fincas. La temperatura promedio anual en la zona es de 22 °C, y de acuerdo con Santacreo et al. (1983) citado por López, 2010 estas temperaturas son promotoras, ya que al periodo de incubación de *Hemileia* v. se acorta provocando así una germinación más rápida. De acuerdo a Jaques Avelino et al. (1994-1997), temperaturas promedio entre 21.8 °C y 23.4°C favorecieron al desarrollo de la enfermedad. En los primeros seis meses del año (2013 se registraron temperaturas mínimas

de 16°C y 26 °C como máxima, con una precipitación de 419.7 mm, particularmente promotoras del desarrollo del patógeno.

Cuadro1. Temperaturas y precipitaciones promedio en los últimos 3 años en la Región de Marcala La Paz.

Año	T ° C Mín P	T ° C Max P	T °C Promedio	P/año (mm)
2009	12	24	19	1791
2010	15	28	27	1585
2011	13	27	20	1849
2012	15	29	22	1893
2013	16	26	21	419.7

5.1.3. Factores edafológicos

Todos los productores evaluados realizan prácticas de fertilización, ya sea a base de productos orgánicos o a base de productos convencionales, así mismo, el 27% no realiza las fertilizaciones a base de un análisis de suelo.

En la zona existen suelos con un pH de 4.5-5.6, es decir suelos ácidos y suelos con pH adecuados o aptos, para el cultivo de café un rango de 5-5.6 es adecuado. Jacques Avelino (1994-1996), en el diagnóstico sobre la roya del cafeto en nuestro país, encontró que un pH comprendido entre 4.7 y 6.5 fue considerado como el más favorable a la roya anaranjada. De acuerdo con lo anterior discutido, estos suelos poseen esta característica. Se encontró una media de 43% de incidencia, con un 83% de incidencia máxima de roya en suelos con pH comprendidos entre 5.1-5.6. Aquellos suelos con pH de 4.5-5, mostraron una media de 32% de incidencia, con un 75% como mayor incidencia encontrada.

Se encontraron suelos ricos en materia orgánica con 8.5%, cabe mencionar que por debajo del 5% se le considera que la materia orgánica es baja, arriba de 10% se le considera alta.

En cuanto al fósforo este elemento es muy importante en las primeras etapas del café, es el responsable de formarlo vigorosamente, primero con buen sistema de raíces y luego como promotor de la floración y del desarrollo del fruto en la etapa de producción, además es imprescindible en los mecanismos de formación, crecimiento y multiplicación, e interviene en la formación de los órganos de la flor (ANACAFE, s.f). Se encontraron suelos con una media de 4.3 ppm considerado bajos, pero también hay suelos con 9.01 ppm de este elemento lo que se le considera normal. Entonces, estas plantaciones con esta última característica obtienen suficiente energía para todas las actividades metabólicas celulares. Además poseen una media de 0.5 ppm de potasio.

El 81% (21 de 26 fincas bajo estudio) de las muestras colectadas resultaron deficientes en Zinc, esto según el análisis de suelos. Este último elemento está vinculado directamente a la biosíntesis auxínica, y las auxinas son fitohormonas responsables del crecimiento.

Cuadro 2. Contenidos de macro y micro elementos encontrados en suelos de Marcala, La Paz, 2013.

Elemento	ppm(Promedio)	Max	Min
pH	5.1	5.6	4.5
Mo	4.3	8.57	0.8
P	4.3	9.01	0.45
K	0.5	0.9	0.14
Ca	5.5	10.47	2.5
Mg	1.7	2.82	0.65
Al	0.7	3.59	0.06
Fe	16.6	41.23	4.88
Cu	1.2	2.48	0.27

5.1.4. Factores agroecológicos

Mediante la encuesta aplicada se encontró que la edad promedio de las fincas cafetaleras evaluadas en la zona es de 13 años, encontrando fincas con 30 años de edad. Por lo que son

cafetales relativamente viejos y deteriorados. A nivel de campo se evaluaron características morfológicas como altura de planta, diámetro de copa, en tanto, el promedio en alturas de estas plantaciones fue de 2.09 m, con un rango de altura entre 1.13 y 3.18 m. El diámetro de copa oscila entre los 0.95 m – 1.55 m, muchos productores realizan el descope en sus plantaciones lo que estimula a la planta a tener un mayor diámetro de copa. El distanciamiento de siembra promedio utilizado es de 1.20 entre planta y 1.70 entre surco. Estas dos últimas situaciones propician menores entradas de luz a los estratos bajos y medios de las plantas, autosombreamiento y condiciones ideales para la proliferación del patógeno.

Se encontró que el 38.5% de las fincas, se encuentran a campo abierto (sin sombra), un 30.8% poseen una sombra rala, así mismo un 30.8% del total de las fincas tienen una sombra media que va desde los 50% hasta los 75% de sombra. Aquellas fincas que se encuentran a campo abierto poseen un alto rango de la presencia roya que va desde 0-70.3% de incidencia con una media de 27.8% de roya. La composición florística de las fincas está conformada por arboles fructíferos (cítricos), musáceas, en algunos casos pinos, liquidámbar, y en su mayoría arboles del genero inga (guamas). En estudios realizados por Avelino et al. (1994-1997), demuestran que incidencias más altas fueron encontradas en lotes con pequeñas distancias entre plantas, grandes distancias entre surco y poca sombra.

Cuadro 3. Influencia de la sombra en la incidencia de *Hemileia vastatrix* en cafetales de Marcala, La Paz, 2013.

Tipo de Sombra	Frecuencia	%	Escala	Media (% de roya)	% Min. de roya	% Max. de roya
Campo abierto	10	38.5	0-25%	27.8	0.0	70.3
Sombra rala	8	30.8	25-50%	26.43	0.5	65.05
Sombra media	8	30.8	50-75%	31.3	1.0	82.9
Sombra densa	0	0.0	75-100%	0.0	-----	-----
Total	26	100	-----	-----	-----	-----

A campo abierto hay mayor luz y temperaturas más elevadas, sin embargo, se encontró un alto desarrollo de roya. En la zona, durante el día las temperaturas son altas, por la noche estas suelen disminuir, entonces esta variación de temperaturas favorece al desarrollo de esta enfermedad. Cabe mencionar que bajo estas condiciones (campo abierto) se encontraron otros factores que promueven la alta incidencia de este patógeno, presencia de variedades susceptibles, menor distanciamiento de siembra entre planta y surco. Muchas de estas fincas que se encuentran a campo abierto tienen variedades resistentes que presentan síntomas visuales (pústulas) de la presencia de *Hemileia vastatrix*, por lo tanto, el cuadro 3 incluye las incidencias de roya en variedades resistentes, siendo estos los porcentajes mínimos de incidencia. Cabe aclarar que no se encontró sintomatología alguna de que la roya del cafeto haya roto la barrera de resistencia en las variedades Lempira e IHCAFE-90.

Se calculó el porcentaje de pendiente, encontrándose que el porcentaje de estas fincas se encuentra en un rango de 5 – 59.1%.

5.1.5. Factores socioeconómicos

Se entrevistaron 26 productores de café en el municipio de Marcala en el departamento de La Paz, de los cuales, 13 de ellos manejan sus fincas orgánicamente y el resto de ellos lo hacen a base de agroquímicos. Las fincas tienen un área cultivada que va de 1-32 mz, así mismo un promedio de 6 mz por productor se encuentran en producción, y una media de una manzana se encuentra en plantillo.

La edad de los productores, oscila entre los 27-82 años, teniendo una media de 23 años como experiencia en el sector cafetalero. En cuanto al nivel educativo que poseen, un 42.3% llegó hasta primaria, ya sea concluida o no, un 38.5% llegaron a secundaria, pero algunos no lograron concluirla, un 15.4% de los productores llegaron a la universidad y apenas un 3.8% no posee ningún grado educativo, lo que refleja que un 96.2% de la población encuestada está educada. Las familias bajo estudio tienen un número de 2-10 miembros con un promedio de 5 personas cada familia, de ellos una media de 3 de cada familia no son independientes, es decir dependen económicamente de sus padres. En este

mismo sentido, al menos 3 miembros de cada familia se involucran en las actividades que se realizan anualmente en las fincas.

Cuando se evaluaron los costos de las distintas actividades agrícolas que los productores hacen en sus fincas, como también los costos por mz de cada actividad, se observó que son las fertilizaciones la actividad en la que los productores más invierten en esta zona, con un costo promedio de L.68, 981 que representa el 42% de las inversiones, los costos medios por mz son de L.9, 869.

En segundo lugar se invierte en actividades de colecta o cosecha del grano, invirtiendo una media de L.67, 519 (destinado a pago de mano de obra y movilización del café al lugar de venta), por lo tanto representa el 41 % de las inversiones. Seguidamente un 6% de las inversiones está destinado a controlar malezas, con un 5% en control de roya con un costo medio anual de L.7, 892, el costo medio en controlar roya por mz es de L. 1,815.

Actividades como regulación de sombra y podas alcanzan un 3%, en controlar otras plagas y enfermedades, los costos promedio anuales apenas alcanzan un 2%. En la actividad que menos se invierte es en el Beneficiado de café, ya que el 98% de los productores no poseen beneficio, venden su café en uva, y apenas un 2% poseen beneficio y lo venden en pergamino seco. Siendo así, los pocos que poseen beneficio utilizan la pulpa para la elaboración de aboneras, además las aguas mieles se almacenan en lagunas de oxidación que esta pequeña parte de productores poseen.

