

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

**INCIDENCIA DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL CAFÉ
BAJO DIVERSOS TIPOS DE SOMBRA Y MANEJO DE
INSUMOS, EN SISTEMAS AGROFORESTALES,
TURRIALBA, COSTA RICA.**

JENNIFER HERNÁNDEZ AGUILAR

CARTAGO, COSTA RICA

2010



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

**INCIDENCIA DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL CAFÉ
BAJO DIVERSOS TIPOS DE SOMBRA Y MANEJO DE
INSUMOS, EN SISTEMAS AGROFORESTALES,
TURRIALBA, COSTA RICA.**

JENNIFER HERNÁNDEZ AGUILAR

CARTAGO, COSTA RICA

2010

INCIDENCIA DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL CAFÉ BAJO DIVERSOS TIPOS DE SOMBRA Y MANEJO DE INSUMOS, EN SISTEMAS AGROFORESTALES, TURRIALBA, COSTA RICA.

Jennifer Hernández Aguilar

Resumen

Se estima que aproximadamente el 75% de los cafetales de Costa Rica han incorporado el componente arbóreo a su sistema de producción. Sin embargo, existen pocas referencias del porcentaje de sombra que es adecuado para los cafetales y que no genera incidencia significativa de enfermedades en las plantaciones de café asociadas con árboles, razón por la cual el objetivo en este trabajo fue estudiar el efecto de diversos manejos y tipos de sombra sobre la incidencia de las principales enfermedades del café.

El trabajo se realizó en un ensayo de sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* var *caturra*) con sombra de *Erythrina poeppigiana*, *Terminalia amazonia*, *Chloroleucon eurycyclum*, así como con la combinación de estas especies y un testigo (café a pleno sol), bajo el manejo convencional (alto convencional, y medio convencional) y orgánico (orgánico intensivo y bajo orgánico), el cual se ha manejado desde hace diez años.

Los tratamientos están establecidos en un diseño de parcelas divididas, en donde las parcelas principales son las condiciones de sombra, y las subparcelas corresponden al manejo de insumos. En cada tratamiento se seleccionaron 10 cafetos, y en cada uno de ellos se eligió una bandola del nivel superior o inferior sobre la cual se valoraron las enfermedades entre Enero y Abril del año 2010, además se contaba con datos a partir del año 2002.

Las variables evaluadas fueron la incidencia de cada una de las enfermedades foliares, y el porcentaje del dosel ocupado por los árboles. Los datos se transformaron para cumplir con los supuestos del análisis de varianza, se realizaron ANDEVA's y pruebas de Tukey y Fisher con un nivel de significación de $p < 0,05$ para las medias de los tratamientos, se realizó correlación entre las enfermedades y la sombra y finalmente se hizo una comparación de tratamientos mediante el análisis de conglomerados.

La roya fue la enfermedad que mostró mayor incidencia con porcentajes de hasta 55,55% en el tratamiento de cashá- amarillón (MC) para el año 2007 sin embargo su comportamiento es muy variado en los diferentes tratamientos, la mancha de

hierro fue la segunda enfermedad de mayor importancia en el ensayo presentando valores de hasta 17,70% en el tratamiento de poró (MO) en el año 2002, y se expresa mayormente en tratamientos con mayor entrada de luz y temperatura. El derrite, antracnosis, ojo de gallo y mal de hilachas han mostrado incidencias muy bajas a través de los años.

No se encontró correlación entre la incidencia de las enfermedades y el porcentaje de sombra durante el periodo enero- abril del año 2010. Se realizaron cuatro conglomerados siendo el grupo conformado por los tratamientos poró (MO), poró (BO), poró (MC), poró (AC) y poró - amarillón (MC) los tratamientos en los que la incidencia de las dos enfermedades más importantes (roya y mancha de hierro) es menor.

Palabras claves: Sistema agroforestal, alto convencional, medio convencional, medio orgánico y bajo orgánico, enfermedades, porcentaje de dosel ocupado.

INCIDENCE OF THE COFFEE LEAF DISEASE UNDER DIFFERENT TYPES OF SHADOW ANDE HANDLING OF MATERIALS IN AN AGROFORESTRY SYSTEMS, TURRIALBA, COSTA RICA.

Jennifer Hernández Aguilar

Abstract

It is estimated that approximately 75% of the coffee plantations in Costa Rica have been incorporated the tree component to the production system. However, there are few references in the percentage of shadow that is suitable for coffee, and not generate significant incidence of diseases in coffee plantations associated with trees; for this reason the objective of this work was to study the effect of different management practices and types of shade on the incidence of the major coffee diseases.

The work was done in a trial of agroforestry systems for coffee (*Coffea arabica* var *caturra*) with *Erythrina poeppigiana* shade, *Amarillón amazonia* shade, and *Chloroleucon eurycyclum* shade with the combination of these species and a coffee in full sun, under the conventional management (high conventional and medium conventional) and organic (intensive organic and low organic), which has operated for ten years.

Treatments are established in a split plot design, where the main plots are the conditions of shade, and the subplots correspond to the management of inputs. In each treatment, ten coffee plants were selected, and each chose a mandolin in higher or lower level on which diseases were assessed between January and April of 2010, further data were available since 2002.

The variables studied were the incidence of each of the foliar diseases, and the percentage occupied by canopy trees. Data were transformed to meet ANDEVA assumptions, were made ANDEVAS's and Tukey tests with a significance level of $p < 0,05$ for the means of the treatments, correlation was made between diseases and the shade and finally made a comparison of treatments through cluster analysis.

Coffee rust was the disease showed higher incidence rates of up to 55.55% in the treatment of cashá- amarillón (MC) for the year 2007 but their behavior is quite varied in the different treatments, brown eye spot was the second disease more important in the test with values of up to 17, 70% in the treatment of poró (MO) in 2002, and is expressed mostly in treatments with higher light and temperature input. Tip blast (*Phoma costarricensis*), anthracnose (*Colletotrichum coffeanum*), South American leaf spot (*Mycena citricolor*), and white thread blight (*Corticium koleroga*), have shown very low incidence over the years.

There was no correlation between disease incidence and percentage of shade during the period from January to April 2010. There were four clusters, being formed by treatment group poró (MO), poró (BO), poró (MC), poró (AC) and poró-amarillón (MC), treatments in the incidence of the two most important diseases is smaller.

Keywords: Agroforestry system, conventional high, medium conventional, medium organic, and low organic, diseases, percentage of canopy occupied.

*Hernández Aguilar, J. 2010. Incidencia de enfermedades foliares del café bajo diversos tipos de sombra y manejo de insumos, en un sistema agroforestal, Turrialba, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de costa Rica, Cartago, Costa Rica. 90 p.

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

INCIDENCIA DE ENFERMEDADES FOLIARES DEL CAFÉ BAJO DIVERSOS TIPOS DE SOMBRA Y MANEJO DE INSUMOS, EN SISTEMAS AGROFORESTALES, TURRIALBA, COSTA RICA.

Miembros del Tribunal Evaluador

**Marcela Arguedas Gamboa, MSc.
Directora de Tesis**

**Marlen Camacho Calvo, M. Sc.
Lectora/ Escuela de Ingeniería Forestal**

**Alejandro Meza Montoya, M. Sc.
Coordinador de Tesis de Licenciatura**

**Elias de Melo Virginio Filho, M. Sc.
Representante de la Organización (CATIE)**

**Jennifer Hernández Aguilar
Estudiante**

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por darme vida, por ser mi luz guía, por permitirme cumplir una de mis grandes metas y estar conmigo siempre.

A mis padres Jorge y Hazel y hermanas Priscilla y Valeria por apoyarme de forma incondicional, darme deseos de superación y brindarme su amor durante este camino.

A mi novio Eduardo por las palabras de ánimo, la paciencia y el amor que me ha brindado.

A toda mi familia por las palabras que en algún momento me estimularon a seguir adelante.

A mis verdaderos amigos y amigas por desearme lo mejor.

AGRADECIMIENTOS

A mi papá por llevarme en las madrugadas a la terminal de buses de Turrialba, y recogerme los viernes de regreso, y a mi mamá por sus palabras tranquilizadoras y fortalecedoras.

Al M.Sc. Elías de Melo Virginio por darme la oportunidad de realizar mi tesis en tan prestigiosa institución, así como por sus experiencias y enseñanzas que contribuyeron en el proceso de mi investigación. Gracias por poner a mi disposición su hogar y hacer de mi experiencia en el CATIE un momento muy agradable. Al proyecto CATIE-CAFNET-CIRAD por el apoyo financiero complementario.

A los que me brindaron su colaboración en el trabajo de campo: Beatriz Elizondo, Luis Romero, Eduardo Neves, Daniel Vieira y por supuesto mis buenos amigos Massiel Zamora y Pablo Montenegro.

A mi profesora tutora Marcela Arguedas por dedicarme parte de su tiempo, por su apoyo y sus aportes para el mejoramiento de la presente tesis de investigación.

A la profesora Marlen Camacho quien siempre tuvo disposición para ayudarme, por su calidez para explicar y por todas las recomendaciones que aportó en el desarrollo de mi trabajo.

Al personal de estadística del CATIE, en especial al Ph.D. Fernando Casanoves y a la M.Sc Jhenny Salgado por su tiempo y la ayuda en el análisis de los datos.

A mis compañeros del tecnológico por sus contribuciones y buenos deseos.

A todas aquellas personas que no menciono pero que sin duda fueron importantes en la ejecución de mi tesis, gracias por su ayuda.

Índice general

Resumen	i
Abstract.....	i
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
Índice general	vi
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos	xi
1. Introducción	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos	2
2. Revisión de literatura	3
2.1 Sistemas agroforestales.....	3
2.2 Características de las especies forestales involucradas.....	4
2.2.1 <i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel) Exell- (Amarillón).....	5
2.2.2 <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook – (Poró)	5
2.2.3 <i>Chloroleucon eurycyclum</i> - (Cashá)	6
2.3 El cultivo del café en Costa Rica	7
2.3.1 Café convencional versus café orgánico	7
2.4 Principales enfermedades foliares del café	8
2.4.1 <i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br. (roya del café)	8
2.4.2 <i>Cercospora coffeicola</i> Berk & Coke (chasparria - mancha de hierro)	10

2.4.3	<i>Mycena citricolor</i> Berk et Curt (ojo de gallo - gotera)	11
2.4.4	<i>Corticium koleroga</i> (mal de hilachas)	11
2.4.5	<i>Phoma costarricensis</i> (Derrite - quema)	12
2.4.6	<i>Colletotrichum coffeanum</i> (antracnosis)	13
3.	Metodología	14
3.1	Caracterización del sitio en estudio	14
3.1.1	Ubicación	14
3.1.2	Clima y Zona de Vida	14
3.1.3	Suelo	14
3.1.4	Descripción del ensayo	15
3.2	Diseño y tratamientos del ensayo	17
3.3	Variables en estudio	21
3.3.1	Cobertura del dosel superior ocupado por la copa de los árboles	21
3.3.2	Incidencia de enfermedades	22
3.3.3	Análisis de la información	24
4.	Resultados y discusión	25
4.1	Comportamiento de las enfermedades en el periodo 2002 - 2009	25
4.1.1	<i>Hemileia vastatrix</i> Berk & Br. (roya)	25
4.1.2	<i>Cercospora coffeicola</i> Berk & Coke (mancha de hierro)	31
4.1.3	<i>Colletotrichum coffeanum</i> (antracnosis)	35
4.1.4	<i>Mycena citricolor</i> (ojo de gallo)	36
4.1.5	<i>Phoma costarricensis</i> (derrite)	38
4.1.6	<i>Corticium koleroga</i> (mal de hilachas)	39
4.2	Categorización de los tratamientos	40

4.3 Efecto de la sombra sobre las enfermedades	45
5. Conclusiones	51
6. Recomendaciones	52
8. Bibliografía	69

Índice de cuadros

Cuadro 1. Porcentajes de sombra promedio para el ensayo de sistemas	16
Cuadro 2. Subtratamientos y tipos de insumos para el manejo de plagas, enfermedades y fertilización en el ensayo.....	17
Cuadro 3. Tratamientos presentes en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.	20
Cuadro 4. Guía de los síntomas para la evaluación de las enfermedades.	23
Cuadro 5. Conglomerados obtenidos para los tratamientos del sistema agroforestal, Turrialba, Costa Rica.....	41
Cuadro 6. Porcentaje de incidencia promedio de cada enfermedad por tratamiento y según conglomerado, para el sistema agroforestal, Turrialba, Costa Rica.	42
Cuadro 7. Resultados del análisis de correlación (Pearson) del porcentaje de	46

Índice de figuras

Figura 1. Distribución de los bloques (repeticiones) en el ensayo de SAF.	18
Figura 2. Café bajo sombra de poró.	18
Figura 3. Café bajo sombra de amarillón.	19
Figura 4. Café bajo sombra de cashá 19	19
Figura 5. Densiómetro esférico con espejo cóncavo.	21
Figura 6. Fórmula utilizada para el cálculo de la incidencia de las enfermedades. 24	24
Figura 7. Incidencia promedio en porcentaje (eje vertical) de <i>Hemileia vastatrix</i> durante el periodo 2002-2009 para los diferentes tratamientos evaluados en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica.	27
Figura 8. Incidencia promedio en porcentaje (eje vertical) de <i>Cercospora coffeicola</i> durante el periodo 2002-2009 para los diferentes tratamientos evaluados en el sistema agroforestal, Turrialba, Costa Rica.	32

Índice de anexos

Anexo 1. Número de años que cada tratamiento ha estado por debajo del nivel crítico máximo de incidencia, durante el periodo 2002- 2009	53
Anexo 2. Porcentaje promedio de incidencia anual de la roya del café, para el periodo 2002-2005,	54
Anexo 3. Porcentaje promedio de incidencia anual de mancha de hierro, para el periodo 2002-2005,	56
Anexo 4. Porcentaje promedio de incidencia anual de ojo de gallo, para el periodo 2002-2005,	58
Anexo 5. Porcentaje promedio de incidencia anual de antracnosis, para el periodo 2002-2005,	60
Anexo 6. Porcentaje promedio de incidencia anual de derrite, para el periodo 2002-2005,	62
Anexo 7. Porcentaje promedio de incidencia anual de mal de hilachas, para el periodo 2006-2009,	64
Anexo 8. Niveles críticos de incidencia de enfermedades y plagas del café,	65
Anexo 9. Formulario de campo para la evaluación de las enfermedades en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba Costa Rica.	66
Anexo 10. Dendrograma del análisis de conglomerados para los tratamientos, según la incidencia de las	67
Anexo 11. Productividad a lo largo de 6 años en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	68

1. Introducción

En los últimos años la rentabilidad de los cafetales caracterizados por cultivar variedades altamente productivas y que requieren gran cantidad de insumos, bajo poca o ninguna sombra, dejó de ser la más alta en comparación con la rentabilidad de cafetales menos tecnificados. Asimismo el conocimiento y valoración del impacto ambiental que se genera con la agricultura tecnificada (contaminación del agua, erosión del suelo, y residuos de pesticidas), aumentó considerablemente (Muschler, 2000).

De esta forma, la mayoría de las propuestas de sistemas de manejo de café para responder a estos problemas ecológicos y económicos, poseen un elemento en común y es la incorporación de árboles en el sistema de producción, ya que en un sistema agroforestal se logran combinar muchos beneficios de un sistema agrícola con los de un sistema forestal y además se propicia una caficultura sostenible (Muschler, 2000).