Obsérvese que además del beneficiado, en las actividades que menos se invierte es en el control de malezas, roya, regulación de sombra y otras plagas y enfermedades, entonces, los porcentajes de incidencia de roya y otros organismos que afectan al café en la zona son relativamente altos.

Cuadro 4. Costo promedio anual de actividades agrícolas en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz.

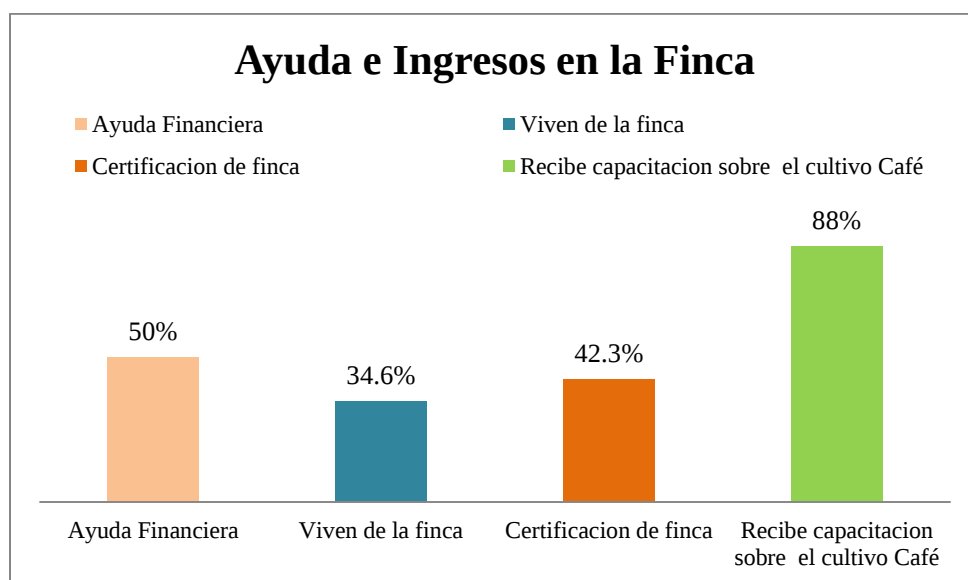
N°	Actividades	Costo promedio	Costos promedio /mz
1	Costos en regular sombra/año	L. 4,500.77	L. 794.81
2	Costos en podas/ año	L. 4,760.00	L. 785.00
3	Costos en control de malezas/año	L. 9,489.23	L. 2,392.12
4	Costos en control de roya/año	L. 7,892.31	L. 1,815.39
5	Costos en controlar otras PE/año	L. 2,765.38	L. 631.77
6	Costos en Fertilizaciones/año	L. 68,980.77	L. 9,869.25
7	Costos en cosecha/año	L. 67,519.23	L. 11,746.50
8	Costos en Beneficiado/año	L. 0.00	L. 0.00
	TOTAL	L. 165,907.69	L. 28,034.85

Otro aspecto tomado en cuenta fue la mano de obra, por lo tanto el 80.8% de las personas encuestadas manifestaron que la mano de obra en la zona es suficiente, en cambio un 11.5% de los entrevistados expresaron que la disponibilidad de jornales en la zona es abundante, por otro lado el 7.7% declaro que esta es escasa. En cuanto a la forma de pago, el 61.5% hace los pagos al día, el resto lo hace semanalmente. Para el traslado del café desde la finca al punto de venta, el 73% de los productores cuenta con medio de transporte, el resto no posee, por lo tanto se ven obligados a alquilar un transporte, siendo así, los gastos de cosecha suelen aumentar para esta pequeña población que carece de este medio.

En esta zona, el 80.8% de los encuestados cultivan café que va desde 1,192 msnm - 1500, entonces son considerados café de altura (se les llama café de altura a determinada plantación de café que se encuentra entre los 1,070 msnm – 1520 msnm, por debajo de los 1,070 msnm es considerado café estándar), el otro 20% cultiva café estándar y de estricta altura que se cultiva arriba de los 1,520 msnm.

La figura 2 detalla que, el 50% de los productores encuestados no recibe ayuda financiera por ninguna institución, un 11.5% no recibe capacitación para el manejo de las fincas ya

que suelen no estar afiliados a ninguna organización del sector cafetalero, en cambio en su mayoría si reciben la información necesaria para el manejo de este cultivo, un 34.6% de los productores encuestados obtienen ingresos solo de la finca el resto se dedican a otras actividades como ser: cría de ganado en pequeña proporción, cultivo de granos básicos e incluso trabajos propio. Instituciones como BIOLATINA y SOGIMEX certifican las fincas en esta zona estando certificadas el 42.3% del total de las fincas visitadas.



La Figura 2. Describe la ayuda e ingresos recibidos por los productores, cada aspecto detallado está en base a un 100%.

5.1.6. Nivel de daño

Se realizaron dos muestreos para evaluar el nivel de daño o porcentaje de incidencia de las diferentes plagas y enfermedades bajo estudio.

La figura 3 muestra que la enfermedad con mayor rango de incidencia para el primer muestreo en estas fincas es la roya, seguido así la antracnosis en segundo en tercer lugar el minador.

Otras enfermedades que causan daño y pérdidas en el cultivo como el ojo de gallo alcanza un 2.58%, el porcentaje de incidencia de la mancha de hierro llega a un 3.58%. Cabe destacar la broca que causa daños directos al grano y así mismo bajando la calidad del café, la incidencia de esta plaga llega a un 2.81%. De acuerdo a observaciones hechas durante la visita a las fincas, las variedades lempira e IHCAFE 90 mostraban mayor cantidad de granos brocados en comparación a otras variedades como la catuai, pero el porcentaje de roya era más alto debido a su susceptibilidad a esta enfermedad. Daños realizados por el picudo del café se observaron más en el extracto bajo de la planta, variedades como Lempira y IHCAFE 90 mostraron más hojas dañadas en comparación a las variedades susceptibles a roya.

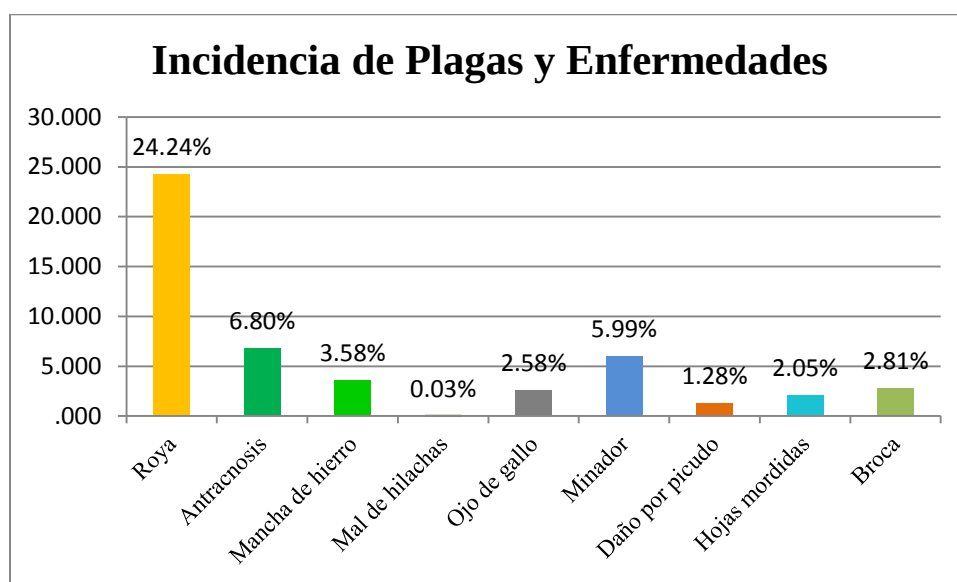


Figura 3. Porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades en el primer muestreo en 26 fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.

Para el segundo muestreo se siguió la misma metodología empleada en el primero. La Figura 4 detalla de manera clara que el problema de roya aumento un 11.34% más que en el primer muestreo. Se encontró que, aquellas fincas donde usan variedades susceptibles a la roya, los porcentajes de incidencia de esta enfermedad aumentaron de 15-30%. Se

observó que las variedades Lempira y IHCAFE 90 (resistentes a roya), muestran síntomas o presencia de la enfermedad, notándose puntos amarillos en forma de zig-zag en el envés de la hoja, sin embargo, no se observaron síntomas o evidencia que hayan perdido la resistencia. Respecto a lo anterior mencionado la variedad Lempira e IHCAFE 90, son variedades más apetitosas por la broca del café, encontrándose del 16-40% de incidencia en las diferentes fincas. Se observó mayor incidencia de esta plaga en la parte de la bandola que está más próxima al tallo principal, encontrándose de 15-20 brocas en granos secos, todos adheridos a las bandolas.

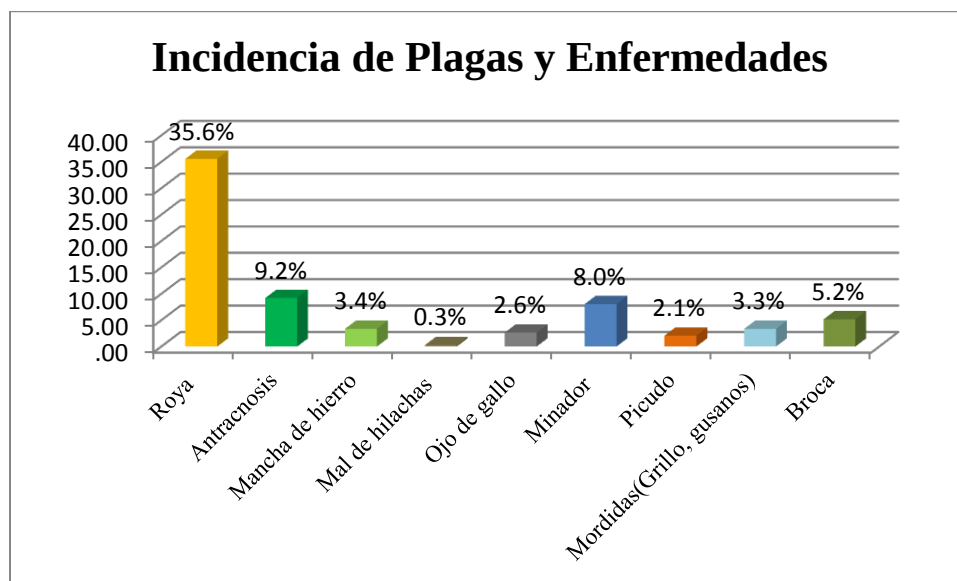


Figura 4. Porcentaje de incidencia de plagas y enfermedades en el segundo muestreo en 26 fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.

En la figura 5 es preciso observar el rápido desarrollo que tiene la roya en apenas 40 días de intervalo entre el primer muestreo y el segundo, aumentando 11.3%, llegando a un 35% de incidencia en las fincas bajo estudio. Antracnosis, Minador, Picudo del cafeto, Mordidas ya sea por gusanos o por grillos, estas plagas aumentaron su incidencia para el segundo muestreo. La broca del cafeto otra plaga de gran relevancia en este cultivo, aumento un 2.39% de incidencia en el total de las fincas evaluadas. También se observa que el ojo de

gallo y la mancha de hierro, no tuvieron ningún crecimiento, para el segundo muestreo. Cabe mencionar que el mal de hilachas no es una enfermedad común de la zona.

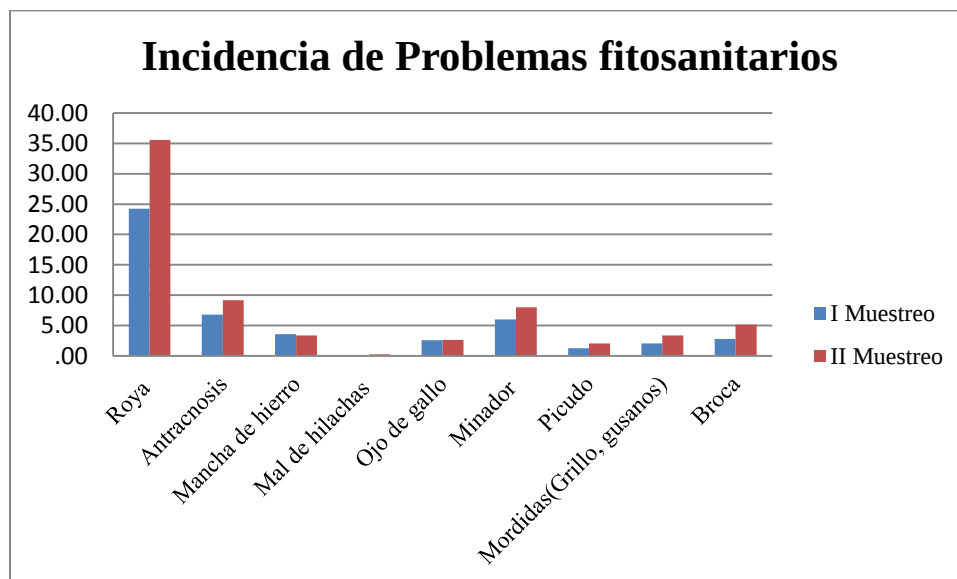


Figura 5. Relación de incidencia de problemas fitosanitarios en el primer y segundo muestreo en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz.

Como anteriormente se había detallado, se evaluaron 13 fincas orgánicas y 13 fincas convencionales. La relación en el porcentual de incidencia entre las fincas convencionales y orgánicas, demuestra que la incidencia de roya en las fincas convencionales es menor en comparación a las fincas orgánicas, esto se le puede atribuir a que las 13 fincas orgánicas visitadas hacen uso de variedades susceptibles a esta enfermedad. Sin embargo, la diferencia entre estas fincas es apenas un 7%, y probablemente el uso de químicos y variedades resistentes amortiguan el porcentaje de incidencia en fincas convencionales. Plagas como la antracnosis y minador suelen tener una mayor incidencia en fincas tratadas orgánicamente. Además se observó que aquellas fincas convencionales con variedades como Lempira e IHCAFE 90, suelen presentar mayor incidencia en cuanto a la mancha de hierro.

Una comparación entre la incidencia de broca, arroja que en las fincas orgánicas es menor en comparación a las que son convencionales, probablemente a una de las siguientes razones:

- El productor utiliza en su finca variedades como lempira, IHCAFE 90, seguramente las sustancias químicas que producen estas variedades y que viajan de las hojas hacia las bandolas suelen ser más apetecidas por este coleóptero que los frutos del catuai o el bourbon.
- Otra causa, no hacer uso de prácticas culturales como la pepena (Frutos que caen al suelo durante la recolecta del grano) y repela de frutos después de la cosecha. De acuerdo a muchas experiencias contadas por los productores este insecto sobrevive en estos granos donde se reproducen pasando el verano en frutos secos, esperando de nuevo la etapa de fructificación, comportamiento parecido al de *Hemileia vastatrix* (roya del cafeto) este hongo suele sobrevivir en hojas viejas, bajando su incidencia y severidad en verano donde las condiciones de vida son desfavorables para el mismo.
- La escasa producción de grano en fincas orgánicas debido al ataque de roya producido en la temporada pasada.

Cuadro 5. Comparación de incidencia de problemas fitosanitarios en fincas convencionales y fincas orgánicas de Marcala, La Paz, 2013.

Problema Fitosanitario	Porcentaje de incidencia en fincas convencionales	Porcentaje de incidencia en fincas orgánicas
Roya	32.48	39.2
Antracnosis	7.53	11.1
Mancha de hierro	3.98	2.6
Mal de hilachas	0.25	0.3
Ojo de gallo	0.97	4.6
Minador	7.58	8.5
Picudo	2.48	1.6
Mordidas(Grillo, gusanos)	3.59	3.1
Broca	5.93	3.9

5.2. Análisis de correlación de Pearson

El análisis de correlación de Pearson permito correlacionar los conjuntos de variables cuantitativas de los diferentes factores bajo estudio (agroecológicos, edafológicos, socioeconómicos y climáticos).

Las variables edad del productor, años dedicados al cultivo de café, área cultivada, número de miembros en la familia, número de personas que dependen económicamente de sus padres, costos en control de malezas, costos en control de roya, costos en controlar otras plagas y enfermedades, costos en fertilizaciones, costos en podas, costos en regulación de sombra, costos en la cosecha, costos en beneficiado, edad de las plantaciones, porcentaje de pendiente, porcentaje de sombra, distanciamiento entre planta y surco, altura de la planta, diámetro de copa, metros sobre el nivel de mar, también variables edafológicas como: materia orgánica, fosforo, Potasio, calcio, hierro, cobre, aluminio y variables del nivel de daño: roya, antracnosis, mancha de hierro, mal de hilachas, ojo de gallo, minador, picudo, hojas mordidas por gusanos o grillos, y broca, son las variables correlacionadas en el análisis. Sin embargo, no todas las correlaciones brindadas por el análisis fueron tomadas en cuenta, ya que solo incluyeron aquellas correlaciones con un nivel de significancia de 0.05% y con un valor de correlación de 0.5 en adelante.

De acuerdo a lo anteriormente descrito, las correlaciones encontradas mediante el análisis de correlaciones de Pearson fueron las siguientes:

- A mayor edad que tiene el productor, mayor es la experiencia adquirida, posee una familia numerosa, por lo tanto es necesaria la sustentación de la familia que invertir en los cafetales. Otro aspecto importante es que en una familia numerosa, hay mayor mano de obra disponible en la finca por lo tanto los costos en control de malezas, plagas y enfermedades suelen disminuir.
- Se encontró que cuando el área cultivada es grande, los productores invierten menos en actividades de control de roya y sombra, sin embargo, en áreas pequeñas estas invierten más. A mayor área, mayores son los costos en actividades agrícolas.
- Entre mayor sombra posee una finca, los porcentajes de materia orgánica son mayores. Además se encontró que el contenido de hierro es bajo. Muy frecuentemente cuando hay presencia de materia orgánica, el hierro se moviliza hacia lugares más bajos del paisaje aunque más a menudo se concentra en algún horizonte del perfil (Juárez et al. 2006). De acuerdo a Durán (2004), la deficiencia de Fe normalmente no se produce por que la concentración total de Fe en el suelo sea baja ya que es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, sino porque existen varios factores como pH, y otros factores como interacción entre el Hierro y la alta concentración de otros nutrientes como el Fosforo, Potasio y Calcio, humedad, enmienda orgánica y temperaturas extremas.
- De acuerdo a la correlación encontrada entre Fe, K y Ca, se encontró que a altos niveles de potasio y calcio, las concentraciones de hierro son bajas. Además se encontró que a altos niveles de Fosforo, los niveles de Fe son altos. El ANACAFE (s.f), manifiesta que el hierro es necesario para el mantenimiento de la clorofila en las plantas y es esencial como componente de muchas enzimas y transportadores.