Sin embargo, el sistema de producción de café convencional es muy utilizado en Costa Rica, mediante este sistema la siembra del café se realiza en altas densidades, con eliminación o reducción de la sombra y utilización intensiva de insumos sintéticos externos. Así la elevada extracción de nutrimentos por las altas producciones ocasiona que los cafetales cultivados a pleno sol tiendan a debilitarse más rápido (Samayoa y Sánchez, 2001).

Lo anterior causa un estrés ambiental y nutricional que conduce al agotamiento del cultivo haciéndolo más susceptible al ataque de ciertas enfermedades como chasparria (*Cercospora coffeico*) y antracnosis (*Colletotrichum spp.*) (Samayoa y Sánchez, 2001).

Por su parte, el sistema de producción orgánico es una alternativa al sistema convencional, que procura la sostenibilidad, además reúne mayor diversidad de componentes y reduce el uso de insumos sintéticos externos. No obstante, ciertos componentes como el mal manejo de la sombra podrían disminuir la producción y crear un ambiente microclimático beneficioso para el desarrollo de enfermedades, que pueden llegar a ser severas como el “ojo de gallo” (*Mycena citricolor*) (Samayoa y Sánchez, 2001).

El uso de árboles en general tiene diferentes funciones dentro de las que se recalca el efecto sobre la relación luz- fotosíntesis, formación del microclima adecuado y el mantenimiento de la fertilidad del suelo (ANACAFE, 1997). Se estima que en Costa Rica el 75% de los sistemas agroforestales utilizan el componente sombra junto al cultivo del café (ICAFE, 1998), razón por la cual es importante evaluar las principales enfermedades de los cafetales manejados de forma orgánica o convencional bajo diversos tipos de sombra.

1.1 Objetivo general

- Determinar el efecto de la sombra y diversos manejos de insumos sobre la incidencia de las enfermedades del café en sistemas agroforestales.

1.2 Objetivos específicos

- Comparar la incidencia de las enfermedades en los diversos tipos de sombra y manejos agronómicos.
- Analizar el comportamiento de las enfermedades del café en el sistema agroforestal durante un período de 9 años.
- Determinar los tratamientos que generan menor incidencia de las enfermedades en el cultivo del café bajo un sistema agroforestal.

2. Revisión de literatura

2.1 Sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en las cuales especies leñosas (árboles, arbustos, palmas, etc.) son utilizadas en asociación con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (Montagnini, 1992).

Las numerosas técnicas agroforestales son utilizadas en regiones de diversas condiciones ecológicas, económicas y sociales, y en general la aplicación de estas técnicas puede brindar una alternativa para el uso de los recursos naturales, que aumente o al menos mantenga la productividad de la tierra sin causar degradación (Montagnini, 1992).

Lo anterior se puede lograr a través de los objetivos de los sistemas agroforestales, dentro de los que se destacan: diversificar la producción, disminuir los riesgos del agricultor, mitigar los efectos perjudiciales del sol, viento, y lluvia sobre los suelos, asegurar la sostenibilidad por medio de la intensidad adecuada en el uso de la tierra, aumentar la productividad entre otros (Montagnini, 1992).

De este modo un sistema agroforestal es un sistema dinámico, ya que las condiciones de los componentes y sus interacciones cambian en el transcurso del tiempo. Algunos aspectos ecológicos de los sistemas agroforestales se detallan a continuación:

- *Efectos de los árboles sobre los suelos:* los árboles pueden ser benéficos en la fertilidad de los suelos al mejorar su estructura o aumentar la disponibilidad de nutrimentos, pero también pueden ocurrir efectos perjudiciales tales como aumento en la acidez y competencia con otras especies por agua o nutrimentos (Muschler, 2000).

- *Reciclaje de nutrientes*: la incorporación de hojarasca en el suelo permite el reciclaje e incorporación de nutrientes en el suelo (Muschler, 2000).
- *Protección contra la erosión*: las prácticas agroforestales pueden contribuir a reducir la erosión por medio de la protección brindada por la copa de los árboles, por la cobertura del suelo con cultivos anuales o pastos, y por la presencia de una capa superficial de hojarasca (Montagnini, 1992).
- *Influencia sobre el microclima*: la presencia de árboles puede afectar la cantidad de luz, la temperatura, la lluvia, la humedad y el viento bajo sus copas, lo que puede ser beneficioso o negativo para los cultivos asociados (Montagnini, 1992).
- *Influencia sobre el control de plagas*: si los cultivos no son muy densos o existen mezclas de especies, puede ser más difícil para las plagas movilizarse de una especie a otra para encontrar la adecuada. Además, algunas plantas pueden actuar como hospederos alternativos de plagas que afectan ciertos cultivos, sin embargo esto podría ser negativo ya que algunas plantas pueden ser hospederas para plagas de cultivos y árboles comerciales (Montagnini, 1992).

2.2 Características de las especies forestales involucradas

La composición arbórea del ensayo a evaluar consta de tratamientos que se realizaron utilizando *Terminalia amazonia* y *Chloroleucon eurycyclum* como especies maderables y *Erythrina poeppigiana* como especie de servicio (incorpora nitrógeno al suelo). A continuación se describen aspectos particulares de estas especies.

2.2.1 *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel) Exell- (Amarillón)

Terminalia amazonia pertenece a la familia Combretaceae. Sus nombres comunes son roble coral, amarillón, amarillo, guayabo, y guayabo de montaña. En Costa Rica se distribuye en las cordilleras de Guanacaste, Tilarán, Volcánica Central, y Talamanca, Pacífico Central y Sur, así como en la Zona Norte y Zona Sur (Vindas y Obando, 2003).

Es un árbol del bosque tropical muy húmedo que alcanza hasta 50 m de altura y 150 cm de diámetro, su arquitectura es favorable al desarrollar un fuste recto en un solo eje y con ramas en verticilos. La madera de esta especie es de excelente calidad por lo que es una especie de uso forestal intensivo utilizable en programas de reforestación con buenos resultados (Vindas y Obando, 2003).

En plantaciones de café, a veces lo plantan a espaciamientos amplios, como la única especie arbórea o en combinación con otros árboles de servicio o fijadores de nitrógeno (Cordero *et al*, 2003).

Además, existen experiencias en Costa Rica en parcelas demostrativas de *Terminalia amazonia* con frutales como *Averrhoa carambola*, *Persea americana*, *Diospyros discolor* y *Chrysophyllum cainito*, como alternativa para recuperar pastizales abandonados en la región atlántica de Costa Rica. Los crecimientos de los frutales fueron los esperados y el estado sanitario satisfactorio; el amarillón presentó buen crecimiento en comparación con parcelas de monocultivo o en condiciones de sombra en bosque secundario (Cordero *et al*, 2003).

2.2.2 *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F. Cook – (Poró)

Esta especie es una leguminosa que pertenece a la familia Papilionaceae, cuyos nombres comunes son poró gigante, poró, poró extranjero, poró de sombra, pito, entre otros. Se presenta en bosques húmedos, de rivera y de tierras altas de las

cuencas del Amazonas y Orinoco, y en regiones limítrofes del trópico de América del Sur (Cordero *et al*, 2003).

Su distribución también incluye los bosques húmedos costeros de Colombia y Ecuador, sin embargo, esta especie está naturalizada en la mayor parte de América Central, y en Costa Rica se introdujo en el siglo XVIII mostrando alta regeneración natural. Se encuentra en altitudes de 600 hasta 1700 m, con temperatura promedio anual de 18 a 28°C y precipitación anual de 1000 a 1300 mm (Cordero *et al*, 2003).

Es un árbol de tallo múltiple, a menudo espinoso y de copa moderadamente extendida, que alcanza alturas de hasta 20-30 m y diámetros de hasta 1,2 m (o incluso hasta 2m), el tronco en árboles grandes tiende a no presentar ramas en los 10 – 20 primeros m (Cordero *et al*, 2003).

Es una especie importante en sistemas agroforestales utilizada en Costa Rica y otros países como sombra en cafetales; además es un árbol tolerante a podas frecuentes que permite ajustar la sombra al cultivo principal, es fijador de nitrógeno con nodulaciones abundantes, y producción de gran cantidad de hojarasca rica en nitrógeno, de ahí se deriva el valor que tiene esta especie para mejorar y conservar el suelo y contribuir en el rendimiento sostenible de los cultivos asociados (Cordero *et al*, 2003).

2.2.3 *Chloroleucon eurycyclum* - (Cashá)

El cashá es una leguminosa de la familia Mimosaceae, se localiza en México, Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Se presenta en bosque tropical húmedo, bosque nublado, semideciduo y áreas inundables de manglares a lo largo de la costa, en altitudes desde el nivel del mar hasta 1500 m (Cordero *et al*, 2003).

Esta especie alcanza hasta 25 m de altura y 80 cm de diámetro, la forma de la copa es alta y abierta con alto contenido de nitrógeno y tiene raíces con propiedades insecticidas. Tiene un alto valor comercial debido al uso como leña, postes, muebles, herramientas y madera de construcción, pues se considera madera semidura y de alta durabilidad. Los individuos de esta especie requieren de poda de formación por sus ramificaciones irregulares o mal formadas (Cordero *et al*, 2003).

Es una especie usada en cafetales para brindar sombra a los cultivos, especialmente en el pacífico sur de Costa Rica, y por las características de su copa, se puede combinar con especies de copas altas o bajas y compactas o abiertas (Cordero *et al*, 2003).

2.3 El cultivo del café en Costa Rica

2.3.1 Café convencional versus café orgánico

El café ha formado parte de diversos cultivos tradicionales y se ha incorporado con diferentes asociaciones de otras especies, como por ejemplo en los sistemas agroforestales, con árboles de sombra de especies frutales, maderables, y leña, o simplemente se ha establecido a pleno sol (Merlo, 2007).

En la década de 1960 a 1970, llegan a Costa Rica una gran cantidad de nuevas técnicas de producción (sistema convencional) acompañadas de muchísimos agroinsumos de síntesis química, altas densidades de siembra y sin utilización de sombra. Es entonces cuando se considera más importante la cantidad producida por ha que la calidad del producto (Monge, 1999).

Luego de más de dos décadas de producir con gran dependencia de insumos químicos, el caficultor costarricense toma conciencia de que sus costos de producción son cada vez mayores pero no la rentabilidad de su sistema

productivo. La situación anterior y las fluctuaciones en los precios internacionales del café, obligaron a muchos productores a buscar formas alternativas de producción, con menor inversión en insumos y con mejor utilización de los recursos (Samayoa, 1999).

En la caficultura orgánica, el principal recurso de producción es el suelo y por lo tanto, los programas de manejo van orientados a su conservación y mejoramiento, así como al rejuvenecimiento del cafetal, y el componente arbóreo para la sombra, protegiendo a las plantas contra el exceso de calor, la mejora y mantenimiento de la fertilidad del suelo (Samayoa, 1999). Bajo este sistema se tiene conciencia que las enfermedades del café están estrechamente ligadas al estado nutricional de la planta y que no son solamente un problema de origen patológico (Monge, 1999).

Sin embargo, existe controversia acerca de las ventajas y desventajas del café bajo sombra, pues algunas experiencias generadas indican que una ventaja del café sin sombra es la disminución de los problemas fitosanitarios (Samayoa, 1999).

2.4 Principales enfermedades foliares del café

2.4.1 *Hemileia vastatrix* Berk & Br. (roya del café)

La roya es una de las principales enfermedades que ataca los cafetos en Latinoamérica (Avelino *et al*, 2006). Es una enfermedad producida por un hongo Basidiomicete perteneciente al orden Uredinales, que posee más de 5000 especies la gran mayoría de importancia económica (Rivas *et al*, 1996 citado por Canjura, 2000).

- **Ciclo de vida**

El ciclo de vida *H. vastatrix* comienza con la diseminación de las uredosporas mediante la fase de liberación, dispersión y depositación. El segundo paso es la germinación, seguida por la penetración del hongo por los estomas de la hoja, y luego se da la colonización de la hoja por las hifas, este último paso constituye el primer signo visual (Canjura, 2000). La etapa siguiente es la esporulación, momento en el cual emerge el esporóforo y se producen nuevas uredosporas infecciosas (Canjura, 2000).

Los ataques más fuertes se presentan en cafetales muy sombreados con exceso de humedad o en cafetales desnutridos expuestos a pleno sol (Figuroa *et al*, 1998).

- **Sintomatología**

El síntoma inicial en las hojas consiste en pequeñas áreas cloróticas que van cambiando a un color amarillo con un tamaño de uno a dos milímetros de diámetro en el envés hasta alcanzar un diámetro entre uno y dos centímetros.

En el haz de la hoja las manchas son lisas y de color amarillo mientras que en el envés se presenta una masa de uredosporas en forma de polvo amarillo o anaranjado, el cual es el principal signo externo del hongo (Canjura, 2000).

- **Control**

- Manejar un plan de abono que garantice aplicaciones oportunas a los cafetos para obtener plantas vigorosas.

- Regular la sombra y realizar la deshierba para disminuir la humedad en el cafetal.

- Usar variedades resistentes a la roya (Figuroa *et al*, 1998).

- Aplicar fungicidas sistémicos (Samayoa, 1999).

-Control biológico mediante la utilización del hongo *Verticillium* spp., el cual se alimenta de las esporas de la roya del café y así reduce la cantidad de esporas de la enfermedad presentes en el ambiente (Mendoza y Monterroso, 2004).

2.4.2 *Cercospora coffeicola* Berk & Coke (chasparría - mancha de hierro)

La mancha de hierro es una enfermedad favorecida por la baja humedad relativa y mucha luminosidad. En los cafetales expuestos al sol, las epidemias de la mancha de hierro se desarrollan con más velocidad que en los cafetales sombreados, donde usualmente no es un problema (Calderón y Monterrey, 2004).

La enfermedad ataca el cafeto a cualquier edad, desde los almácigos hasta en el cultivo ya establecido, donde se puede presentar en las hojas y/o frutos (Figueroa *et al*, 1998).

- **Sintomatología**

En las hojas se presentan manchas más o menos circulares, al principio de color pardo rojizo, luego el centro de la lesión se torna de un color pardo grisáceo casi blanco. Alrededor de las lesiones se forma un halo clorótico de borde indefinido, el cual permite diferenciar la enfermedad a nivel de campo. Si el ataque es fuerte provoca la caída de las hojas o frutos (ICAFE, 1998).

- **Control**

- Establecer y regular adecuadamente la sombra.
- Hacer deshierbas oportunamente.
- Incorporar un plan de abono nitrogenado adecuado al cafetal (Figueroa *et al*, 1998).
- Aplicar fungicidas sistémicos (Samayoa, 1999).

2.4.3 *Mycena citricolor* Berk et Curt (ojo de gallo - gotera)

Esta enfermedad se ve favorecida por condiciones de sombra excesiva y alta humedad. Provoca grandes pérdidas de cosecha que se deben sobre todo a la abundante caída de las hojas, lo que a su vez ocasiona un debilitamiento de las plantas (ICAFE, 1998).

- **Síntomatología**

Consiste en manchas circulares visibles en el haz y el envés de las hojas, estas manchas presentan un borde bien marcado de color pardo grisáceo y son un poco hundidas. Durante la época lluviosa se pueden observar a simple vista sobre las manchas las “cabecitas” o “brotes” que son los órganos diseminadores del hongo (ICAFE, 1998).

En estado avanzado de la enfermedad, se puede desprender el tejido afectado, dejando perforaciones en las hojas, y cuando el ataque es fuerte, ocasiona la caída prematura de las hojas (Figueroa *et al*, 1998).

- **Control**

- Deshijar dos veces al año, dejando sólo dos ejes por punto de siembra.
- Regular la sombra para dar buena luz y mejorar la ventilación en el cafetal.
- Encalar los suelos para favorecer la absorción de calcio para la planta y formar una barrera física en la hoja.
- Realizar una buena fertilización con abonos orgánicos para tener plantas resistentes (ICAFE, 1998).

2.4.4 *Corticium koleroga* (mal de hilachas)

El mal de hilachas afecta a los cafetales sembrados en zonas bajas, temperaturas altas, sombrío denso y alta humedad permanente (Herrera, 2007). Esta enfermedad ataca ramas, hojas y frutos tiernos y se presenta en lugares con abundante lluvia y humedad (Figueroa *et al*, 1998).

Es una enfermedad que puede provocar en corto tiempo una epifitía, cuando encuentra condiciones óptimas como una humedad relativa de 85 a 95%, temperatura de 20 a 24 °C y precipitaciones altas (Herrera, 2007).

- **Sintomatología**

Su desarrollo inicia con la aparición de una hebra oscura y áspera que se adhiere a lo largo de los tallos y ramas laterales (ICAFE, 1998). La enfermedad avanza en forma ascendente sobre las hojas y frutos verdes formando una película blanca que con el tiempo se ennegrece y finalmente las hojas se secan y permanecen sujetas a las bandolas (ramas secundarias) por medio del micelio (telilla) del hongo (ICAFE, 1998).

- **Control**

- Realizar podas sanitarias de las ramas enfermas en época de verano.
- Regular la sombra para mejorar la ventilación.
- Controlar permanentemente las malezas.
- En caso de ataque severo caracterizado por la presencia de una película plateada que se extiende en la cara inferior de la hoja, aplicar caldo Bordelés (combinación de sulfato de cobre con cal viva y agua) (Figuroa *et al*, 1998).

2.4.5 *Phoma costarricensis* (Derrite - quema)

La enfermedad es propia de zonas altas (más de 1200 m) con regímenes de lluvias prolongadas así como poca luminosidad y temperatura bajas. El hongo suele atacar los brotes nuevos, ramas y hojas tiernas (Figuroa *et al*, 1998).

- **Sintomatología**

La enfermedad se comienza a manifestar con el inicio de las lluvias y se intensifica conforme avanza la estación. En las hojas aparecen manchas

irregulares marginales que hacen que las hojas se retuerzan hacia el lado lesionado (ICAFE, 1998).

Las ramas y los brotes se secan de la punta hacia abajo hasta alcanzar el tallo principal, también el crecimiento de las plantas es lento o se puede detener debido a la muerte de las partes terminales (ICAFE, 1998).

- **Control**

- Disminuir la sombra en las zonas altas.

- Evitar los problemas de anegamiento del terreno, procurando que en los cafetales no existe gran cantidad de maleza.

- Realizar una poda sanitaria después de la cosecha y quemar el material afectado.

- Aplicar fertilización orgánica en el cafetal.

- En ataques severos aplicar caldo Bordelés de manera localizada (Figuerola *et al*, 1998).

- Aplicar fungicidas sistémicos (Samayoa, 1999).

2.4.6 *Colletotrichum coffeanum* (antracnosis)

Esta enfermedad es importante en plantaciones expuestas plenamente a la luz solar o en plantas agotadas (Zúñiga, 2000). Según Figuerola *et al* (1998), la antracnosis se muestra sobre tejidos afectados por otras enfermedades, por daños de insectos o por maltrato en las actividades de cultivo, aprovechando la debilidad de la planta.

- **Sintomatología**

En los bordes de las hojas aparecen manchas irregulares de color café oscuro, hundidas y bien delimitadas, seguidamente las zonas atacadas se secan como si se tratara de una quemadura (Figuerola *et al*, 1998).

- **Control**

- Aplicar fungicidas sistémicos (Samayoa, 1999).
- Regulación de la sombra para mejorar la ventilación.
- Controlar malezas.
- Aplicar poda sanitaria de las partes afectadas y quema del material (Figuerola *et al*, 1998).

3. Metodología

3.1 Caracterización del sitio en estudio

3.1.1 Ubicación

El trabajo se llevó a cabo en el ensayo de sistemas agroforestales con café (establecido en el año 2000) ubicado en la finca experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), aproximadamente a cuatro kilómetros sureste del centro de Turrialba (Cartago, Costa Rica), en el sector Bonilla 2, cuyas coordenadas geográficas son 9° 53' 44" Norte y 83° 40' 07" Oeste. La altitud del terreno es de 600 m (Merlo, 2007).

3.1.2 Clima y Zona de Vida

El ensayo se ubica en la Zona de Vida de Bosque Premontano Muy Húmedo (bpmh) de acuerdo a la clasificación de Holdridge (Jiménez, 2003). Según la estación meteorológica del CATIE, la precipitación promedio mensual es de 225 mm y de 2700,4 mm/año, la temperatura promedio mensual es de 21, 8°C y la humedad relativa de 88, 1% (Merlo, 2007).

3.1.3 Suelo

El ensayo se caracteriza por presentar suelos de tipo ultisol, inceptisol y aluvial mixto, los cuales poseen textura entre franco y francoarcilloso en los primeros

horizontes. Los ultisoles se describen como suelos pobres químicamente, lixiviados (especialmente pérdidas de las bases Ca, Mg, K), lo que conduce a problemas marcados de acidez, son poco fértiles, de color rojizo, comunes en clima húmedo y sin épocas secas largas (Merlo, 2007).

Contrario a lo anterior, los inceptisoles son suelos jóvenes que muestran horizontes poco desarrollados, estos suelos poseen buenas características químicas con reservas minerales, razón por la cual son favorables para el desarrollo de diversos cultivos (Merlo, 2007).

3.1.4 Descripción del ensayo

El área aproximada del ensayo es de 9,20 ha correspondientes a lotes de café caturra plantado a 2 x 1 m, bajo seis tipos de sombra, por lo que se obtuvieron tres sistemas agroforestales con cada una de las especies forestales especificadas anteriormente (*Erythrina poeppigiana*, *Terminalia amazonia* y *Chloroleucon eurycyclum*) y otros tres sistemas agroforestales, con la combinación de dos de esas especies (cuadro 1); además existe un lote de café bajo pleno sol (Merlo, 2007).

Asimismo, cada uno de los sistemas mencionados se encuentran bajo diferentes sistemas de manejo orgánico y convencional (cuadro 2). Por su parte, las especies arbóreas fueron plantadas en un inicio a 6 x 4 m (Merlo, 2007).

Cuadro 1. Porcentajes de sombra promedio para el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, evaluado durante el periodo Enero – Abril del año 2010.

Tratamiento	Mes				Promedio
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	
C (MC)	65,2	77,6	47,1	88,2	69,5
C (MO)	75,2	92,3	78,7	89,3	83,9
CE (AC)	74,1	80,8	75,0	80,3	77,6
CE (BO)	70,4	82,2	76,3	83,4	78,1
CE (MC)	70,1	78,2	79,9	81,2	77,3
CE (MO)	72,2	71,7	74,4	89,3	76,9
CT (MC)	64,6	85,4	83,6	86,8	80,1
CT (MO)	80,2	89,5	84,1	87,0	85,2
E (AC)	15,0	12,6	49,3	73,7	37,7
E (BO)	0,2	27,3	35,9	58,0	30,3
E (MC)	16,6	51,6	54,7	49,0	43,0
E (MO)	43,8	55,1	65,9	83,3	62,0
ET (MC)	65,9	72,8	79,7	80,4	74,7
ET (MO)	67,0	71,9	85,1	86,7	77,7
T (AC)	83,1	84,7	88,1	84,5	85,1
T (BO)	71,2	82,1	81,8	85,1	80,0
T (MC)	54,7	71,9	59,2	80,4	66,5
T (MO)	75,6	81,2	79,4	83,9	80,0
Promedio	53,3	63,5	63,9	72,5	63,3

Nota: Especies de sombra: C: cashá, CE: cashá- poró, CT: cashá- amarillón, E: poró, ET: poró- amarillón, T: amarillón. **Manejo de insumos:** AC: alto convencional, MC: medio convencional, MO: orgánico intensivo, BO: bajo orgánico.

Cuadro 2. Subtratamientos y tipos de insumos para el manejo de plagas, enfermedades y fertilización en el ensayo.

Nivel de manejo	Enmiendas al suelo	Manejo de enfermedades	Manejo de plagas	Manejo de malezas	Regulación de sombra
Alto convencional	Fertilizante químico	Calendarización del uso de fungicidas	Uso general de insecticidas	Mantener suelo descubierto con herbicidas	2 podas totales en poró, 2 podas de formación en amarillón y cashá
Medio convencional	Fertilizante químico	Aplicaciones de fungicidas según incidencia	Pepena y graniteo más uso de insecticidas en focos	Manejo selectivo manual y con herbicidas	2 podas parciales en poró, 2 podas de formación en amarillón y cashá
Orgánico intensivo	Pulpa de café Gallinaza Minerales	Uso de foliares botánicos y fermentados	Pepena y graniteo más uso de hongos o parasitoides	Manejo selectivo y manual de malezas	2 podas parciales en poró, 2 podas de formación en amarillón y cashá
Bajo orgánico	Pulpa de café	Ninguno	Pepena de granos después de la cosecha	2 -4 limpiezas manuales al año	2 podas parciales en poró, 2 podas de formación en amarillón y cashá

Fuente: De Melo *et al*, 2009.

3.2 Diseño y tratamientos del ensayo

El diseño del ensayo consiste en parcelas divididas, repetidas en bloques completos al azar (Figura 1). Las parcelas principales corresponden a los siete sistemas de producción que surgen de la asociación árbol-café y el que está a pleno sol; a su vez cada parcela principal está subdividida en parcelas secundarias (o subparcelas) según el grado de manejo e insumos.

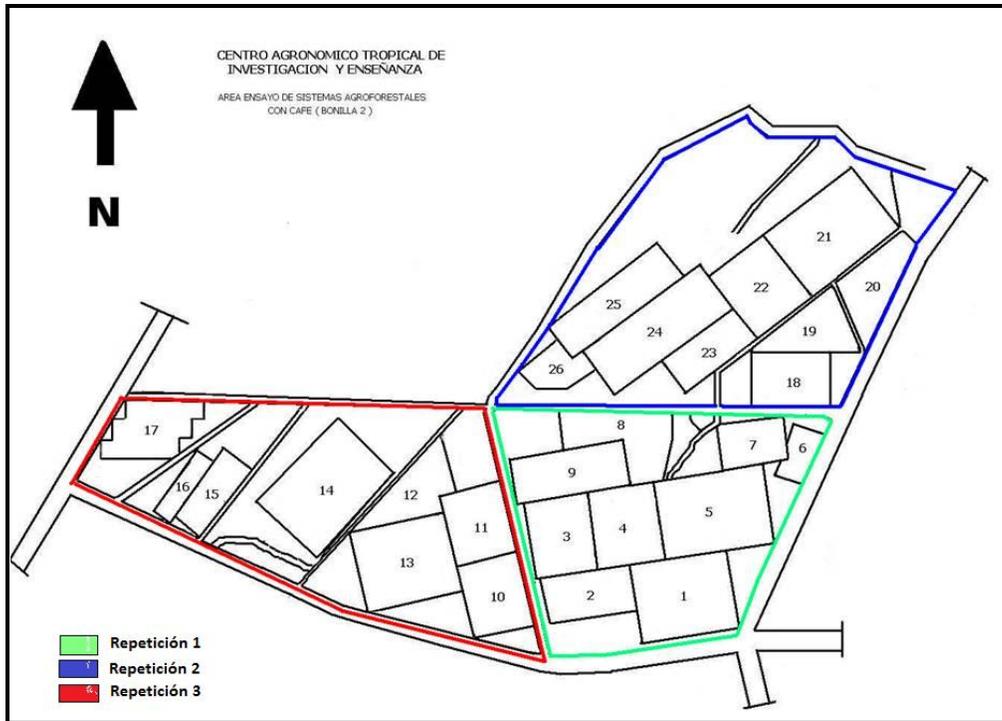


Figura 1. Distribución de los bloques (repeticiones) en el ensayo de SAF.
Fuente: Ensayo de sistemas agroforestales



Figura 2. Café bajo sombra de poró. (Foto: Elias de Melo Virginio)



Figura 3. Café bajo sombra de amarillón.



Figura 4. Café bajo sombra de cashá

De esta forma los siete sistemas de producción se presentan en los tres bloques, mientras que los subtratamientos de manejo e insumos no están en todas las parcelas principales, por lo que el diseño de tratamientos es un factorial incompleto en bloques completos al azar.

Los tratamientos se generan de la combinación árbol-café (poró, amarillón, cashá, amarillón-cashá, amarillón-poró, cashá-poró, más el pleno sol) con el manejo e insumos (alto convencional o convencional intensivo, medio convencional, medio orgánico o orgánico intensivo, y bajo orgánico (cuadro 2)) lo que resulta en 20 tratamientos (cuadro3), distribuidos en las tres repeticiones o bloques (figura 1).

Cuadro 3. Tratamientos presentes en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Tratamientos			
T1	Poró - AC	T11	Cashá- Amarillón - MC
T2	Poró - MC	T12	Cashá- Amarillón - MO
T3	Poró - MO	T13	Poró- Amarillón - MC
T4	Poró - BO	T14	Poró- Amarillón - MO
T5	Amarillón - AC	T15	Cashá- Poró - AC
T6	Amarillón - MC	T16	Cashá- Poró - MC
T7	Amarillón - MO	T17	Cashá- Poró - MO
T8	Amarillón - BO	T18	Cashá- Poró - BO
T9	Cashá - MC	T19	Pleno sol - AC
T10	Cashá - MO	T20	Pleno sol - MC

Nota: Especie forestal: Poró: *Erythrina poeppigiana*, Amarillón: *Terminalia amazonia*, Cashá: *Chloroleucon eurycyclum*. **Niveles de insumo:** AC: Alto convencional, MC: medio convencional, MO: Orgánico Intensivo, BO: bajo orgánico.

3.3 Variables en estudio

3.3.1 Cobertura del dosel superior ocupado por la copa de los árboles

Para la medición de esta variable se utilizó un densiómetro esférico con espejo cóncavo que posee 24 cuadros (figura 2), los cuales a su vez se dividen de forma imaginaria en cuatro cuadros cada uno (Lemmon, 1956 citado por Dizb, 2003).