- Correlacionando la sombra (Porcentaje) con incidencia de enfermedades, se encontró; que a menor sombra mayor es la incidencia de mancha de hierro, el mayor porcentaje de incidencia fue encontrada en aquellas fincas que hacen uso de variedades como Lempira e IHCAFE 90, cuya edad de siembra era de 4 años, y expuestas a pleno sol o a sombra rala. Se encontró que a mayor sombra mayor incidencia de ojo de gallo en variedades susceptibles a esta enfermedad. A menor contenido de Cu menor incidencia del minador de la hoja.
- Entre menos se invierte en controlar plagas y enfermedades, mayor es la incidencia de estas en los cafetales.
- De acuerdo a la correlación, en presencia normal o en altos contenidos de hierro, la incidencia de roya es baja. En deficiencias de este elemento la incidencia es alta.
- Se encontró que en plantaciones susceptibles y viejas, micronutrientes como el Fe, se encuentra en pequeñas proporciones o deficiente.
- La correlación de Pearson muestra que productores de la zona suelen invertir en controlar malezas, las fincas se mantienen limpias en ese aspecto, siendo así los costos en controlar otras plagas disminuyen.
- La correlación de Pearson muestra una relación entre costos en controlar malezas y costos en fertilización, como las fincas se mantienen limpias, los suelos se encuentran desprotegidos aumentando los riesgos de erosión, siendo así, hay un lavado de nutrientes; entonces las necesidades nutricionales en las plantaciones aumentan, demandando fertilizaciones y de esta manera aumentan los costos de esta actividad.
- Otra relación encontrada fue, entre la edad de las plantaciones, el área cultivada, e incidencia de roya, en aquellas fincas con áreas grandes y plantaciones demasiado

viejas y susceptibles es donde existe una gran incidencia de roya ya que estas plantaciones no han sido renovadas.

- A mayor distanciamiento de siembra entre planta, mayores son los costos en el control de roya.
- Se encontró correlación entre los costos en controlar roya y la incidencia de esta enfermedad, cuando hay una inversión en controlar esta enfermedad, la incidencia disminuye, en caso contrario la incidencia aumentara causando más perdidas al sector cafetalero, estos, un efecto acumulativo del inoculo.
- Se encontró que a mayor pronunciación de pendiente (59% de pendiente como valor máximo en la zona de Marcala) los contenidos de magnesio en los suelos son normales o altos, encontrándose un rango de 0.6-2.8 meq/100. Muchas fincas poseen sombras permanentes con abundante hojarasca en el suelo, lo que evita una erosión.

Luego se procedió a realizar el análisis de componentes principales.

5.3. Análisis de componentes principales (ACP)

El análisis de componentes principales permitió reducir las variables observables para explicar la variación existente. Para reducir las variables observables, se eliminaron aquellas variables cuantitativas con un coeficiente de variación menor al 15% por poseer un bajo valor discriminante que no permitía reducir el conjunto de variables evaluadas. Los siete componentes principales o variables sintéticas retenidas fueron: edad del productor, área cultivada, número de miembros en la familia, número de personas que dependen económicamente de sus padres, costos en control de malezas, costos en control de roya, costos en controlar otras plagas y enfermedades, costos en fertilizaciones, costos en podas, costos en la cosecha, edad de las plantaciones, porcentaje de pendiente, materia orgánica,

fosforo, Potasio, calcio, hierro y cobre, las cuales explican el 75% de la variación acumulada de las variables evaluadas (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Variación acumulada de las variables originales.

Valores propios de la matriz de correlación				
Componente	Valor propio	Diferencia	Proporción	Acumulativo
1	4.49400	1.90939	0.2247	0.2247
2	2.58461	0.31898	0.1292	0.3539
3	2.26563	0.37378	0.1133	0.4672
4	1.89186	0.45542	0.0946	0.5618
5	1.43643	0.24713	0.0718	0.6336
6	1.18930	0.04187	0.0595	0.6931
7	1.14743	0.17936	0.0574	* 0.7505

La contribución relativa de cada componente está definida por aquellas variables que tiene mayor peso en relación a las demás variables. Para el componente uno las variables que más contribuyen a la variación son: costos en control de malezas, costos en controlar roya y costos en controlar otras plagas y enfermedades, entonces, este componente está relacionado con los costos en las actividades que se realizan en las fincas. Las variables área cultivada, número de miembros en la familia, dependen económicamente de sus padres, costos en controlar plaga y costos en podas son las que más contribuyen a la variación en el componente dos. Para el componente tres las variables que más contribuyen a la variación son variables del factor suelo (ver cuadro 7).

Cuadro 7. Contribución relativa de las variables en los componentes.

Variable	Contribución relativa de las variables en los componentes						
	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 5	Comp 6	Comp 7
arcul	17.6	21.3	18.3	6.5	5.5	0.6	30.3
mifa	11.0	36.0	3.5	2.0	19.2	19.1	9.3
deco	3.1	18.1	0.0	63.0	7.7	5.9	2.1
crmal	56.8	7.7	0.7	13.8	0.9	7.8	12.4
ccro	25.5	6.2	8.5	22.0	32.7	2.7	2.4
ccpe	47.5	28.8	0.0	11.1	8.2	0.3	4.1
cofer	15.2	9.4	0.0	6.5	0.9	0.2	68.0
copo	3.9	21.7	0.9	13.5	32.3	27.6	0.1
cocos	7.4	3.8	0.6	11.3	31.6	19.2	26.0
Edplan	10.6	34.9	3.5	3.2	17.7	29.8	0.4
pend	3.0	1.2	53.8	6.1	2.5	2.0	31.3
mo	9.7	3.1	55.1	2.2	17.4	12.3	0.0
p	9.7	4.7	0.0	19.8	47.9	17.1	0.8
k	20.6	9.4	0.2	40.8	0.9	0.0	28.1
ca	30.0	6.8	34.6	23.0	0.1	5.3	0.1
fe	48.8	12.5	6.6	0.0	16.2	2.1	13.7
cu	6.1	1.5	35.1	20.6	5.5	0.4	30.8
al	12.6	36.8	20.5	5.2	0.9	21.4	2.7
dim1	1.4	10.9	31.3	8.8	22.1	4.0	21.5
dim2	0.5	13.8	11.7	8.6	1.7	63.7	0.1

Arcul: área cultivada, **Mifa:** miembros en la familia, **Deco:** dependen económicamente, **Crmal:** costos en control de malezas, **Ccro:** costos en control de roya, **Cocpe:** costos en controlar otras plagas y enfermedades, **Cofer:** costos en fertilizaciones, **Copo:** costos en podas, **Cocos:** costos en la cosecha, **Edplan:** edad de las plantaciones, **Pend:** pendiente, **Mo:** materia orgánica, **P:** fosforo, **K:** Potasio, **Ca:** calcio, **Fe:** hierro, **Cu:** cobre, **Al:** aluminio, **Dim1, Dim2:** valores continuos obtenidos de las variables cualitativas.

La comunalidad (R^2) de cada variable explicada por los 7 componentes retenidos es de más del 66% de la variación total de las características estudiadas, lo cual significa que la clasificación de las fincas en base a esas 7 variables sintéticas o componentes principales

aporta suficiente información para definir la tipología de los grupos que se forman por las diferentes fincas (ver cuadro 8).

Cuadro 8. Comunalidad (R^2) de cada variable explicada por los 7 componentes retenidos.

Variable	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 5	Comp 6	Comp 7	Comunalidad (R^2)
Arcul	-0.50570	0.42165	0.36638	-0.19883	0.15911	0.04781	0.33494	0.74707
Mifa	0.43263	0.59218	-0.17202	-0.11998	-0.32235	0.29239	-0.20049	0.81143
Deco	0.22583	0.41457	-0.01646	-0.66082	-0.20151	0.15994	-0.09485	0.73500
Crmal	0.78007	0.21828	0.05930	0.24966	-0.05557	0.14 845	0.18393	0.78097
Ccro	0.58244	-0.21870	0.23831	0.35111	0.37304	0.09749	-0.09117	0.72412
Ccpe	0.60473	0.35740	-0.00833	0.18984	-0.14218	0.02329	-0.08991	0.55838
Cofer	0.49647	0.29568	-0.00214	0.21015	-0.06734	0.02686	0.53106	*0.66536
Copo	0.26223	0.46622	-0.09047	0.31446	0.42445	0.35682	0.02426	0.70126
Cocos	0.37848	0.20520	-0.07369	0.30298	-0.44070	-0.31275	0.35743	0.70237
Edplan	-0.42855	0.58977	0.17412	-0.15178	0.31280	0.36912	0.03986	0.82052
Pend	-0.22652	-0.10861	-0.68321	-0.21094	-0.11824	0.09657	0.37055	0.73499
Mo	-0.37597	-0.16185	0.63522	-0.11635	-0.28442	0.21776	0.01007	0.71300
P	0.43099	0.22706	-0.00541	-0.39928	0.54120	-0.29449	0.06308	0.78036
K	-0.55511	0.28426	-0.04110	0.50699	0.06673	0.00553	-0.32740	0.75936
Ca	-0.62476	0.22628	-0.47677	0.35490	0.02154	-0.13525	-0.02200	0.81403
Fe	0.79716	-0.30586	-0.20862	-0.00918	0.26003	-0.08449	-0.21364	0.89302
Cu	-0.30809	-0.11528	0.52327	0.36640	0.16427	-0.04236	0.34885	0.66674
Al	0.44944	-0.58368	0.40738	-0.18836	-0.06691	0.30186	0.10518	0.85078
Dim1	-0.15557	-0.32967	-0.52385	-0.25424	0.35042	0.13500	0.30917	0.70854
Dim2	0.10505	0.43426	0.37444	-0.29465	0.11324	-0.63379	-0.02885	0.84199

Arcul: área cultivada, **Mifa:** miembros en la familia, **Deco:** dependen económicamente, **Crmal:** costos en control de malezas, **Ccro:** costos en control de roya, **Cocpe:** costos en controlar otras plagas y enfermedades, **Cofer:** costos en fertilizaciones, **Copo:** costos en podas, **Cocos:** costos en la cosecha, **Edplan:** edad de las plantaciones, **Pend:** pendiente, **Mo:** materia orgánica, **P:** fosforo, **K:** Potasio, **Ca:** calcio, **Fe:** hierro, **Cu:** cobre, **Al:** aluminio, **Dim1, Dim2:** valores continuos obtenidos de las variables cualitativas.