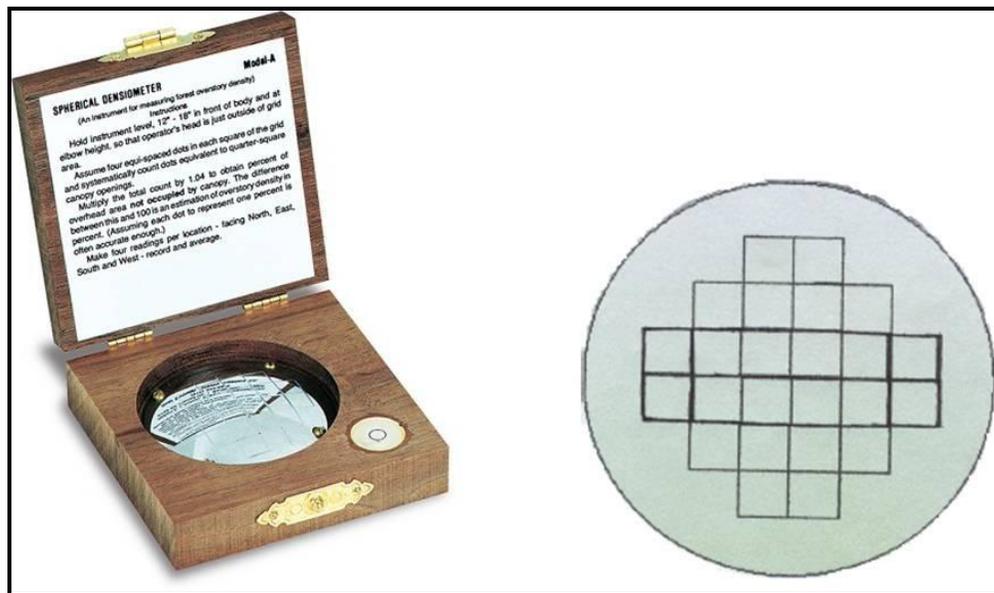


Figura 5. Densiómetro esférico con espejo cóncavo.

Fuente: www.forestry-suppliers.com y Merlo, 2007.

Las lecturas se tomaron en el árbol correspondiente dentro del área útil de las parcelas (es decir en el área donde se realiza la cosecha) el cual se ubica en el centro de los diez cafetos a los que se les evaluó las enfermedades. La lectura se ejecutó aproximadamente a 1,3 m del suelo, evitando siempre la sombra de los cafetos, en los casos necesarios se dobló el cafeto hacia un lado temporalmente mientras se realizó la medición, lo anterior con el fin de obtener únicamente el porcentaje de dosel ocupado por la copa de los árboles. Se realizó una lectura en los cuatro puntos cardinales.

Una vez que se obtuvieron los datos de campo se realizaron los siguientes cálculos para obtener el porcentaje del dosel ocupado por la copa de los árboles:

1) Se multiplicó el valor obtenido en cada punto cardinal por 1,04 el cual es un valor estándar establecido en el instrumento, mediante el que se homogenizan los datos a un porcentaje de 100%.

2) Se restó a 100 el valor obtenido en el procedimiento anterior y con esto se obtuvo el porcentaje del dosel ocupado para cada punto cardinal.

3) Luego se calculó un promedio de los cuatro valores obtenidos en cada árbol para conseguir la estimación del porcentaje del dosel ocupado por cada árbol en los diferentes tratamientos.

3.3.2 Incidencia de enfermedades

Además de contar con datos a partir del año 2002, se realizaron evaluaciones mensuales entre enero y abril del 2010. Para realizar estas evaluaciones se utilizó la misma metodología que en los últimos años, la cual se detalla a continuación:

Dentro de cada área útil se ubicaron los diez cafetos que han sido evaluados anteriormente los cuales poseen cinta plástica de color blanca o azul, esto con el fin de llevar la secuencia sobre las mismas bandolas a través del periodo de muestreo. La evaluación se realizó en dirección de Este a Oeste, escogiendo en el primer cafeto una bandola del nivel superior, en el segundo cafeto una bandola del nivel inferior y así sucesivamente alternándose.

Se determinó en cada bandola: el número total de hojas; y la presencia de enfermedades (roya, ojo de gallo, mancha de hierro, antracnosis, mal de hilachas, y derrite); lo anterior se anotó en el formulario que se presenta en el anexo 9.

Debido a que la evaluación de las enfermedades se realizó de acuerdo a la sintomatología, se tomaron como referencia las siguientes imágenes:

Cuadro 4. Guía de los síntomas para la evaluación de las enfermedades.

Enfermedad y representación de los síntomas	
 <p><i>Hemileia vastatrix</i> (roya)</p>	 <p><i>Cercospora coffeicola</i> (mancha de hierro)</p>
 <p><i>Mycena citricolor</i> (ojo de gallo)</p>	 <p><i>Pellicularia collaroga</i> (mal de hilachas)</p>



Fuente: * Macías, s.f

La incidencia se determinó con la siguiente fórmula:

$$Incidencia (I) = \frac{\text{Número de hojas con síntomas (enfermas)} \times 100}{\text{Número total de hojas evaluadas}}$$

Figura 6. Fórmula utilizada para el cálculo de la incidencia de las enfermedades.

3.3.3 Análisis de la información

Inicialmente se realizó una prueba para comprobar si los porcentajes de incidencia de cada enfermedad cumplían con los supuestos del análisis de varianza. Debido a que los datos no cumplieron con el supuesto de homogeneidad de varianzas, se transformaron mediante la función estabilizadora de varianzas: el arcoseno de la raíz de la proporción (Arcoseno[Raíz(p)]).

Con los datos transformados se ejecutaron análisis de varianza para cada enfermedad y comparaciones de medias utilizando la prueba de Tukey, particionada por años y con un nivel de significación de ($p < 0,05$); para comprobar si existe diferencia en la incidencia de las enfermedades entre los diferentes tratamientos, cuando esta prueba no detectó las diferencias se realizó la prueba de Fisher.

Seguidamente se realizó un análisis de correlación de las seis enfermedades evaluadas con las variables temperatura, humedad relativa y precipitación para conocer sobre cuál de las enfermedades han ejercido influencia las variables climáticas en cada uno de los años del periodo 2002 – 2009.

Para enero, febrero, marzo y abril del 2010, se realizó un análisis de conglomerados con la finalidad de poner a competir todos los tratamientos entre ellos y obtener 4 grupos (número de conglomerados escogidos) correspondientes a categorías de tratamientos, según la incidencia: los mejores, los buenos, los regulares y los malos.

Finalmente se ejecutó un análisis de correlación para determinar la relación del porcentaje de sombra promedio con la incidencia de cada enfermedad evaluada.

4. Resultados y discusión

4.1 Comportamiento de las enfermedades en el periodo 2002 - 2009

4.1.1 *Hemileia vastatrix* Berk & Br. (roya)

En la siguiente figura se presenta la incidencia de la roya para cada uno de los tratamientos evaluados, durante el periodo 2002 – 2009.



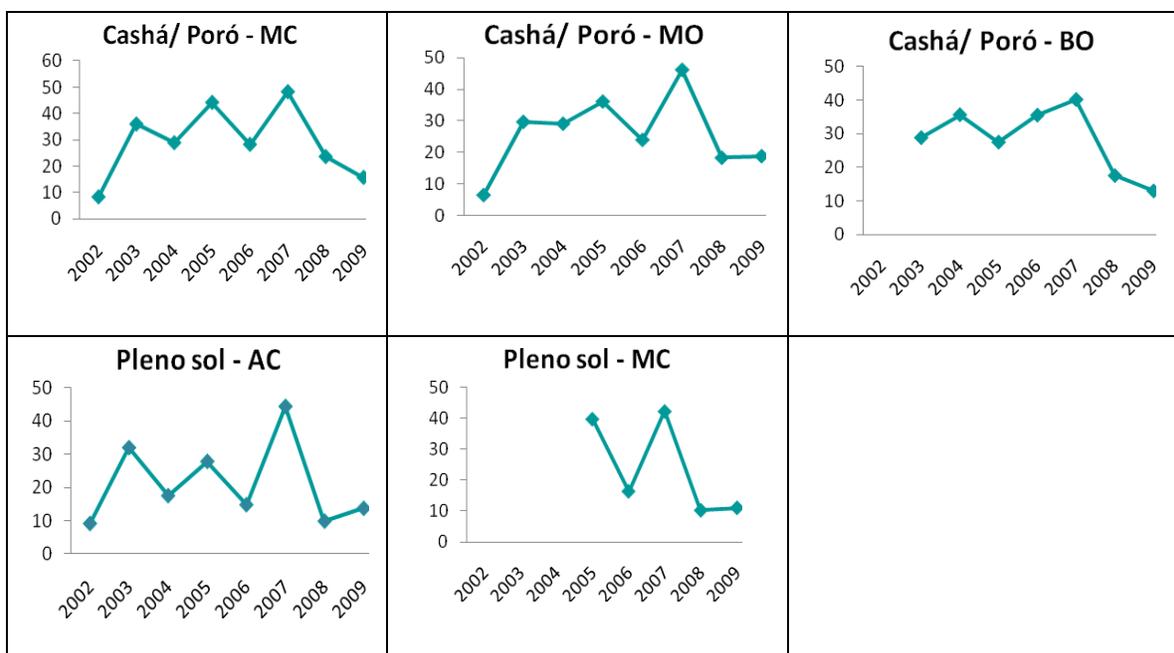


Figura 7. Incidencia promedio en porcentaje (eje vertical) de *Hemileia vastatrix* durante el periodo 2002-2009 para los diferentes tratamientos evaluados en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica.

Nota: Especie forestal: Poró: *Erythrina poeppigiana*, Amarillón: *Terminalia amazonia*, Cashá: *Chloroleucon eurycyclum*. **Niveles de insumo:** AC: Alto convencional, MC: medio convencional, MO: Orgánico Intensivo, BO: bajo orgánico.

Se presentaron diferencias significativas para la incidencia de esta enfermedad en el año 2002 (anexo 2), donde el menor porcentaje fue en el tratamiento de cashá-poró bajo el manejo alto convencional (4,3%), lo cual podría ser el resultado del gran uso de fungicidas. Seguidamente el tratamiento de cashá medio orgánico presentó un 5,3% de incidencia, y en el tratamiento de amarillón medio convencional el porcentaje fue de 5,4%, siendo estos tres tratamientos los mejores en cuanto a incidencia de la roya para ese año. Es muy probable que las bajas incidencias de roya para este periodo tuvieran influencia de la baja densidad de sombra ya que los árboles contaban tan solo con dos años de edad.

Para el año 2002, la incidencia de *H. vastatrix* se correlacionó negativamente con la temperatura promedio ($r = -0,58$; $p = 0,10$), pero no con la precipitación ni humedad relativa; este resultado era predecible, pues se conoce que el hongo no solo ataca en presencia de altos porcentajes de humedad sino también en aquellos cafetos que además de estar expuestos al sol están debilitados por un déficit nutricional (Figuroa *et al*, 1998).

Para el año 2003 no se presentaron diferencias entre los tratamientos (anexo 2), sin embargo se determinó una correlación de la enfermedad con la temperatura promedio ($r = 0,87$; $p = 0,03$) lo cual sugiere que la incidencia de *H. vastatrix* fue el resultado de una temperatura adecuada que permitió la germinación efectiva del hongo en el sistema agroforestal.

Para el año 2004 los tratamientos presentaron diferencias significativas ($p < 0,0001$), la menor incidencia (17,5%) la mostró el tratamiento correspondiente a pleno sol alto convencional, seguido de poró- amarillón bajo el manejo de insumos medio convencional con un 20,9%; al ser ambos manejados de manera convencional la baja incidencia de la roya se atribuye a la aplicación de los fungicidas.

En el año 2005 existieron diferencias significativas entre los tratamientos, los mejores fueron: cashá-poró bajo orgánico, poró bajo orgánico, pleno sol alto convencional y cashá medio orgánico con un 27,4%, 27,6%, y 27,8% 27,9% respectivamente. Al igual que para el año 2004, no se encontró correlación de la roya con ninguna de las variables climáticas analizadas, sin embargo se presentaron altos porcentajes de incidencia en algunos tratamientos como en cashá - poró medio convencional donde la incidencia de *H. vastatrix* fue de 44,1% y en cashá medio convencional con 46,4%, que superaron el nivel crítico máximo que es del 30%. Para este período se pudo ver que los porcentajes de incidencia se incrementaron en la mayoría de los SAF, lo cual concuerda con el pico de producción que se presentó para ese año (anexo 11), de manera que el

comportamiento de la roya se ve influenciado con la producción del sistema y también por el incremento en la cobertura de sombra.

Los tratamientos de pleno sol tanto alto convencional como medio convencional fueron los que presentaron los menores porcentajes de incidencia para el año 2006 (14,8% y 16,3%, respectivamente), y la máxima incidencia (39,3%) se mostró en poró bajo orgánico (continuación de anexo 2); para este año se encontró relación con la precipitación promedio ($r= 0,76$; $p= 3,8E-03$).

Los tratamientos únicamente con sombra de poró presentaron las menores incidencias de la roya para el 2007, año donde se encontraron diferencias entre los tratamientos, dominando el sistema de manejo orgánico intensivo (33,4%), seguido del manejo alto convencional (34,4%) y el bajo orgánico (34,6%) (continuación anexo 2), ya que la mayoría de tratamientos pasaron el nivel crítico máximo de incidencia, concordando con el pico de producción que hubo para este año. Además hubo correlación de la enfermedad con la precipitación promedio ($r= 0,62$; $p= 0,08$) y con la humedad relativa ($r= 0,68$; $p= 0,04$) condiciones favorables para la dispersión y desarrollo de *H. vastatrix*.

Al igual que en el 2006 para el año 2008, los mejores dos tratamientos en cuanto a incidencia de roya fueron los de pleno sol, seguidos de poró-amarillón orgánico intensivo (MO), mientras que los de mayor incidencia fueron cashá- amarillón orgánico intensivo (MO), amarillón bajo orgánico y medio convencional. En estos dos últimos casos cabe destacar que según lo observado en campo, los árboles de amarillón compiten con los cafetos por nutrientes, lo que hace a las plantas de café más susceptibles al ataque del hongo. Se encontró una correlación negativa ($r= -0,70$; $p= 0,19$) entre la humedad relativa y la incidencia de la roya para ese año.

Por último para el año 2009, los tres tratamientos que presentaron los menores porcentajes de incidencia fueron los correspondientes a poró medio convencional

(8,7%) y orgánico intensivo-MO (9,8%) así como el de pleno sol medio convencional (11,0%), mientras que los de mayor incidencia fueron tres de los tratamientos con amarillón, donde el mayor porcentaje se mostró en amarillón bajo orgánico con un 29,1%.

Para el año antes mencionado, solamente se muestreó la incidencia de la enfermedad durante los meses de enero, febrero y marzo, para los cuales se encontró una alta correlación con la humedad relativa ($r= 0,77$; $p= 0,44$). De esta manera, se puede deducir que en los tratamientos con amarillón, la roya obtuvo condiciones idóneas para su desarrollo debido a una menor penetración de luz solar por las copas de los árboles, unida a la humedad de las hojas, y la competencia de los árboles con los cafetos por nutrientes. Para los dos últimos años (2008 y 2009) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos con un valor de $p < 0,0001$.

Se puede resumir que la roya se ha visto favorecida en los años evaluados principalmente por la alta humedad relativa, lo cual coincide con lo mencionado por Staver *et al* (2001), quienes indican que la roya prolifera mejor con bastante humedad en sitios bajos especialmente con el avance de las lluvias. Samayoa (1999) también indica que la humedad es mayor en cafetales bajo manejo orgánico, debido a que ingresa menor cantidad de luz y mayor nivel de agua libre en el envés de las hojas, lo que permite la germinación de las esporas y el establecimiento de la infección.

Considerando el porcentaje crítico máximo de incidencia (30%) podemos concluir que poró (MO) presentó el mejor resultado estando 7 de los 8 años con incidencia inferior al nivel crítico (anexo 1), luego los manejos cashá - poró (MO) y pleno sol (AC) con 6 años abajo del nivel crítico. Con los peores resultados estuvieron amarillón (BO) y cashá - amarillón (MO) con 6 años, de los 8 de monitoreo, arriba del nivel crítico máximo de incidencia.

4.1.2 *Cercospora coffeicola* Berk & Coke (mancha de hierro)

En la figura 4 se representa la incidencia de mancha de hierro durante el periodo 2002 – 2009 para cada tratamiento evaluado.



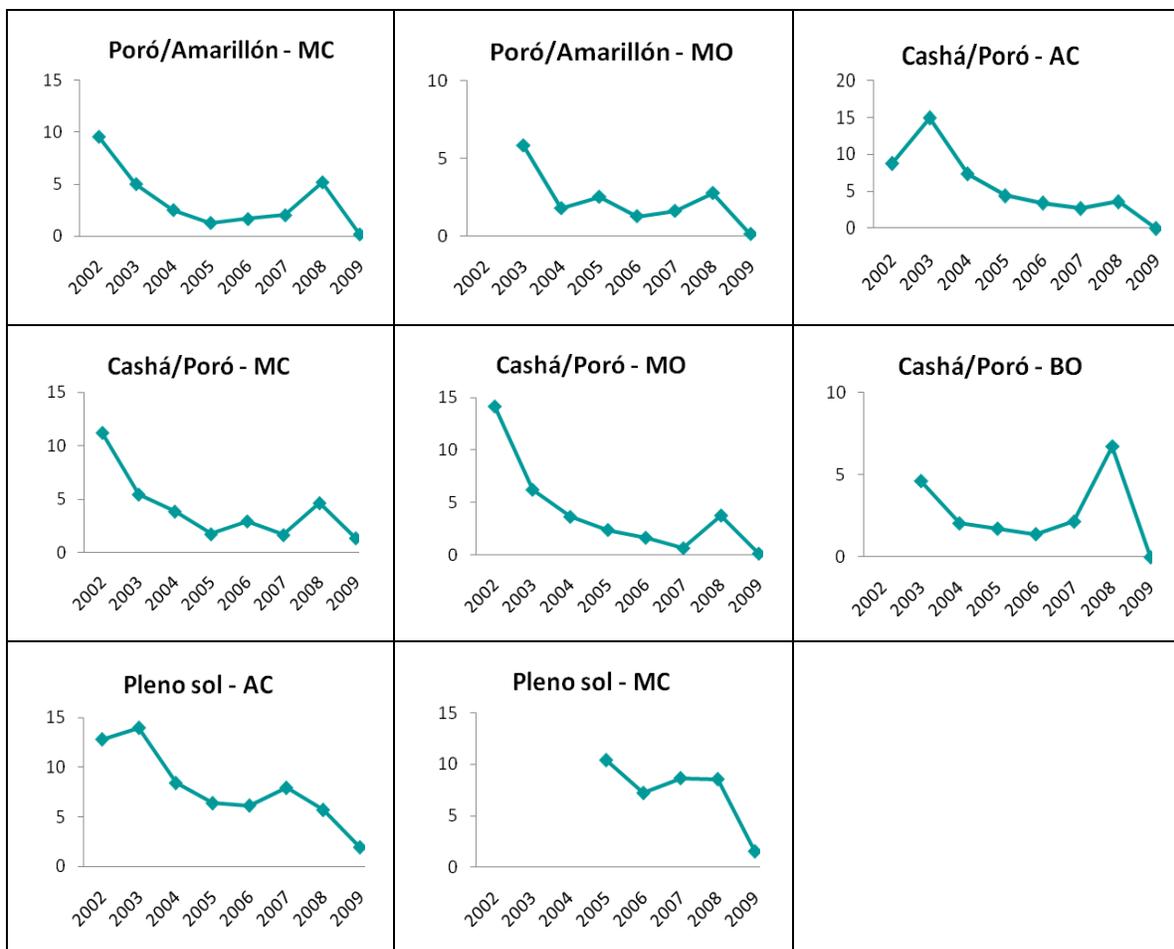


Figura 8. Incidencia promedio en porcentaje (eje vertical) de *Cercospora coffeicola* durante el periodo 2002-2009 para los diferentes tratamientos evaluados en el sistema agroforestal, Turrialba, Costa Rica.

Nota: Especie forestal: Poró: *Erythrina poeppigiana*, Amarillón: *Terminalia amazonia*, Cashá: *Chloroleucon eurycyclum*. **Niveles de insumo:** AC: Alto convencional, MC: medio convencional, MO: orgánico intensivo, BO: bajo orgánico.

Como se observa en el anexo tres, los porcentajes de incidencia de mancha de hierro en la mayoría de los tratamientos sobrepasan el nivel crítico máximo (10%) en los años 2002 y 2003, lo cual podría ser el resultado de la exposición de los lotes de café a plena luz solar pues los árboles de sombra por su corta edad aún no estaban cumpliendo su función. Seguidamente a partir del año 2004 los porcentajes de incidencia de la enfermedad disminuyen.

Tomando en cuenta el nivel crítico máximo y el promedio total de incidencia para la mancha de hierro se determinó que los tres mejores tratamientos fueron poró – amarillón (MO), cashá – poró (BO), y poró (BO), estando siete de los ocho años por debajo del nivel crítico máximo. Por su parte los tratamientos expuestos a pleno sol (AC y MC) y amarillón (BO) mostraron los mayores porcentajes de incidencia entre los demás tratamientos para los ocho años evaluados, manteniéndose seis, cuatro y cinco años respectivamente por debajo del nivel crítico máximo, este comportamiento coincide con lo encontrado por Beer *et al* (1998) y Salgado *et al* (2007), quienes mencionan que el ataque de la mancha de hierro en cafetos ubicados a pleno sol se puede deber a la ausencia de humedad en las capas de suelo, ya que los cafetos sufren mayor estrés hídrico y nutricional que aquellos bajo sombra (donde el agua perdura por un periodo relativamente mayor que en pleno sol), lo que favorece el ataque de *C. coffeicola*. Otros factores que pueden acentuar este problema son la estimulación de la producción por medio de una alta luminosidad en el sistema, así como niveles nutricionales deficientes (Samayoa y Sánchez, 2001).

A pesar de que el hongo *Cercospora* sp, puede desarrollarse bajo condiciones variables de humedad (Staver *et al*, 2001), causa alta defoliación principalmente en aquellas áreas con sistemas de cultivo a plena exposición solar (García y Guillén, 1988), por lo que el ataque del hongo ha sido bajo en las asociaciones de árbol-café en los últimos 4 años (figura 4), ya que al poseer una o dos especies arbóreas brindando sombra se disminuye la entrada de luz solar y se regula la temperatura.

Salgado *et al* (2007) especifican que el hongo causante de esta enfermedad encuentra un ambiente físico propicio para su desarrollo en los cafetos expuestos completamente al sol, ya que requiere de exceso de radiación solar y altas temperaturas para que se pueda dar su germinación y crecimiento.

La incidencia de *C. coffeicola* mostró correlación en el año 2003 con la temperatura promedio ($r= 0,63$; $p= 0,18$), lo que concuerda con lo reportado por Jaramillo *et al* (1988) citado por Samayoa (1999), quien menciona que las altas incidencias del hongo son típicas en cafetales bajo sol. En el 2006 se encontró correlación negativa con la humedad relativa ($r= -0,71$; $p= 0,01$), mientras que Samayoa (1999) no encontró ninguna relación entre esta variable y la enfermedad en si investigación realizada en Paraíso de Cartago.

Para el año 2008 la enfermedad y la temperatura se correlacionaron significativamente ($r= 0,99$; $p= 1,1E-03$). Ello es razonable debido a que el hongo requiere de exceso de sol y temperaturas cálidas para la germinación de las esporas y su crecimiento (Echandi, 1959). Este mismo autor indica que este comportamiento hace suponer desde hace muchos años, que una severa deficiencia en la cantidad de agua disponible una vez que el hongo haya penetrado la hoja, favorece su desarrollo provocando una rápida y numerosa aparición de manchas.

Al ser *C. coffeicola* un hongo que ataca plantas débiles o poco vigorosas por efecto del estrés en condiciones de pleno sol, es necesario que al menos mantengan un buen nivel nutricional. Lo anterior puede explicar porqué los tratamientos que incluyen al poró dentro del arreglo de sombra se han encontrado dentro de los de menor incidencia de mancha de hierro, ya que es una especie fijadora de nitrógeno y lo incorpora al suelo por medio de sus raíces y hojas, y además en los manejos orgánicos se utiliza gallinaza como fertilizante lo que de alguna forma mejora la nutrición del cultivo del café.

De acuerdo al análisis de varianza se encontraron diferencias entre los tratamientos con respecto a esta enfermedad para todos los años evaluados (2002-2009) (anexos 3 y su continuación). Para el año 2008 la prueba de Tukey

no detectó las diferencias entre los tratamientos por lo que se tomaron en cuenta las diferencias resultantes de la prueba de Fisher. Según estas pruebas aquellos tratamientos con sombra de poró fueron los que predominaron entre los mejores, es decir fueron los que mostraron menores porcentajes de incidencia de *C. coffeicola*. Se puede deducir que la incorporación de nitrógeno y materia orgánica por parte de esta especie arbórea puede haber contribuido a menor susceptibilidad de los cafetos hacia la enfermedad.

4.1.3 *Colletotrichum coffeanum* (antracnosis)

Para los años 2002, 2003 y 2008, los promedios de incidencia de antracnosis de algunos tratamientos sobrepasaron el nivel crítico máximo que se presenta en el anexo 8, siendo el promedio de incidencia más alto el registrado en el tratamiento de amarillón bajo orgánico en el año 2008 con un 6,3%.

El análisis de varianza realizado indica que existieron diferencias significativas entre tratamientos para todos los años excepto el 2009 (anexo 5 y su continuación); sin embargo para los años 2003 y 2005 se ejecutó una prueba de Fisher, ya que los resultados de la prueba de Tukey no mostraron las diferencias que indicó la prueba “F. Los tratamientos correspondientes a pleno sol (MC), cashá – poró (MC) y poró (BO), son los que obtuvieron el menor promedio total de incidencia de los ocho años de muestreo (continuación anexo 5), no obstante pleno sol medio convencional solo estuvo cinco de los ocho años por debajo del nivel crítico ya que para los tres primeros años no se evaluó este tratamiento.

Según Torres *et al* (1993), *C. coffeanum* presenta gran diversidad, poca especificidad al café y se adapta a un amplio rango de hospederos para desarrollarse, de tal manera que las especies de sombra utilizadas en el ensayo podrían funcionar como hospederos alternativos.

El ataque de antracnosis en los tratamientos convencionales puede ser el resultado del comportamiento oportunista de *C. coffeanum* (Monzón, 2003), puesto que en estos casos se aplican herbicidas de contacto, los cuales pueden producir microlesiones que son prácticamente invisibles en las hojas inferiores del café, y pueden convertirse en puntos de entrada para el patógeno (Staver *et al*, 2001).

Se encontró correlación de la antracnosis con la temperatura para el año 2003 ($r= 0,63$; $p= 0,18$). Además se determinó correlación negativa con la humedad relativa para los años 2006 ($r= -0,71$; $p= 0,01$), 2008 ($r= -0,72$; $p= 0,17$) y 2009 ($r= -0,67$; $p= 0,53$). En el 2008 se presentó una alta correlación de *C. coffeanum* con la temperatura promedio ($r= 0,99$; $p= 1,1E-03$).

Guharay *et al*, (2001) mencionan que este hongo muestra una respuesta menos marcada a la luz o humedad resultantes de sistemas bajos sombra, no obstante Figueroa *et al* (1998) expresan que esta enfermedad es importante en cafetales a plena exposición solar, en suelos pobres, plantaciones sin sombra y con escasa fertilización pues existe mayor predisposición a la enfermedad, ya que *C. coffeanum* se caracteriza por ser un hongo oportunista (Monzón, 2003).

Monzón (2003) reporta que en su estudio, la mayor incidencia se dio en los meses de febrero y marzo, ya que además de ser los meses más calientes ha pasado la poda de los cafetos, lo que deja a la planta maltratada, estresada y débil, condiciones que aprovecha el patógeno para provocar daños.

4.1.4 *Mycena citricolor* (ojo de gallo)

Acorde al nivel crítico máximo para el ojo de gallo, los tratamientos mostraron baja incidencia durante todo el periodo analizado no obstante se encontraron diferencias significativas entre ellos (anexo 4 y continuación del anexo 4). Los tratamientos que presentaron los menores porcentajes de incidencias fueron los

correspondientes a pleno sol tanto alto convencional como medio convencional, seguidamente la combinación de cashá – amarillón medio convencional y el tratamiento de poró - amarillón medio convencional, sin embargo observando los promedios totales de incidencia se confirma que ningún tratamiento ha llegado al 10% de incidencia que es el nivel crítico para esta enfermedad.

Las mayores incidencias de *M. citricolor* en el periodo 2002-2009 se presentaron en los tratamientos cashá - poró bajo orgánico (2,1%), poró orgánico intensivo-MO (1,7%), y cashá - poró orgánico intensivo-MO (1,7%). Este comportamiento coincide con lo reportado por Samayoa (1999) en estudios realizados en Paraíso de Cartago, donde la mayor incidencia de ojo de gallo ocurrió bajo manejo orgánico con un promedio de 6,1%.

Se encontraron diferencias significativas en los tratamientos para todos los años evaluados ($p < 0,0001$), sin embargo de acuerdo a las incidencias presentadas en el anexo cuatro y su continuación se puede observar que esta enfermedad no es una amenaza dentro del ensayo.

Para el año 2003 existió correlación de *M. citricolor* con la precipitación ($r = 0,67$; $p = 0,15$) y humedad relativa ($r = 0,85$; $p = 0,03$). La precipitación tuvo correlación ($r = 0,53$; $p = 0,08$) con la enfermedad para el año 2004, la precipitación ($r = 0,60$; $p = 0,04$) y humedad ($r = 0,56$; $p = 0,06$) mostraron correlación durante el 2005 y para el 2006 solamente la humedad mostró alguna relación ($r = 0,66$; $p = 0,02$) con la incidencia del hongo.

Durante el 2007, se presentó una relación negativa de las tres variables con la enfermedad: para la precipitación el coeficiente de correlación fue de $-0,76$ ($p = 0,02$) el mismo coeficiente resultó para la temperatura promedio, y para la humedad relativa el coeficiente fue de $-0,77$ ($p = 0,01$). En el 2008 solo hubo

correlación con la temperatura ($r = -0,73$; $p = 0,16$) y por último para el año 2009 se encontró relación con la precipitación ($r = 0,80$; $p = 0,41$).

Es muy importante tomar en cuenta la correlación de *M. citricolor* con las tres variables ambientales, ya que según Sequeira (1958) la naturaleza y el comportamiento del hongo indican que podría ser una enfermedad importante en cultivos que presenten condiciones favorables de sombra, humedad y temperatura; además, las precipitaciones contribuyen en gran medida a la liberación y difusión de esporas, y al establecimiento de la infección, la cual solo se produce en presencia de agua líquida (Avelino *et al*, 2007). Por tanto, los focos de infección que se encuentren dentro de las parcelas o la plantación, pueden ser manejados mediante la manipulación de la sombra (realizando podas) para favorecer la aireación (Avelino *et al*, 1995) y secado de los cafetos.

4.1.5 *Phoma costarricensis* (derrite)

A pesar que no se encontró en estudios previos un nivel crítico para el derrite, se considera una enfermedad con una incidencia muy baja en los diferentes tratamientos presentes en el ensayo puesto que los promedios totales de incidencia ni siquiera llegan al 1%.