5.4. Análisis de clasificación.

El análisis por conglomerados o clusters, permitió agrupar un determinado grupo de individuos (fincas) con características similares, aquellas fincas que quedaban solas o sin agrupación alguna, se le considero como un individuo atípico, el cual posee características muy diferentes, es decir, no se asemejan al patrón de las demás fincas. La figura 6, mediante clusters, detalla el agrupamiento de las fincas de acuerdo a las características típicas de cada uno con un nivel de similitud de 71%.

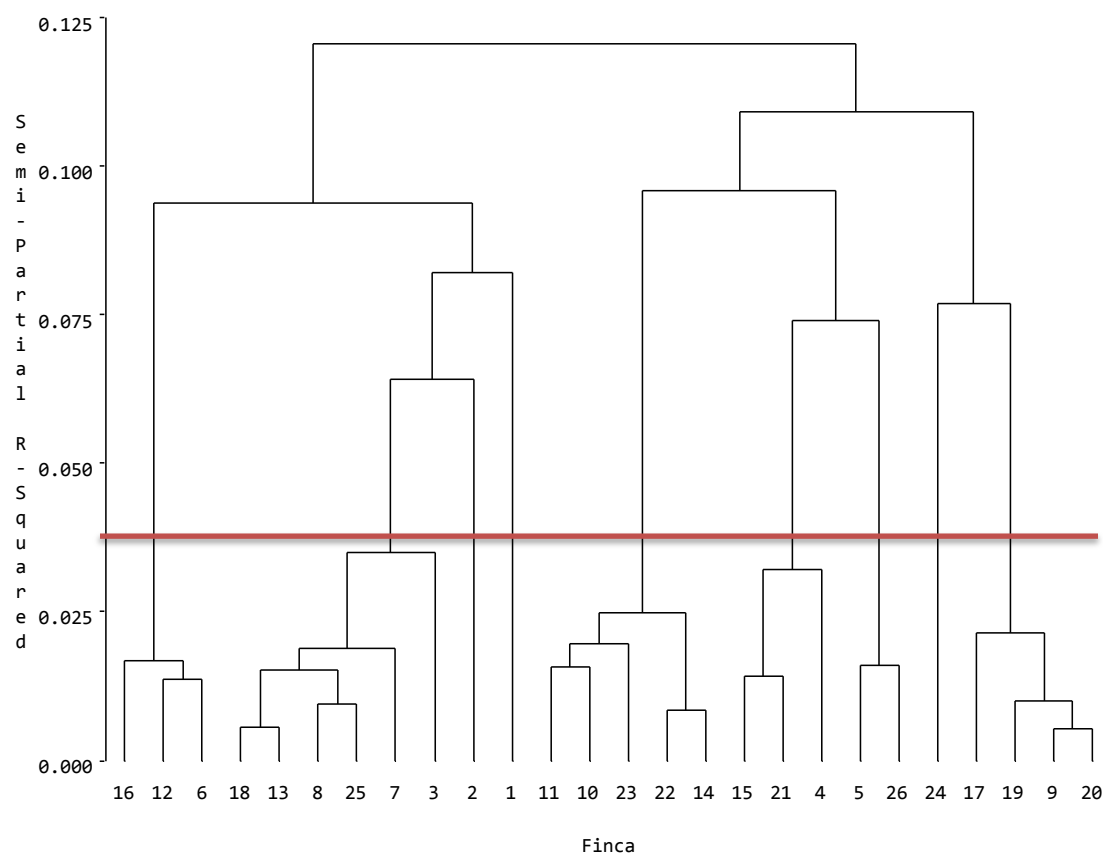


Figura 6. Agrupación de fincas de acuerdo a similitud mediante clúster.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, se obtuvo 6 grupos de fincas con características similares, se encontraron 3 individuos atípicos lo cual no pueden ser agrupados debido a

que no poseen características similares, sin embargo, a cada individuo atípico se le asigna un grupo, el cual estará conformado apenas por ese mismo individuo por poseer características propias y diferentes a los demás. La agrupación de fincas se realizó con un nivel de similitud de 71% como anteriormente se había descrito.

Cuadro 9. Grupos de fincas con un nivel de similitud de 71% mediante el análisis de clusters.

Grupo		Fincas	Variables similares	Plagas y enfermedades similares
1		16 12 6	Mo, K, Al, Ca, Pend	Roya y antracnosis
2		18 13 8 25 7 3	K, Mifa	Mal de hilachas, Antracnosis
3		11 10 23 22 14	Mifa, Edpla, K, Cu, Al	Roya y Mordidas por gusano o grillo
4		15 21 4	Arcul, Copo, Pend, Mo, Cu, K	Roya, Picudo y Broca
5		5 26	Arcul, Mifa, Cocos, Edpla, Mo, P, K, Cu	Roya, Antracnosis, Mancha de hierro, Mal de Hilachas y Minador
6		17 19 9 20	Deco, P, K, Ca	Mal de hilachas y Mancha de hierro
Atípicos	7	2		
	8	1		
	9	24		

- Las fincas del grupo uno, el factor edafológico es el más relevante, ya que hay un desequilibrio nutricional en cuanto a elementos como Ca, Al y K, por lo tanto, estas plantaciones mal nutridas están propensas a un alto ataque por roya y otras enfermedades como la antracnosis.
- Para la agrupación dos, en cuanto al factor socioeconómico, para los productores es más importante la sustentación de la familia que invertir en los cafetales, así mismo esto se ve reflejado en el factor edafológico encontrando un desequilibrio en elemento potasio, siendo estos los factores que infieren en la incidencia de mal hilachas y antracnosis.
- En las fincas del grupo tres, los factores socioeconómicos, genéticos y edafológicos son los que contribuyen a la incidencia de roya y mordidas de gusano o grillo, ya que una planta más vieja, mal nutrida y con poca inversión en su mantenimiento, es más propensa a daños causados por dichas enfermedades.
- En el grupo cuatro, la incidencia de roya y plagas como picudo y broca son comunes, siendo estas un reflejo de los factores socioeconómicos (área cultivada y costos en podas) y edafológicos (pendiente, materia orgánica, cobre y potasio).
- En la agrupación cinco, los factores socioeconómicos (área cultivada, número de miembros en la familia, costos en cosecha), genéticos (edad de la plantación) y edafológicos (materia orgánica, fosforo, potasio y cobre), son los que influyen en el desarrollo de enfermedades como roya, antracnosis, mancha de hierro, mal de Hilachas y plagas como el minador.
- Según la agrupación seis los factores que más afectan la incidencia de mal de hilachas y mancha de hierro son los socioeconómicos encontrando, mayor número de miembros que dependen económicamente del productor y los edafológicos caracterizado por un desequilibrio nutricional en fosforo potasio y calcio, por lo que se puede destacar que

los productores invierten más en la sustentación familiar que en los cafetales. En cuanto a las fincas 2, 1 y 24 poseen patrones diferentes a las demás fincas.

5.5. Correlación canónica

El análisis de correlación canónica permitió encontrar la relación entre los factores agronómicos, edafológicos y socioeconómicos (variables “Y”, ver cuadro 10) con respecto a la incidencia de plagas y enfermedades en los cafetales (variables “X”, ver cuadro 11). En síntesis de lo expuesto en las correlaciones simples, la correlación canónica permitió concluir sobre todas las variables en conjunto. Cada correlación encontrada esta explicada en un valor de correlación explicado por el cuadro 9. Para la primera correlación encontrada el valor de correlación es alta (100%).

Cuadro 9. Análisis de correlación canónica.

Análisis de correlación canónica			
	Valor de correlacion	Error estándar	Nivel de significancia
1	1	0	1
2	1	0	1
3	1	0	1
4	0.960479	0.015496	0.922521
5	0.933419	0.025746	0.87127
6	0.845241	0.057114	0.714432
7	0.755728	0.085775	0.571126
8	0.678777	0.107852	0.460739
9	0.521689	0.145568	0.272159

Para obtener una correlación canónica, se buscó el valor más alto en las variables “Y” (ver cuadro 10) y los valores más altos en las variables “X” (ver cuadro 11) y así concluir sobre las correlaciones encontradas.

Cuadro 10. Correlaciones entre la “X” y sus variables canónicas.