Se encontraron diferencias significativas en los promedios de incidencia de *P. costarricensis* en los tratamientos, igual que en el caso de la antracnosis la prueba de Tukey no determinó esas diferencias para los años 2004, 2005 y 2008, por lo que se ejecutó la prueba de Fisher; en el año 2003 no se determinaron diferencias significativas entre tratamientos. En general la incidencia de esta enfermedad ha sido baja a través del periodo de muestreo (anexos 6 y continuación), y probablemente no representa un peligro en el ensayo pues de acuerdo a Figueroa *et al* (1998) *P. costarricensis* es propia de zonas altas con prolongados regímenes de lluvia y baja temperatura, por lo que las condiciones climáticas existentes en el ensayo no son favorables para su desarrollo.

Con respecto a las variables climáticas, para el año 2002 no se encontró correlación con ninguna de ellas; para el 2003 la incidencia del derrite se correlacionó con la precipitación ($r = 0,68$; $p = 0,14$) y con la humedad relativa ($r = 0,58$; $p = 0,23$); para el 2007 la precipitación promedio mostró un coeficiente de correlación de $0,60$ ($p = 0,09$) con la enfermedad, mientras que en el 2008 la precipitación promedio ($r = 0,81$; $p = 0,10$) y la humedad ($r = 0,75$; $p = 0,14$) fueron las variables de mayor correlación con el ataque del derrite. Para el 2009 la incidencia de *P. costarricensis* se correlacionó con la precipitación promedio ($r = -0,66$; $p = 0,54$), la temperatura promedio ($r = 0,91$; $p = 0,27$) y con la humedad relativa ($r = -0,95$; $p = 0,20$).

De acuerdo con Staver *et al* (2001), *P. costarricensis* responde de una manera muy severa cuando se presentan las condiciones ideales de humedad para su desarrollo, por lo que sin duda es fundamental mantener controlada la humedad del sitio y de los cafetos, sin embargo el ataque de este hongo no es de gran preocupación en el sitio de estudio pues se debe recordar que su incidencia es mayor en zonas altas con periodos de lluvias prolongados y temperaturas bajas.

4.1.6 *Corticium koleroga* (mal de hilachas)

Al igual que el derrite, el mal de hilachas ha sido una enfermedad cuyos porcentajes de incidencia han sido sumamente bajos desde que se inició su evaluación (año 2005), estos no han sobrepasado el 2% en ningún tratamiento.

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para los años 2005, 2006, y 2007 (anexo 7), donde los tratamientos correspondientes a pleno sol alto convencional y amarillón alto convencional se mantuvieron entre los mejores tratamientos durante esos tres años. Lo anterior puede deberse a la utilización de fungicidas y a las condiciones de sombra (en el caso de amarillón), que no han propiciado las condiciones microclimáticas para el desarrollo y ataque severo de la

enfermedad. *C. koleroga* es un hongo que se presenta principalmente bajo una condición de alta humedad causada por sombra excesiva (Schroth *et al*, 2000), de manera que posiblemente las podas que se realizan a los árboles del ensayo han permitido la aireación suficiente para que el hongo no infecte severamente los cafetos.

Se encontró una correlación baja de la enfermedad con la temperatura para el año 2005 ($r = 0,55$; $p = 0,12$), y 2008 ($r = 0,52$; $p = 0,37$), mientras que en el año 2007 la presencia de la enfermedad se relacionó con las tres variables de la siguiente forma: para la precipitación el coeficiente de correlación fue de 0,64 ($p = 0,06$), para la temperatura fue de 0,67 ($p = 0,05$) y para la humedad relativa el coeficiente fue de 0,72 ($p = 0,03$).

Para el último año (2009) nuevamente la incidencia se correlacionó con la precipitación de forma negativa, cuyo coeficiente fue de -0,50 ($p = 0,66$); con la temperatura se obtuvo un coeficiente de 0,82 ($p = 0,39$) y para la humedad fue una correlación negativa de -0,99 ($p = 0,08$).

Según Staver *et al* (2001) los hongos causantes del mal de hilachas al igual que el ojo de gallo se ven favorecidos por la presencia de una lámina de agua en las hojas de los cafetos, situación que no solo ocurre en zonas altas, bajo densas nubes o niebla; sino también en periodos de continua precipitación que unidos a limitada entrada de luz y poca circulación del aire benefician el ataque de dichas enfermedades.

4.2 Categorización de los tratamientos

Con el objetivo de agrupar los tratamientos de acuerdo con el porcentaje de incidencia de las enfermedades evaluadas, se utilizó la técnica estadística denominada análisis de conglomerados.

Con base en un sentido lógico de agrupamiento (bueno, regular, malo y muy malo), se consideró acertado evaluar la formación de cuatro grupos básicos de tratamientos de acuerdo a la incidencia de las enfermedades para el periodo Enero – Abril del año 2010 (anexo 10), los conglomerados se presentan a continuación:

Cuadro 5. Conglomerados obtenidos para los tratamientos del sistema agroforestal, Turrialba, Costa Rica.

Conglomerado	Tratamientos
1	Pleno sol - MC Amarillón - MC Pleno sol - AC Cashá/ Amarillón - MC Poró/ Cashá - MC Amarillón - AC Poró/ Cashá - AC
2	Poró/ Amarillón - MO Poró/ Cashá - MO Poró/ Cashá - BO
3	Amarillón - BO Cashá - MC Cashá - MO Amarillón - MO Cashá/ Amarillón - MO
4	Poró - MO Poró - BO Poró - MC Poró - AC Poró/ Amarillón - MC

Para una mejor interpretación de los resultados del análisis de conglomerados se incluyó el cuadro 5, en el cual se observa el porcentaje promedio de incidencia de las seis enfermedades evaluadas de acuerdo al conglomerado al que pertenece.

Cuadro 6. Porcentaje de incidencia promedio de cada enfermedad por tratamiento y según conglomerado, para el sistema agroforestal, Turrialba, Costa Rica.

Tratamiento	%R	%OG	%Ch	%A	%D	%H	Grupo
Amarillón - MO	15,42	1,79	18,71	2,22	0,56	0,00	3
Amarillón - BO	25,57	0,00	29,80	1,75	1,00	0,00	3
Cashá/Amarillón - MO	15,05	1,22	19,43	1,78	0,89	0,00	3
Cashá - MO	19,42	1,97	23,84	2,47	1,07	0,00	3
Cashá - MC	13,07	3,12	16,98	0,81	0,99	0,24	3
Poró/Amarillón - MO	11,45	6,06	14,87	2,21	0,48	0,00	2
Poró/Cashá - MO	10,99	6,06	15,70	0,75	0,64	0,00	2
Poró/Cashá - BO	12,19	6,90	13,33	0,32	0,28	0,00	2
Amarillón - MC	14,04	0,24	12,75	0,62	0,29	0,00	1
Amarillón - AC	16,32	0,38	15,14	2,47	0,41	0,00	1
Pleno sol - MC	10,65	0,14	13,41	0,03	0,39	0,06	1
Pleno sol - AC	12,33	0,20	13,05	0,63	0,23	0,00	1
Cashá/Amarillón - MC	14,34	0,38	17,89	1,16	0,30	0,00	1
Poró/Cashá - MC	12,88	1,64	17,86	1,46	0,34	0,05	1
Poró/Cashá - AC	15,47	0,94	12,96	1,92	0,23	0,00	1
Poró/Amarillón - MC	6,39	1,54	11,44	0,73	0,49	0,46	4
Poró- MO	8,73	1,96	10,30	1,16	0,56	1,45	4
Poró - MC	7,29	0,68	8,98	1,05	0,18	0,78	4
Poró - BO	9,80	1,85	14,74	0,73	0,12	0,29	4
Poró - AC	10,88	0,60	11,37	0,81	0,36	0,47	4

Nota: Enfermedades: R: roya; OG: ojo de gallo; Ch: chasparria o mancha de hierro, A: antracnosis, D: derrite, H: mal de hilachas.

Se obtuvo un coeficiente de correlación cofenética de 0,6, el cual es la medida de proximidad entre conglomerados, este coeficiente es 1 cuando las matrices de los conglomerados son proporcionales, de manera que el valor obtenido indica que existe bastante proximidad dentro de los grupos resultantes, lo cual es uno de los objetivos de este tipo de análisis.

Comparando las incidencias entre conglomerados (cuadro 6) se observa que en el conglomerado 1 se ubican los tratamientos que presentan menor incidencia de ojo

de gallo y mal de hilachas, y niveles medios de roya, chasparria o mancha de hierro, antracnosis, y derrite.

Además como se puede observar en el cuadro cinco, en este conglomerado solo se agrupan tratamientos con manejo convencional, sin embargo no domina un tipo arreglo de sombra y los porcentajes de esta variable son altos (cuadro 1), de esto se puede deducir que la incidencia de las enfermedades ha estado regulada más que todo por el manejo convencional que se le da a los cafetos por medio de fungicidas que se aplican según la incidencia de las enfermedades, de modo que no se les ha permitido causar ataques severos manteniéndose los valores de incidencia cercanos al promedio general en las cuatro enfermedades que se mencionó anteriormente.

Seguidamente el conglomerado dos agrupa solamente tratamientos con manejo orgánico. En este grupo se encuentran aquellos tratamientos que presentaron mayor incidencia de ojo gallo, nuevamente niveles medios para roya, mancha de hierro y derrite, y ninguna incidencia del mal de hilachas.

El comportamiento del ojo de gallo concuerda con lo encontrado por Samayoa (1999), pues en su estudio la incidencia de esta enfermedad fue mayor bajo manejo orgánico; en su caso este comportamiento se relacionó con menor disponibilidad de compuestos de defensa en la planta por la extracción de frutos o reducción de formación de follaje, no obstante en el conglomerado dos se encuentran asociaciones de árboles cuyos promedios de sombra exceden el 70%, lo que pudo generar condiciones de humedad y menor entrada de luz que favorecieron la presencia de *M. citricolor*; no así la presencia de roya.

Por su parte el conglomerado tres encierra los tratamientos que presentan alta incidencia de roya, mancha de hierro, antracnosis y derrite, baja incidencia de ojo de gallo y casi nula incidencia de mal de hilachas. Se puede observar en el cuadro cuatro que en este grupo solo aparecen los arreglos de sombra de cashá y

amarillón, cuyos porcentajes de sombra promedio rondan el 80%, por lo que se podría pensar que la alta incidencia de las enfermedades mencionadas se deba a que la sombra sea lo suficientemente densa como para crear las condiciones microclimáticas adecuadas para el proceso de germinación, dispersión e infección de los hongos causantes de roya, mancha de hierro, y antracnosis.

El hecho que el tratamiento de cashá medio convencional esté dentro de este grupo donde los demás tratamientos son orgánicos, significa que la utilización de fungicidas para el control de enfermedades bajo la sombra de cashá no está siendo muy efectiva, pues como se mencionó la incidencia de algunas enfermedades es alta dentro de este conglomerado.

Por último en el conglomerado cuatro se agruparon los tratamientos con menor incidencia de roya, mancha de hierro, antracnosis y derrite; niveles medios de ojo de gallo y una mayor incidencia de mal de hilachas. Se puede observar que la domina la sombra de poró con sus diferentes manejos (cuadro 4), de manera que la incorporación y fijación de nitrógeno (mediante la hojarasca y raíces) por parte de esta especie puede estar causando un efecto positivo en los cafetos haciéndolos menos susceptibles a las enfermedades que presentan mayor incidencia en otros conglomerados tales como la roya y la mancha de hierro.

Con respecto a la incidencia de la mancha de hierro en este conglomerado se puede inferir que la sombra generada por el poró, la cual se encuentra entre el 30 y 60% (cuadro 1) está limitando una mayor infección del hongo en los cafetos al disminuir moderadamente la entrada de luz, unido a esto el uso de fungicidas en los manejos alto y medio convencional al parecer funciona en el control de la enfermedad. Asimismo el porcentaje de sombra generado por las especies de este conglomerado no ha sido suficiente como para hacer que la roya ocasione graves infecciones, lo que hace suponer que valores de sombra entre el 30 y 60% máximo, permiten controlar estas enfermedades con ayuda de los fungicidas en el

caso de los manejos convencionales o con los foliares botánicos en el caso de los manejos orgánicos, en especial el MO.

La roya, antracnosis y derrite se presentan principalmente bajo condiciones de alta humedad, condiciones que probablemente no se presentan todo el tiempo en estos tratamientos a pesar de poseer árboles de sombra, por lo que el desarrollo de los hongos causantes de dichas enfermedades se ha visto afectado.

No obstante, la sombra que provee el poró posiblemente ha favorecido periodos de altas temperaturas, que junto a la humedad característica del ensayo ha favorecido la incidencia del mal de hilachas más que en aquellos tratamientos donde el arreglo de sombra disminuye la temperatura del sitio, retomando que zonas bajas, altas temperaturas, y alta humedad relativa son condiciones óptimas para el desarrollo de esta enfermedad.

Como la mancha de hierro y la roya son las principales enfermedades en el ensayo de sistemas agroforestales pues poseen mayor incidencia que el resto, se escoge el grupo de tratamientos del conglomerado cuatro como sistemas de sombra y manejos de insumos adecuados para la disminución de las dos enfermedades.

4.3 Efecto de la sombra sobre las enfermedades

A continuación se presentan los resultados obtenidos para la correlación de las enfermedades y el porcentaje de sombra.

Cuadro 7. Resultados del análisis de correlación (Pearson) del porcentaje de sombra promedio con el porcentaje de incidencia de cada enfermedad para el periodo Enero – Abril del 2010.

Enfermedad (% incidencia)	Correlación	Probabilidad
Roya	0,18	0,0040
Mancha de hierro	0,05	0,45
Ojo de gallo	0,15	0,02
Antracnosis	0,08	0,23
Derrite	0,08	0,25
Hilachas	0,0028	0,97

De acuerdo con los valores del cuadro 4 se puede observar que no existe una relación significativa entre las enfermedades y el porcentaje de sombra, al menos para el periodo en que esta última variable fue evaluada. De lo anterior se deduce que no existe una ecuación de regresión que pueda explicar de manera satisfactoria la incidencia de alguna de las enfermedades con respecto a la variable “porcentaje de sombra” para este corto período.

Estos resultados son inesperados puesto que otros autores han encontrado lo contrario. Por ejemplo Herrera (2007), en su trabajo realizado en el mismo ensayo, encontró que la incidencia del *C. koleroğa* fue mayor en las parcelas de sombra que en aquellas expuestas a pleno sol, lo anterior también se apoya en el hecho que la enfermedad se ve correlacionada y beneficiada por la humedad, la cual puede ser mayor bajo condiciones de sombra densa (Herrera, 2007; Staver *et al*, 2001).

De esta manera la regulación de la sombra, así como los espaciamientos entre plantas, y la poda de los cafetos, pueden contribuir a un secado más rápido de las hojas del café (Staver *et al*, 2001), generando la falta de humedad sobre las hojas para el desarrollo del hongo.

En el caso de la antracnosis se ha argumentado que este hongo tiene una respuesta menos marcada a la luz solar o humedad modificada por la sombra, ya que se conoce que *C. coffeanum* afecta principalmente aquellas plantas debilitadas por el estrés nutricional o sobreproducción, condiciones frecuentes en cafetos bajo muy poca o ninguna sombra; o cuando se realizan cambios bruscos en el porcentaje de sombra (Staver *et al*, 2001).