Estructura canónica										
Correlaciones entre la X y sus variables canónicas										
Variable		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
Arcul	y1	0.398	0.3409	-0.3611	-0.297	0.3372	-0.0425	0.1375	0.2163	-0.3375
Mifa	y2	0.0138	-0.0275	0.157	0.1415	0.0497	-0.2304	0.3731	0.1587	-0.1788
Deco	y3	-0.0837	-0.0189	0.1862	0.0197	0.4413	-0.2021	0.0112	0.2175	-0.1826
Crmal	y4	-0.2627	-0.0619	0.0077	0.409	0.0663	0.2351	0.1521	0.0077	-0.1409
Ccro	y5	-0.1755	-0.623	-0.4073	0.3718	-0.0887	-0.0314	0.0752	-0.0492	-0.1233
Ccpe	y6	-0.2749	0.0645	0.0091	0.1401	-0.241	-0.0801	0.085	-0.0664	-0.3999
Cofer	y7	-0.0865	0.3391	-0.0477	0.3813	-0.097	0.0706	-0.0633	0.1351	-0.4558
Copo	y8	0.0863	-0.3289	-0.2012	-0.2587	0.181	0.237	-0.0624	-0.2717	-0.2379
Cocos	y9	-0.3563	0.046	0.0262	-0.1032	-0.0915	0.227	-0.2582	0.321	0.1078
Edplan	y10	0.5804	-0.062	0.2454	-0.3111	0.3993	0.218	0.0923	0.0601	-0.3817
Pend	y11	-0.2796	0.1548	0.0941	-0.25	0.0456	0.2213	0.1117	-0.296	-0.0709
MO	y12	0.342	0.0126	-0.194	-0.3597	0.0148	-0.2904	0.2333	0.0961	0.1469
P	y13	-0.0776	-0.0031	-0.2753	0.3825	0.2683	0.1802	0.0768	0.0452	-0.2976
K	y14	0.2887	0.0576	0.0726	-0.2959	-0.1628	0.0342	0.0221	0.2842	0.1242
Ca	y15	0.0782	0.1398	0.3169	-0.2863	-0.1677	0.1505	0.0842	-0.1385	0.1076
Fe	y16	-0.2799	-0.2434	-0.0808	0.7214	0.1037	0.0264	-0.1532	-0.2856	0.207
Cu	y17	0.3142	-0.0769	-0.2707	-0.1573	-0.1667	0.4658	0.0593	0.2439	0.265
Al	y18	0.0426	-0.2749	-0.0177	0.3075	-0.0112	-0.3293	0.0806	0.067	0.1146
Añexper	y19	0.2515	0.0067	-0.0309	-0.1038	0.0413	0.2587	-0.2972	0.0809	-0.3041

Arcul: área cultivada, **Mifa:** miembros en la familia, **Deco:** dependen económicamente, **Crmal:** costos en control de malezas, **Ccro:** costos en control de roya, **Cocpe:** costos en controlar otras plagas y enfermedades, **Cofer:** costos en fertilizaciones, **Copo:** costos en podas, **Cocos:** costos en la cosecha, **Edplan:** edad de las plantaciones, **Pend:** pendiente, **Mo:** materia orgánica, **P:** fosforo, **K:** Potasio, **Ca:** calcio, **Fe:** hierro, **Cu:** cobre, **Al:** aluminio,

Cuadro 11. Correlaciones entre la “Y” y sus variables canónicas

Correlaciones entre la Y y sus variables canónicas										
Variable		W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9
Roy	x1	0.5545	0.0000	0.5456	-0.366	0.3416	0.2296	0.0076	-0.2258	-0.2011
An	x2	0.4353	0.0919	0.3906	-0.199	0.0871	0.6555	-0.2426	-0.3332	0.053
Mhier	x3	-0.1049	0.158	-0.2649	-0.3128	-0.3194	0.0091	0.5132	0.1515	0.6384
Malh	x4	0.6331	-0.3216	0.1252	0.1937	0.1474	0.238	-0.179	-0.201	0.5402
Ojog	x5	-0.1222	-0.1636	-0.0884	-0.1652	0.0168	0.1122	-0.5276	0.7943	0.0324
Mind	x6	-0.8909	0.0514	0.121	0.1916	0.2001	-0.1572	0.1217	-0.0501	0.265
Pic	x7	-0.1978	0.5664	0.1792	-0.0897	-0.0545	-0.5582	-0.4353	-0.2075	0.2296
Morgg	x8	-0.0152	0.4968	0.5477	0.6302	-0.0664	-0.0455	0.0113	0.2021	-0.0912
Br	x9	0.1691	0.521	-0.2206	-0.0056	0.3136	0.4804	0.1083	-0.0363	0.5559

Roy: roya, **An:** antracnosis, **Mhier:** mancha de hierro, **Malh:** mal de hilachas, **Ojog:** ojo de gallo, **Mind:** minador, **Pic:** picudo, **Morgg:** hojas mordidas por gusanos o grillos, **Br:** broca.

Relación encontrada entre las variables acumuladas y las distintas plagas y enfermedades:

- A mayor edad en la plantación, mayor será la incidencia de mal de hilachas y roya, y menor la incidencia de minador; por lo que podemos decir que las enfermedades como roya y mal de hilachas prefieren las plantaciones más viejas y desarrolladas, en cambio el minador prefiere plantaciones nuevas y que se encuentren en crecimiento para poder desarrollarse mejor.
- En aquellas fincas donde los costos en invertir roya son bajos o casi nulos, la incidencia de picudo del cafeto es alta, ya que en dichas fincas las variedades cultivadas son resistentes a roya y suelen ser más apetecidas por el picudo, el productor descuida en controlar esta plaga solo por poseer variedades resistentes a roya. Estos productores no hacen una vigilancia de otras plagas que pueden estar causando daño a los cafetales.
- A menor inversión en controlar roya, esta enfermedad muestra altas incidencia.

- Cuando hay una inversión en controlar malezas, mayor es la incidencia de mordidas por grillos o gusanos (probablemente al no haber malezas de que alimentarse, grillos y gusanos se refugian en el cafetal limpio y solo queda alimentarse de los cafetos. Un buen control de malezas reduce la incidencia de *Hemileia vastatrix*.
- Cuando mayor es el número de miembros que dependen económicamente de la familia, mayor será la incidencia de roya, ya que los productores se enfocan más en que su familia tenga lo necesario y descuidan el control de roya en las fincas.
- Cuanto mayor es la cantidad de cobre en el suelo, mayor es la incidencia de antracnosis y broca.
- A mayor miembros de la familia, mayor incidencia de mancha de hierro, y menor la incidencia de ojo de gallo. Hay mano de obra que regula sombra por lo tanto disminuirá la incidencia de ojo de gallo y aumentara la incidencia de mancha de hierro ya que esta enfermedad se desarrolla mejor en poca sombra.
- Cuando menor es el porcentaje de pendiente en la finca, menor es la incidencia de antracnosis y mayor incidencia de ojo de gallo.
- Entre menos se invierte en fertilizaciones, mayor es la incidencia de mancha de hierro, mal de hilachas en las hojas y broca en los frutos.

VI. CONCLUSIONES

- ✓ En Marcala, La Paz, se presentan temperaturas medias de 22 °C anuales, con altas precipitaciones, distanciamientos de siembra inadecuados, los suelos poseen un pH que va de 4.5-5.6 y las familias son numerosas.
- ✓ El factor socioeconómico tiene influencia sobre la incidencia de plagas y enfermedades en la región debido a que los productores invierten más en la familia que en los cafetales, así mismo la variación de temperaturas y altas precipitaciones en la región favorece la incidencia de las mismas.
- ✓ Condicionantes como el uso de variedades susceptibles y viejas han permitido un acumulo del inoculo.
- ✓ El factor genético está por encima de todos los factores, debido a que en la zona la mayoría de las fincas están cultivadas con variedades susceptibles a roya, en segundo lugar también existe una relación con factores edafológicos y nutricionales ya que una planta mal nutrida esta propensa al ataque de plagas y enfermedades, por ultimo están los factores socioeconómicos.

VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Al IHCAFE (Instituto Hondureño del Café) que brinden capacitaciones técnicas sobre la roya anaranjada del café, enseñando a los productores a realizar en sus fincas prácticas de monitoreo.

- ✓ A la cooperativa COMSA, crear un programa de prevención de plagas y enfermedades, ya que cuando enfermedad como la roya se hace visible puede ser demasiado tarde para un control efectivo. Motivar al productor a renovar aquellos cafetales deteriorados y a cultivar variedades resistentes a roya y buenas en calidad de taza.

- ✓ A los productores, realizar las fertilizaciones químicas u orgánicas correspondientes y así obtener plantaciones bien nutridas, invertir lo suficiente en el mantenimiento de los cafetales y por ultimo renovar las variedades susceptibles por variedades resistentes a roya.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Avelino, J. 2004. Los efectos de modelo de dirección de cosecha sobre el café oxidan epidemias. (En línea). Consultado el 15 de Abril 2013. Disponible en la Web. <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=e9dc88ec-6763-4964-bbdd-2ed7c64f81e5%40sessionmgr10&vid=14&hid=28>
- _____. 1997. Encuesta-Diagnostico sobre la roya anaranjada del cafeto en Honduras. (En Línea). 6 p. Consultado el 13 de Mayo del 2013. Disponible en la Web. <http://books.google.hn/books>
- _____. 1999. La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. San José, Costa Rica. 51 p. (En Línea). Consultado el 13 de Abril del 2013. Disponible en la Web. <http://www2.tapecosur.edu.mx/mip/Plagas/Roya/pdfs/Articulos/La%20Roya%20anaranjada%20del%20cafeto%20Mito%20y%20Realidad%20Avelino%20et%20al%201999.pdf>
- ANACAFE (Asociación Nacional del café). s.f. Fertilización. Consultado el 20 de Noviembre del 2013. Disponible en la web. www.anacafe.org/glifos/index.php?tilte=caficultura.fertilizacion
- Cayuela, 2010. Análisis Multivalente. 154 p. (En Línea). Consultado el 27 de Mayo del 2013. Disponible en la Web. <http://158.49.96.73:8080/documenta/bitstream/00000001/27/1/6-Analisis%20multivalente.pdf>

- CENICAFE (Centro Nacional de Investigación del Café), 2011. Roya de café en Colombia: impacto manejo y control. 52 p. (En Línea). Consultado el 3 de Mayo del 2013. Disponible en la Web.
http://www.federaciondecafeteros.org/static/files/roya/boletin_roya/BoletinRoya1Definitivo.pdf
- CEPICAFE (Central Piurana del Café), s.f. Manejo fitosanitario del café. (En Línea). Consultado el 26 de Mayo del 2013. Disponible en la Web.
<http://api.ning.com/files/vgw03ZoEdA2f8rYNKdByKe3CXEnSaeOdMdQJUZEe6EfxYDSCWVyKSxaCdQ9xCQvun5yvGGzn5HvZffz2S3nHrDgkGfzFF0/ManejoFitosanitarioenelcultivodeCafok.pdf>
- CONACAFE (Consejo Nacional del Café), 2013. Roya del cafeto afecta a Centroamérica. (En Línea). Consultado 14 de Mayo del 2013. Disponible en la Web.
http://www.rdracma.com/index.php?option=com_content&view=article&id=2887&catid=2
- Cuadras, S. 2011. Café y Clima: geometría del cambio. (En Línea). Consultado 14 de Mayo del 2013. Disponible en la Web. http://www.forumdelcafe.com/pdf/F-49_Cambio_climatico.pdf
- Durán, A. 2004. Composición del suelo. Monte Video. Uruguay. Consultado el 20 de Noviembre del 2013. Disponible en la web.
www.Fagro.edu.uy/~edafología/curso/materialdelectura/COMPOSICIÓN/composición.Pdf
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), 2004. Guía práctica producción de café con sombra de maderables. La Lima, Cortes, HN. (En Línea). Consultado el 01 Abril del 2013. Disponible en la Web.
http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/gpcafeconsombramaderables.pdf

- Flores, W. C. 2011. El sector energético de Honduras: Potencial energético del café. (En línea). Honduras. Consultado el 06 de Abril del 2013. Disponible en la Web. <http://www.sirih.org/uploaded/content/article/1738307773.pdf>
- Gali, A. s.f. Roya del cafeto: Perjuicios y Beneficios para la caficultura. México. 5 p. (En Línea). Consultado el 13 de Abril del 2013. Disponible en la Web. <http://www.forumdelcafe.com/pdf/La%20Roya%20del%20Cafeto.pdf>
- Gianessi, L; Williams, A. 2011. Cambio climático que incrementa la necesidad de fungicidas en el cultivo de café: Los beneficios de pesticidas a nivel mundial. 1 p. (En Línea). Consultado el 13 de Abril del 2013. Disponible en la Web. http://www.croplifela.org/pages_html/pdfs/Cambio_climatico_Incrementa_necesidad_fungicidas_Cafe.pdf
- IHCAFE (Instituto Hondureño del Café), 2013. Roya de café (*Hemileia vastatrix*): Problemática. (En línea). Consultado el 04 de Abril del 2013. Disponible en la Web. <http://www.ihcafe.hn/>
- Juárez, M; Cerdán, M; Sánchez, A. 2006. Hierro en el sistema suelo planta. Departamento de agroquímica y bioquímica. Facultad de ciencias. Universidad de Alicante. España. Consultado el 20 de Noviembre del 2013. Disponible en la web. www.rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1845/1/Hierro.pdf
- López, F. 2010. Efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) del café, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, en Turrialba, Costa Rica. CATIE (Centro Agronómico tropical de investigación y Enseñanza). Tesis. 99 p. (En Línea). Consultado el 5 de Abril del 2013. Disponible en la Web. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5960e/A5960e.pdf>

- Loreto, 2013. Efectos de la roya dejarían pérdidas por US\$600M en la cosecha de café en Centroamérica. (En Línea). Consultado el 13 de Abril del 2013. Disponible en la Web. <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/roya-en-centroamerica-dejaria-perdidas-por-us600m-y-la-cosecha-de-cafe-golpeada->
- OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria) 2013. Programa regional de apoyo al control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). 12 p. (En Línea). Consultado 14 de Mayo del 2013. Disponible en la Web. <http://www.oirsa.org/portal/documents/documentos-taller-roya/01-Programa-Roya-del-Cafeto-OIRSA.pdf>
- PROMECAFE (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura), 2012. Impacto de la roya en Centroamérica. (En Línea). Consultado el 13 de Abril del 2013. Disponible en la Web. http://www.promecafe.org/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=118
- PROMECAFE, 2012. Enfermedad de la roya de café: condiciones para la aparición y desarrollo de la roya del café. (En línea). Consultado el 13 de Abril del 2013. Disponible en la Web. http://www.promecafe.org/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=118
- Romero, H. 2006. Usos y limitaciones de los métodos de análisis multivariados en la epidemiológica. Redalyc (Red de revistas científicas de américa latina, el Caribe, España y Portugal).5p. (En Línea). Consultado el 27 de Mayo del 2013. Disponible en la Web. <http://www.udea.edu.co>
- SAGAPRA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), 2013. Estrategias y acciones de la campaña fitosanitaria contra la roya del cafeto.

México. 15 p. (En Línea). Consultado el 27 de Mayo del 2013. Disponible en la Web. www.senasica.gob.mx

- Sanabria, H. 2005. Caracterización morfológica y molecular con marcadores RAMS en árboles nativos de *Psidium guajaba* (Guayaba) en el valle del Cauca. 133 p. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
- Saravia, E. 2000. Producción masiva de *Verticillium sp.* hiperparasito de roya del café. CATIE (Centro Agronómico tropical de investigación y Enseñanza). Turrialba, Costa Rica. 62 p. Tesis. (En Línea). Consultado el 13 de Mayo del 2013. Disponible en la Web. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0358E/A0358E.PDF>
- Subero, s.f. Roya del cafeto: Patogénesis. 15 p. (En Línea). Consultado el 15 de Abril del 2013. Disponible en la Web. <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/136.pdf>
- Vega, G. 2008. Curso de estadística avanzada: análisis multivariado. 22 p. (En Línea). Consultado el 27 de Mayo del 2013. Disponible en la web. <http://www.uclm.es/actividades0708/cursos/estadistica/pdf/descargas/AnalisisMulti variante.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Encuestas para análisis multivariado sobre la incidencia de la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*) en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.

I. Ubicación de la finca

1.1. Departamento _____ Municipio _____ Aldea _____

1.2. Nombre de la finca _____

1.3. Área sembrada con café: En producción ha _____. En plantío ha _____

II. Aspectos Generales del Productor

2.1. Nombre del productor _____

2.2. Clave IHCAFE _____ Identidad _____

2.3. Nivel de escolaridad que posee el productor

Ninguna ____ Primaria (hasta 3^{er} grado) ____ Primaria (mayor 3^{er} grado) ____

Secundaria C ____ / I ____ Universitaria C ____ / I ____

2.4. Edad: _____ Años. Años como productor de café _____

2.5. Lugar donde vive: En la finca _____ Fuera de ella _____

Factor I. Aspectos socioeconómicos del productor y de la finca

1.1. Meses que realiza mayor actividad en la finca _____

1.2. ¿Cuántos miembros son en su familia? _____

1.3. ¿Cuántos dependen económicamente de usted? _____

1.4. ¿Cuántos miembros de su familia colaboran con las actividades de la finca _____

1.5.Cuál es el costo por año de las siguientes actividades:

Regulación de sombra _____ Control de malezas _____ Control de Roya _____

Otras plagas y enfermedades _____ Fertilizaciones _____ Podas _____

Cosecha _____ Beneficiado _____

1.6. ¿Cuál es la disponibilidad de la mano de obra en la zona?

- Escasa _____ Suficiente _____ Abundante _____
- 1.7. Cuántos jornales utiliza en las actividades de la finca/ mes? _____
- 1.8. ¿Cuántos jornales participan por día en las actividades de cosecha? _____ por cuánto tiempo? _____ días .
- 1.9. ¿Cuál es la forma de pago a sus trabajadores?
- Al día _____ Hora _____ Semanal _____ Quincenal _____ Mensual _____
- 1.10. ¿Cuál es el costo diario por jornal? Lps _____
- 1.11. ¿Cuenta usted con un medio de transporte en su finca. Si _____ No _____
- En caso de si, ¿Cuál? _____
- 1.12. ¿Tiene casa en su finca? Si _____ No _____
- 1.13. ¿Tiene beneficio? Sí _____ No _____
- 1.14. ¿Cómo vende su café?
- En uva _____ Pergamino Oreado _____ Pergamino Húmedo _____
- Pergamino seco _____ Otros _____ ; En lata _____ Pesado _____
- ¿Cuál es su producción anual?: _____ qq café pergamino seco.
- 4.7. ¿Qué tipo de café produce en su finca?
- Standard _____ Altura _____ Estricta Altura _____ Especial _____
- 1.15. ¿Cómo seca su café? Patio de cemento _____, Secadora solar, _____ secadora mecánica _____ Otros, explique _____
- 1.16. ¿Qué hace con la pulpa del café? Aboneras _____ Tira a la finca _____ La deja en el beneficio _____ La tira en cualquier lugar _____
- 1.17. Destino de las aguas mieles? Ríos _____ Quebradas _____ Laguna de oxidación _____ Otros _____
- 1.18. ¿Con cuáles servicios públicos cuenta en su finca?: Luz eléctrica _____,
- Agua entubada _____, teléfono fijo _____, letrinas _____, pozo séptico _____ Otros _____
- 1.19. Distancia de su finca a la escuela más cercana _____ km
- 1.20. ¿Qué otro tipo de ingreso genera su finca? Especifique: _____
- 1.21. ¿Tiene otro tipo de ingreso además de los de su finca? Sí _____ No _____
- Especifique: _____