Al igual que en el mal de hilachas el derrite se puede desarrollar mejor en condiciones de sombra pues requiere de alta humedad, bajas temperaturas y poca luminosidad (Chereguino, 1981; Gómez y Bustamante, 1977), además Chereguino (1981) encontró que la diseminación del hongo es más eficaz en la época lluviosa mediante las gotas de lluvia, situación que puede ser mayor en café bajo sombra pues el goteo de las hojas de los árboles puede contribuir a la dispersión de la enfermedad dentro del cafetal.

Con respecto a la correlación de la sombra con la mancha de hierro el resultado sí es razonable, pues se debe recordar que el ataque de esta enfermedad se reporta por otros autores en lotes de café expuestos a pleno sol o donde la sombra es reducida (Salamanca *et al*, 1994; Samayoa y Sánchez, 2000; Samayoa, 1999), siendo las ramas superiores las más afectadas ya que reciben mayor cantidad de radiación solar (Staver *et al*, 2001).

Benavides y Romero (2004), reportaron en un estudio realizado en Masatepe, Nicaragua, que la mayor incidencia de la mancha de hierro ocurrió en las parcelas de café a pleno sol o en aquellas donde la sombra asociada al café permite mayor entrada de luz, y a pesar de que en ellas se aplicaron insumos químicos, esto no impidió el desarrollo del hongo. Lo anterior fue también encontrado por Zúñiga (2000) en su estudio de las enfermedades del café en Estelí, Nicaragua donde la sombra disminuyó la incidencia de la enfermedad.

Aunque el resultado de correlación de la sombra con el ojo de gallo es un poco contradictorio con lo esperado (existencia de correlación de la enfermedad con la sombra), no se puede deducir que no exista del todo una relación entre el porcentaje de sombra y *M. citricolor* ya que el análisis de correlación se efectuó solo con los primeros cuatro meses del año, mientras que Samayoa (1999) reporta los mayores porcentajes de incidencia de la enfermedad entre diciembre y enero donde la epidemia se relacionó con altas precipitaciones y alta humedad relativa; la cual es frecuente en cafetales muy sombreados.

Muchos productores creen que la mayor incidencia de ojo de gallo bajo condiciones de sombra se relaciona con el goteo de las hojas de los árboles asociados, en especial de aquellas especies maderables cuya altura no permite llevar a cabo la poda, sin embargo este argumento aun no ha sido comprobado (Beer *et al*, 1998).

Avelino *et al* (2007) indican que una forma de reducir el riesgo de infección de *M. citricolor* es disminuyendo el porcentaje de sombra proporcionado por las especies forestales plantadas, ya que la copa de estos árboles intercepta la radiación, reduce el movimiento del viento, y probablemente aumenta la duración de la humedad sobre la lámina foliar del café lo que promueve el ataque del hongo. No obstante un buen programa de fertilización puede ser un factor desfavorable para el desarrollo de la epidemia por las buenas condiciones nutritivas de los cafetos.

Los autores antes mencionados también recomiendan aplicar sistemas de poda y porcentajes de sombra que se adapten a la altitud y pendiente del terreno pues comprobaron que estos factores determinan en gran medida el riesgo de una epidemia de ojo de gallo en el sistema agroforestal.

Con respecto al resultado de correlación de sombra con la roya, se puede definir como esperado de acuerdo a lo reportado por otros autores. Beer *et al* (1998)

mencionan que la correlación entre el nivel de luz y la incidencia de *H. vastatrix* parece mucho más débil, ya que esta enfermedad foliar provoca graves defoliaciones tanto en condiciones de sombra como sin sombra.

En el trabajo realizado en Masatepe, Nicaragua, Benavides y Romero (2004) obtuvieron como resultado que los cafetos bajo algún tipo de sombra fueron los más afectados por la roya, mientras que los tratamientos a pleno sol presentaron una baja incidencia de *H. vastatrix*. Esto revela que el hongo se logra desarrollar mejor en ambientes de sombra ya que probablemente este le genera condiciones aptas para su desarrollo como la temperatura y poca luminosidad.

Soto- Pinto *et al* (2002) indican que en su estudio en Chiapas, Mexico, la incidencia de la roya mostró una correlación negativamente significativa con el número de estratos de árboles presentes en el sistema agroforestal. Ellos obtuvieron que en aquellas parcelas con más de cuatro estratos los porcentajes de incidencia de la roya fueron menores que en aquellas con menos de cuatro estratos. Esto es el resultado de un mosaico de vegetación complejo que puede proveer hábitat para organismos antagonistas como otros hongos, y bacterias que pueden controlar a los patógenos como *H. vastatrix*.

Según Carvalho (1999) y Matiello (1991) citados por Salgado *et al* (2007), entre las condiciones ambientales ideales para el desarrollo de la enfermedad están el sombreado y el espaciamiento cerrado entre cafetos que conduce a un autosombreamiento. De este modo la arquitectura de la copa de los árboles a establecer en el SAF debe tomarse en cuenta pues la sombra que los árboles brinden al cultivo estará en función de esta, favoreciendo o no la presencia de humedad en el sistema o en las hojas de las plantas de café.

Se ha encontrado una relación positiva entre la producción de frutos y el proceso de infección de la roya. De acuerdo a Avelino *et al* (2004), en cafetos expuestos al

sol los años de alto rendimiento conducen a serios problemas de la epidemia, mientras que en años de bajo rendimiento la infección del hongo es menor, sin embargo a pesar de que en las plantaciones bajo sombra los rendimientos son intermedios son suficientes para hacer a las hojas de café susceptibles al ataque del hongo.

A pesar de todo lo explicado anteriormente, la no existencia de correlación entre el porcentaje de sombra y las enfermedades puede ser el resultado de algunos factores: uno de ellos es el factor humano, lo que en este caso sería la falta de experiencia en el uso del instrumento, induciendo a una acumulación de errores en la lectura del densiómetro, también podría ser el resultado de pocas mediciones, pues solo se evaluó la variable sombra en un punto dentro de la parcela dando porcentajes que podrían no ser los más cercanos a la realidad,

Como último factor se encuentra el periodo en que se evaluó la variable que tan solo fue de cuatro meses , pues como indica Monterroso (1999) el microclima producido por la manipulación de la sombra afecta el desarrollo anual del complejo de enfermedades, de manera que para este análisis era necesario contar con datos de sombra del año pasado, ya que en el ambiente existe un inóculo residual de enfermedades del año anterior y que van a actuar dependiendo de la variedad de café, el estado fisiológico de la hoja, y las condiciones meteorológicas (Guharay *et al*, 2001)

5. Conclusiones

La roya es la enfermedad de mayor incidencia en el ensayo, siendo los tratamientos de amarillón (BO), amarillón (MO), cashá (MC), y cashá - amarillón (MO) la combinación de sombra e insumos donde se presenta mayor incidencia (>30%) de esta enfermedad.

Los tratamientos pleno sol (AC), poró (MO), poró (AC), pleno sol (MC), poró (BO), poró+cashá (AC) fueron los que presentan menor incidencia de roya.

Los tratamientos con mayor incidencia de mancha de hierro fueron pleno sol (AC), amarillón (BO) y pleno sol (MC) que aunque abajo del nivel crítico (10%) tuvieron respectivamente un 7,9%, 7,9% y 7,3% de incidencia. Los que presentaron menor incidencia fueron poró-amarillón (MO), cashá-poró (BO), poró (BO), poró (MC), poró-amarillón (MC), todos con menos de 3,5% de incidencia.

El establecimiento y desarrollo de la roya del café se ve influenciado por las variables: temperatura promedio, precipitación media y humedad relativa del sitio, mientras que existe una correlación entre la mancha de hierro y la temperatura.

El ojo de gallo, el derrite y el mal de hilachas presentaron muy baja incidencia en todo el periodo analizado (2002- 2010), por lo que no representan un problema fitosanitario en el ensayo.

Los tratamientos correspondientes a pleno sol (AC) y (MC), cashá – amarillón (MC), y poró – amarillón (MC) mostraron la menor incidencia de ojo de gallo.

El ojo de gallo, el derrite y el mal de hilachas presentaron correlación con la temperatura promedio, precipitación promedio y humedad relativa.

A pesar que la antracnosis no ha representado un problema en el ensayo se debe controlar el estado nutricional de los cafetos así como la sombra ya que es un hongo oportunista que podría atacar plantas debilitadas y expuestas plenamente a la luz.

No existió correlación de las enfermedades evaluadas con el porcentaje de sombra promedio para el periodo de cuatro meses (Enero-Abril) de 2010 durante el presente estudio.

6. Recomendaciones

Utilizar el poró, solo o en combinación con otras especies forestales, en el establecimiento de sistemas agroforestales por los beneficios que brinda, incorporando los manejos medio convencional, orgánico intensivo y bajo orgánico para evitar la contaminación excesiva por fertilizantes o fungicidas inorgánicos.

Realizar investigaciones de otras asociaciones de sombra, incluso con diferentes estratos para realizar comparaciones con las especies presentes en el ensayo.

Establecer sistemas de muestreos específicos para las enfermedades de menor incidencia pues los resultados podrían obedecer a un comportamiento característico de cada una.

Realizar medición del porcentaje de sombra por un periodo aproximado de un año para verificar los resultados de correlación de esta variable con la incidencia de las enfermedades evaluadas.

Manejar la sombra de acuerdo a la época del año para controlar las condiciones de microclima del sitio.

7. Anexos

Anexo 1. Número de años que cada tratamiento ha estado por debajo del nivel crítico máximo de incidencia, durante el periodo 2002- 2009

Tratamiento	Enfermedad			
	Roya	Mancha de hierro	Ojo de gallo	Antracnosis
Term.a. (AC)	5	7	8	7
Term.a. (BO)	2	5	7	5
Term.a. (MC)	4	6	8	6
Term.a. (MO)	4	7	8	6
Eryt.p. (AC)	5	6	8	7
Eryt.p. (BO)	5	7	7	7
Eryt.p. (MC)	5	8	8	7
Eryt.p. (MO)	7	7	8	7
Ch+ E (AC)	5	7	8	7
Ch+ E (BO)	4	7	7	6
Ch+ E (MC)	5	7	8	7
Ch+ E (MO)	6	7	8	7
Ch.e. (MC)	3	6	8	7
Ch.e. (MO)	4	7	8	7
E+ T (MC)	5	8	8	5
E+ T (MO)	5	7	7	6
Ch+ T (MC)	5	6	8	6
Ch+ T (MO)	2	7	7	3
P sol (AC)	6	6	8	6
P sol (MC)	3	4	7	5

Anexo 2. Porcentaje promedio de incidencia anual de la roya del café, para el periodo 2002-2005, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año							
	2002		2003		2004		2005	
Term.a. (AC)	(9,9 ± 10,0)%	ab	(32,3 ± 16,1)%	NS	(27,6 ± 12,1)%	bcd	(38,8 ± 26,7)%	ab
Term.a. (BO)			(28,4 ± 9,2)%	NS	(34,6 ± 12,7)%	de	(32,2 ± 21,3)%	ab
Term.a. (MC)	(5,4 ± 4,3)%	ab	(32,7 ± 20,5)%	NS	(23,8 ± 7,3)%	abc	(41,7 ± 19,8)%	ab
Term.a. (MO)	(11,4 ± 5,6)%	bc	(30,1 ± 10,6)%	NS	(32,9 ± 12,1)%	cde	(32,2 ± 20,9)%	ab
Eryt.p. (AC)	(6,5 ± 6,8)%	ab	(30,3 ± 14,7)%	NS	(22,1 ± 9,2)%	ab	(36,7 ± 17,3)%	ab
Eryt.p. (BO)			(24,8 ± 8,9)%	NS	(27,1 ± 12,8)%	abcd	(27,6 ± 16,2)%	a
Eryt.p. (MC)	(5,9 ± 4,1)%	ab	(40,9 ± 21,0)%	NS	(25,3 ± 9,0)%	abcd	(39,2 ± 17,8)%	ab
Eryt.p. (MO)	(5,7 ± 2,7)%	ab	(25,5 ± 12,2)%	NS	(27,9 ± 10,0)%	bcd	(28,8 ± 18,7)%	ab
Ch+ E (AC)	(4,2 ± 3,7)%	a	(32,2 ± 18,8)%	NS	(22,6 ± 9,7)%	ab	(31,9 ± 20,4)%	ab
Ch+ E (BO)			(28,8 ± 9,3)%	NS	(35,6 ± 18,4)%	de	(27,4 ± 21,1)%	a
Ch+ E (MC)	(8,4 ± 7,3)%	ab	(36,0 ± 16,4)%	NS	(28,9 ± 11,8)%	bcd	(44,1 ± 23,5)%	ab
Ch+ E (MO)	(6,5 ± 4,6)%	ab	(29,7 ± 10,2)%	NS	(29,2 ± 12,8)%	bcd	(36,1 ± 24,9)%	ab
Ch.e. (MC)	(19,5 ± 8,2)%	c	(40,2 ± 22,5)%	NS	(29,5 ± 15,3)%	bcd	(46,4 ± 27,9)%	b
Ch.e. (MO)	(5,3 ± 3,2)%	ab	(32,3 ± 10,2)%	NS	(40,6 ± 16,7)%	e	(27,9 ± 19,5)%	a
E+ T (MC)	(10,3 ± 12,7)%	ab	(42,7 ± 21,4)%	NS	(20,9 ± 6,3)%	ab	(42,6 ± 19,1)%	ab
E+ T (MO)			(29,6 ± 12,6)%	NS	(27,4 ± 10,9)%	bcd	(33,2 ± 18,5)%	ab
Ch+ T (MC)	(8,0 ± 9,1)%	ab	(33,7 ± 17,8)%	NS	(26,1 ± 13,8)%	abcd	(43,0 ± 24,2)%	ab
Ch+ T (MO)			(30,8 ± 3,5)%	NS	(33,2 ± 10,7)%	cde	(35,8 ± 21,6)%	ab
P sol (AC)	(9,2 ± 8,1)%	ab	(31,9 ± 18,6)%	NS	(17,5 ± 6,5)%	a	(27,8 ± 13,8)%	a
P sol (MC)							(39,7 ± 16,6)%	ab