¿Recibe algún tipo de financiamiento? Sí___ No___

¿De quién?: Banco___ Cooperativa___ Intermediarios _____ Otros _____

1.22 ¿Recibe capacitación técnica sobre el manejo del café? Sí ___ No___

¿De parte de quién?_____

1.23.¿Pertenece a alguna organización del sector cafetalero?: Sí___ No___

1.24.Cuál es el sistema de manejo de su finca: Orgánico___ Convencional___ Ambos___

1.25.Tiene certificada su finca Sí_____ No_____

Que institución la certifica_____

Factor II. Aspectos Climáticos de la finca

2.1.¿En cuál mes comienza la época lluviosa en la zona de su finca?_____

2.2. ¿Cuántos meses dura la época lluviosa?_____

2.3. ¿Cuál(es) es o son lo(s) mes(es):

Más lluviosos?_____ Más secos_____

2.4. Se ha modificado la fecha de inicio de corte? Sí ___ No___

En qué mes lo iniciaba hace 5 años _____ En que mes ahora? _____

2.5. Ha tenido pérdidas en la cosecha por problemas de lluvia Sí___ No___

Y por sequía? Sí___ No___

2.6.Ha notado diferencias en el clima en los últimos 5 años Sí___ No___

Si su respuesta es sí, especifique _____

El cambio de clima ha modificado el número de cortes en su finca? Sí ___ No___

En caso de Si; Cuantos cortes realizaba hace 5 años? _____ Y cuantos ahora?_____

2.7 * Temperatura promedio (°C)_____Precipitación media anual (mm)_____

2.8. *Humedad relativa media anual (%) _____Altitud promedio (msnm)_____

2.9. ¿Existe alguna estación meteorológica en la zona? Sí ___ No___

Si su respuesta es sí, ¿Quién la maneja?_____

2.10. Tiene registros de las condiciones climáticas en su finca Si ___No___

¿Cuáles?: Precipitación_____, Temperatura_____ Humedad Relativa_____

Años que tiene de llevar los registros: _____

Factor III. Aspectos Genéticos de la finca

3.1 ¿Cuáles son las variedades resistentes a la roya que tiene en su finca?

Ihcafe 90____ Lempira____ Parainema ____Otros _____

3.2. ¿Cuáles son las variedades susceptibles a la roya cultivadas en su finca?

Típica ____ Bourbon____ Mundo Novo____ Caturra____ Catuaí ____

Villa Sarchi____ Pacas _____ Otras_____,_____;_____

Factor IV. Aspectos Edáficos y Nutricionales

4.1. Fertiliza: Si____ No____

Si su respuesta es sí, tipo de fertilizantes que utiliza.

Orgánico al suelo_____ ¿Cuál? (es) _____

g/planta_____ ¿Cuántas aplicaciones al año?_____

Orgánico a la planta _____ ¿Cuál? (es) _____

ml/litro de agua_____ ¿Cuántas aplicaciones al año?_____

Químico al suelo_____ Cuál(es) _____

g/planta_____ ¿Cuantas aplicaciones al año?_____

Químico foliar ____ Cuál(es) _____ Dosis_____

¿Cuantas aplicaciones al año?_____

qq de fertilizante/mz/aplicación _____

4.2. ¿ Realiza las fertilizaciones en base a un análisis de suelo?. Si __No__

4.3. ¿De cuál institución obtiene sus análisis de suelos? FHIA ____ IHCAFE ____Otros____

Factor V. Aspectos de Manejo Agronómico de la finca

5.1 Que variedades de café existen en su finca, área y edad.

Parcela	Nombre de la parcela	Área (mz)	Variedad	Edad (Años)	Distanciamiento (m)		Producción (qq pergamino Seco)
					Surco	Plantas	
1							
2							
3							
4							
5							

5.2.¿Cómo controla las malezas? De forma mecánica: Con machete __Cuma o pando__

Azadón ____ Otros (especifique)_____ Número de veces/año _____

De forma química:

Con herbicidas:_____ Número de veces/año _____

Cuáles: Gramoxone__ Round-up__ 2,4-D__ Gardoprim __Otros:_____

5.3. Insectos que causan más daño a su finca?

1. Insecto _____ Control? _____
2. Insecto _____ Control? _____
3. Insecto _____ Control? _____
4. Insecto _____ Control? _____

5.4. Enfermedades que causan más daño a su finca?

1. Enfermedad _____ Control? _____
2. Enfermedad _____ Control? _____
3. Enfermedad _____ Control? _____

5.5.Conoce la Roya del café. Si ____No____

5.6.Tiene presencia de Roya en su finca. Si ____No____

5.7.Área de su finca dañada por Roya _____mz.

5.8.¿En comparación a años anteriores, observo más ataque de roya en la temporada pasada (Cosecha 2012/2013)? Sí ____ No____

5.9.Nivel de daño por roya en la Cosecha 2012/13: Bajo__ Medio __ Alto __Muy alto__

5.10. Realiza control de roya. Sí ____ No____

5.11. Qué acciones realiza para reducir el daño de roya

5.12. Utiliza fungicidas para controlar roya? Sí____ No____

5.13. ¿Cuáles utiliza y qué dosis?:

Producto Dosis	No. de aplicaciones/año	cc o g/Bomba 20 lts	No de Bombas/mz	Lts o kg/ mz/aplic.	Otros

5.14. Que otras actividades realiza para reducir el daño de la roya?

1. _____
 2. _____
 3. _____
 4. _____
 5. _____
-

Anexo. 2 Boleta para el muestreo integral de las plagas del café.

PLAGAS DEL CAFETO	Estación 1				Estación 2				Estación 3				Estación 4				Estación 5				%
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Total de hojas/bandola																					
Hojas con roya																					
Hojas con antracnosis																					
Hojas con mancha de hierro																					
Hojas con mal de hilachas																					
Hojas con ojo de gallo																					
Hojas con minador																					
Picudo																					
Grillo indiano																					
Frutos brocados																					
Frutos totales																					

Anexo 3. Cuadro de porcentaje de sombra

Estaciones	% de sombra en cada punto cardinal		% de sombra total/estación	% de sombra apreciación visual
1	N			
	S			
	E			
	O			
2	N			
	S			
	E			
	O			
3	N			
	S			
	E			
	O			
4	N			
	S			
	E			
	O			
5	N			
	S			
	E			
	O			
Total				

Anexo 4. Boleta toma de datos altura, diámetro de copa, distanciamiento de siembra y porcentaje de pendiente de cada estación

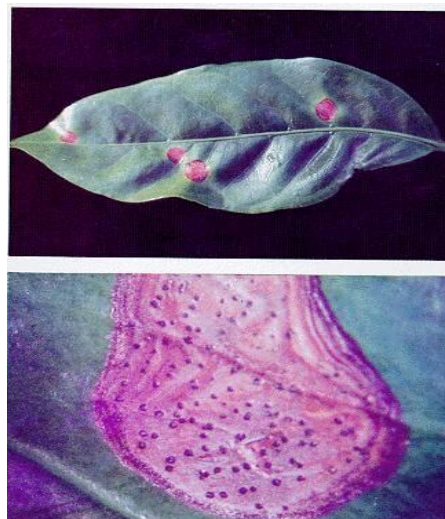
Estación	Planta	Altura (m)	Diámetro de Copa (m)	Pendiente		Orientación de surcos	distancia (m)	
				%	Orientación		surco	planta
1	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
2	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
3	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
4	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
5	21							
	22							
	23							
	24							
	25							
Total								
Promedio								

Anexo 5. Boleta de identificación de plagas y enfermedades del cultivo de café.

Roya del cafeto



Antracnosis



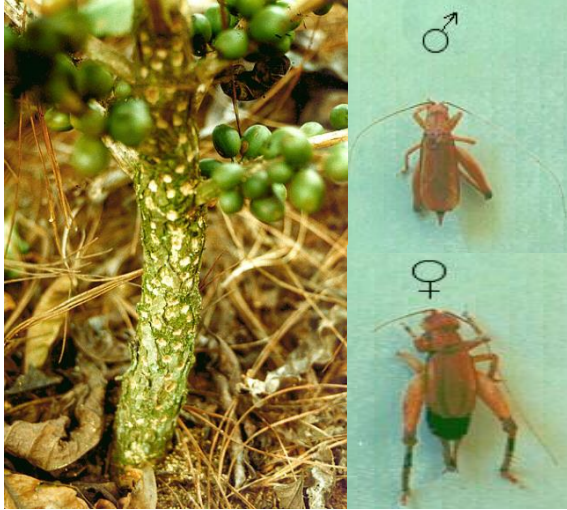
Mancha de Hierro



Mal de hilachas



Grillo indiano



Picudo del cafeto



Broca del cafeto



Anexo 6. Diferentes plagas y enfermedades encontradas en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.

Mancha de Hierro



Hoja dañada por gusano



Antracnosis



Minador de la hoja



Picudo del cafeto



Roya del cafeto



Ojo de gallo



Frutos brocados con presencia de *Beauveria hassiana*.



Anexo 6. Toma de datos de diferentes factores bajo estudio en fincas cafetaleras de Marcala, La Paz, 2013.

Calculo del porcentaje de pendiente



Toma de muestra de suelo



Toma de datos sobre incidencia de enfermedades



Toma de altura de planta