Nota: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Continuación anexo 2. Porcentaje promedio de incidencia anual de la roya del café, para el periodo 2006-2009, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año								Promedio total de incidencia
	2006		2007		2008		2009		
Term.a. (AC)	(28,2 ± 13,8)%	cdef	(51,5 ± 17,5)%	bc	(21,7 ± 14,1)%	abcdef	(26,8 ± 13,5)%	ef	29,6
Term.a. (BO)	(32,3 ± 6,7)%	defg	(48,9 ± 23,4)%	abc	(43,8 ± 21,7)%	g	(29,1 ± 5,7)%	f	35,6
Term.a. (MC)	(23,6 ± 6,7)%	bcd	(49,2 ± 18,6)%	abc	(32,4 ± 9,7)%	efg	(21,8 ± 7,3)%	def	28,8
Term.a. (MO)	(29,8 ± 10,7)%	defg	(48,5 ± 24,4)%	abc	(29,3 ± 12,6)%	defg	(26,2 ± 5,6)%	ef	30,0
Eryt.p. (AC)	(19,6 ± 10,5)%	abc	(34,4 ± 14,2)%	ab	(16,6 ± 9,5)%	abcde	(14,5 ± 5,8)%	abcd	22,6
Eryt.p. (BO)	(39,3 ± 16,2)%	g	(34,6 ± 13,1)%	ab	(20,7 ± 11,9)%	abcdef	(13,8 ± 2,2)%	abcd	24,3
Eryt.p. (MC)	(25,7 ± 13,0)%	cde	(38,5 ± 19,6)%	abc	(22,2 ± 10,5)%	abcdef	(8,7 ± 2,1)%	a	25,8
Eryt.p. (MO)	(26,3 ± 13,6)%	cde	(33,4 ± 16,4)%	a	(15,5 ± 9,9)%	abcd	(9,8 ± 2,5)%	ab	21,6
Ch+ E (AC)	(23,6 ± 7,8)%	bcd	(45,3 ± 13,8)%	abc	(15,4 ± 6,4)%	abcd	(20,3 ± 8,0)%	cdef	24,4
Ch+ E (BO)	(35,5 ± 7,6)%	fg	(40,1 ± 14,4)%	abc	(17,5 ± 7,8)%	abcdef	(12,9 ± 5,6)%	abcd	28,3
Ch+ E (MC)	(28,3 ± 8,9)%	def	(48,2 ± 14,4)%	abc	(23,6 ± 12,3)%	bcdef	(15,8 ± 9,3)%	abcd	29,2
Ch+ E (MO)	(24,0 ± 11,8)%	bcd	(46,2 ± 22,4)%	abc	(18,4 ± 12,6)%	abcdef	(18,9 ± 4,6)%	bcdef	26,1
Ch.e. (MC)	(32,9 ± 12,8)%	defg	(48,7 ± 17,0)%	abc	(32,0 ± 9,0)%	efg	(20,7 ± 8,3)%	cdef	33,7
Ch.e. (MO)	(34,1 ± 7,3)%	efg	(40,8 ± 19,8)%	abc	(26,7 ± 10,4)%	cdefg	(20,0 ± 4,1)%	cdef	28,5
E+ T (MC)	(24,1 ± 7,1)%	bcd	(46,2 ± 15,9)%	abc	(28,9 ± 11,0)%	cdefg	(13,1 ± 4,7)%	abcd	28,6
E+ T (MO)	(26,7 ± 15,1)%	cdef	(43,2 ± 14,4)%	abc	(14,6 ± 10,0)%	abc	(14,8 ± 8,0)%	abcd	27,1
Ch+ T (MC)	(25,5 ± 8,7)%	cde	(55,5 ± 19,1)%	c	(26,9 ± 12,2)%	cdefg	(16,6 ± 5,2)%	abcde	29,4
Ch+ T (MO)	(28,0 ± 9,2)%	def	(44,8 ± 22,1)%	abc	(37,1 ± 17,9)%	fg	(16,5 ± 6,5)%	abcde	32,3
P sol (AC)	(14,8 ± 8,2)%	a	(44,3 ± 11,5)%	abc	(9,9 ± 9,8)%	a	(13,7 ± 4,4)%	abcd	21,1
P sol (MC)	(16,3 ± 7,3)%	ab	(42,2 ± 15,5)%	abc	(10,2 ± 7,5)%	ab	(11,0 ± 4,2)%	abc	23,9

Nota: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Números en rojo sobrepasaron el nivel crítico máximo de incidencia.

Anexo 3. Porcentaje promedio de incidencia anual de mancha de hierro, para el periodo 2002-2005, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año							
	2002		2003		2004		2005	
Term.a. (AC)	(10,1 ± 3,8)%	abcd	(8,8 ± 4,8)%	abcde	(6,3 ± 3,2)%	defgh	(2,3 ± 2,0)%	ab
Term.a. (BO)			(11,3 ± 5,2)%	bcde	(9,1 ± 3,5)%	h	(5,6 ± 3,5)%	ef
Term.a. (MC)	(12,0 ± 6,1)%	bcd	(11,9 ± 6,3)%	bcde	(8,9 ± 6,2)%	gh	(4,7 ± 3,8)%	cdef
Term.a. (MO)	(16,4 ± 6,6)%	cd	(8,3 ± 3,1)%	abcde	(9,3 ± 5,8)%	h	(4,9 ± 3,8)%	def
Eryt.p. (AC)	(10,3 ± 4,4)%	abcd	(11,9 ± 8,6)%	bcde	(7,2 ± 4,3)%	efgh	(3,5 ± 1,8)%	bcdef
Eryt.p. (BO)			(4,8 ± 2,0)%	ab	(4,1 ± 1,8)%	bcde	(2,3 ± 1,9)%	abc
Eryt.p. (MC)	(8,3 ± 5,7)%	a	(5,2 ± 2,4)%	abc	(2,9 ± 1,6)%	abc	(1,2 ± 1,1)%	a
Eryt.p. (MO)	(17,7 ± 5,6)%	d	(3,9 ± 2,4)%	a	(2,1 ± 1,5)%	ab	(1,5 ± 1,8)%	a
Ch+ E (AC)	(8,8 ± 4,0)%	ab	(14,9 ± 9,3)%	e	(7,4 ± 2,8)%	fgh	(4,4 ± 2,4)%	cdef
Ch+ E (BO)			(4,6 ± 2,2)%	ab	(2,0 ± 1,5)%	ab	(1,7 ± 1,4)%	ab
Ch+ E (MC)	(11,2 ± 4,6)%	bcd	(5,5 ± 4,1)%	abc	(3,9 ± 2,1)%	abcde	(1,8 ± 1,4)%	ab
Ch+ E (MO)	(14,2 ± 11,6)%	bcd	(6,2 ± 4,5)%	abcd	(3,6 ± 2,5)%	abcd	(2,4 ± 2,5)%	ab
Ch.e. (MC)	(15,0 ± 4,3)%	cd	(12,6 ± 8,8)%	cde	(6,1 ± 5,1)%	cdefgh	(2,6 ± 3,0)%	ab
Ch.e. (MO)	(18,1 ± 5,4)%	d	(8,3 ± 4,0)%	abcde	(5,1 ± 3,0)%	cdef	(3,1 ± 2,0)%	bcde
E+ T (MC)	(9,6 ± 3,0)%	abc	(5,1 ± 3,2)%	ab	(2,6 ± 2,6)%	ab	(1,3 ± 1,7)%	a
E+ T (MO)			(5,9 ± 2,0)%	abcd	(1,8 ± 1,3)%	a	(2,5 ± 2,3)%	abcd
Ch+ T (MC)	(11,8 ± 5,7)%	bcd	(13,0 ± 8,2)%	de	(8,7 ± 6,2)%	fgh	(2,9 ± 3,7)%	abcd
Ch+ T (MO)			(9,6 ± 3,4)%	abcde	(5,9 ± 4,5)%	cdefg	(3,5 ± 2,9)%	bcde
P sol (AC)	(12,8 ± 6,8)%	bcd	(14,0 ± 8,2)%	e	(8,4 ± 4,9)%	gh	(6,4 ± 4,2)%	fg
P sol (MC)							(10,4 ± 9,0)%	g

Nota: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Números en rojo sobrepasaron el nivel crítico máximo de incidencia.

Continuación anexo 3. Porcentaje promedio de incidencia anual de mancha de hierro, para el periodo 2006-2009, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año								Promedio total de incidencia
	2006		2007		2008		2009		
Term.a. (AC)	(3,7 ± 3,8)%	efg	(1,3 ± 1,3)%	abc	(3,8 ± 4,2)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	4,5
Term.a. (BO)	(5,7 ± 2,6)%	hij	(6,2 ± 5,7)%	de	(17,4 ± 18,8)%	d	(0,2 ± 0,7)%	ab	7,9
Term.a. (MC)	(4,3 ± 2,8)%	ghi	(1,0 ± 1,0)%	ab	(6,5 ± 4,7)%	abc	(0,1 ± 0,4)%	ab	6,2
Term.a. (MO)	(3,1 ± 2,0)%	efg	(2,5 ± 1,9)%	bc	(9,2 ± 7,5)%	bcd	(1,0 ± 2,9)%	ab	6,8
Eryt.p. (AC)	(2,6 ± 1,3)%	defg	(3,3 ± 4,0)%	cd	(2,9 ± 3,2)%	a	(0,3 ± 0,4)%	ab	5,2
Eryt.p. (BO)	(0,9 ± 1,2)%	a	(1,6 ± 0,8)%	abc	(7,5 ± 6,8)%	abcd	(0,7 ± 0,9)%	abc	3,3
Eryt.p. (MC)	(1,6 ± 1,4)%	abcd	(2,9 ± 2,7)%	bc	(5,6 ± 4,7)%	abc	(0,1 ± 0,2)%	ab	3,5
Eryt.p. (MO)	(1,2 ± 0,9)%	ab	(1,9 ± 1,6)%	abc	(7,8 ± 7,4)%	abc	(0,1 ± 0,2)%	ab	4,5
Ch+ E (AC)	(3,4 ± 1,8)%	fgh	(2,7 ± 2,2)%	bc	(3,6 ± 2,5)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	5,7
Ch+ E (BO)	(1,4 ± 1,3)%	abc	(2,2 ± 1,9)%	abc	(6,7 ± 5,1)%	abcd	(0,0 ± 0,0)%	a	2,7
Ch+ E (MC)	(3,0 ± 2,3)%	cdefg	(1,7 ± 0,9)%	abc	(4,7 ± 4,6)%	ab	(1,4 ± 2,8)%	abc	4,1
Ch+ E (MO)	(1,6 ± 1,6)%	abcde	(0,6 ± 1,0)%	a	(3,8 ± 4,3)%	ab	(0,1 ± 0,4)%	ab	4,1
Ch.e. (MC)	(4,3 ± 2,7)%	ghi	(2,1 ± 1,1)%	bc	(4,7 ± 4,3)%	abc	(0,0 ± 0,0)%	a	5,9
Ch.e. (MO)	(1,2 ± 1,2)%	ab	(1,4 ± 1,2)%	abc	(3,0 ± 3,0)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	5,0
E+ T (MC)	(1,7 ± 1,4)%	abcde	(2,1 ± 0,9)%	bc	(5,2 ± 4,6)%	abc	(0,2 ± 0,6)%	ab	3,5
E+ T (MO)	(1,3 ± 1,5)%	ab	(1,6 ± 1,1)%	abc	(2,8 ± 2,9)%	a	(0,1 ± 0,3)%	ab	2,3
Ch+ T (MC)	(2,0 ± 1,9)%	abcdef	(1,0 ± 0,9)%	ab	(4,8 ± 4,9)%	ab	(0,2 ± 0,7)%	ab	5,5
Ch+ T (MO)	(2,1 ± 2,0)%	bcdef	(1,4 ± 1,3)%	abc	(6,3 ± 5,9)%	abc	(0,0 ± 0,0)%	a	4,1
P sol (AC)	(6,1 ± 3,2)%	ij	(7,9 ± 8,4)%	e	(5,7 ± 3,8)%	abcd	(1,9 ± 1,6)%	c	7,9
P sol (MC)	(7,2 ± 3,3)%	j	(8,6 ± 7,9)%	e	(8,5 ± 5,8)%	cd	(1,5 ± 2,0)%	bc	7,3

Nota: Para el año 2008 se ejecutó una prueba de Fisher, ya que los resultados de la prueba de Tukey fueron contradictorios con la prueba de "F". Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Números en rojo sobrepasaron el nivel crítico máximo de incidencia.

Anexo 4. Porcentaje promedio de incidencia anual de ojo de gallo, para el periodo 2002-2005, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año			
	2002	2003	2004	2005
Term.a. (AC)	(0,8 ± 1,5)% ab	(0,1 ± 0,2)% ab	(0,0 ± 0,2)% a	(0,1 ± 0,2)% a
Term.a. (BO)		(0,0 ± 0,0)% a	(0,1 ± 0,2)% a	(0,1 ± 0,5)% a
Term.a. (MC)	(0,5 ± 0,6)% ab	(0,0 ± 0,0)% a	(0,3 ± 0,7)% ab	(0,1 ± 0,3)% ab
Term.a. (MO)	(0,3 ± 0,34)% ab	(0,5 ± 0,8)% ab	(0,1 ± 0,2)% a	(0,1 ± 0,3)% ab
Eryt.p. (AC)	(0,2 ± 0,4)% ab	(0,0 ± 0,0)% a	(0,1 ± 0,2)% a	(0,2 ± 0,4)% ab
Eryt.p. (BO)		(0,3 ± 0,7)% ab	(0,7 ± 2,0)% abc	(1,9 ± 2,9)% d
Eryt.p. (MC)	(0,2 ± 0,4)% ab	(0,1 ± 0,4)% ab	(0,1 ± 0,3)% a	(0,0 ± 0,2)% a
Eryt.p. (MO)	(2,9 ± 1,3)% c	(0,0 ± 0,0)% a	(0,2 ± 0,4)% ab	(0,8 ± 1,0)% cd
Ch+ E (AC)	(1,0 ± 1,4)% b	(0,0 ± 0,0)% a	(0,1 ± 0,3)% a	(0,0 ± 0,1)% a
Ch+ E (BO)		(0,6 ± 1,0)% b	(0,7 ± 1,0)% bc	(0,6 ± 0,8)% bc
Ch+ E (MC)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,1)% a	(0,0 ± 0,0)% a
Ch+ E (MO)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,5 ± 1,0)% ab	(0,9 ± 1,4)% c	(0,7 ± 1,2)% bcd
Ch.e. (MC)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,1)% a	(0,1 ± 0,3)% a
Ch.e. (MO)	(0,6 ± 0,7)% ab	(0,1 ± 0,3)% ab	(0,1 ± 0,4)% a	(0,8 ± 0,9)% cd
E+ T (MC)	(0,2 ± 0,4)% ab	(0,2 ± 0,5)% ab	(0,0 ± 0,2)% a	(0,0 ± 0,0)% a
E+ T (MO)		(0,1 ± 0,2)% ab	(0,5 ± 0,9)% abc	(0,8 ± 1,0)% cd
Ch+ T (MC)	(0,3 ± 0,4)% ab	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,2)% a	(0,1 ± 0,3)% a
Ch+ T (MO)		(0,4 ± 0,8)% ab	(0,0 ± 0,2)% a	(0,0 ± 0,1)% a
P sol (AC)	(0,0 ± 0,0)% a	(0 ± 0)% a	(0,0 ± 0,3)% a	(0,0 ± 0,0)% a
P sol (MC)				(0,1 ± 0,3)% a

Nota: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Continuación anexo 4. Porcentaje promedio de incidencia anual de ojo de gallo, para el periodo 2006-2009, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año								Promedio total de incidencia
	2006		2007		2008		2009		
Term.a. (AC)	(0,2 ± 0,8)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,2 ± 0,3)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	0,2
Term.a. (BO)	(0,2 ± 0,9)%	ab	(0,1 ± 0,3)%	ab	(0,4 ± 1,2)%	abc	(1,4 ± 2,0)%	abcd	0,3
Term.a. (MC)	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,4 ± 0,9)%	abc	(0,0 ± 0,0)%	a	0,2
Term.a. (MO)	(0,0 ± 0,2)%	ab	(0,3 ± 0,8)%	abc	(0,9 ± 2,0)%	abc	(4,0 ± 4,9)%	abcde	0,8
Eryt.p. (AC)	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,1 ± 0,3)%	ab	(0,4 ± 0,6)%		(0,4 ± 0,8)%	abcd	0,2
Eryt.p. (BO)	(0,2 ± 0,4)%	ab	(1,2 ± 1,5)%	de	(4,3 ± 4,6)%	def	(3,1 ± 3,1)%	abcde	1,5
Eryt.p. (MC)	(0,3 ± 1,2)%	ab	(0,1 ± 0,2)%	ab	(0,8 ± 1,0)%	abc	(0,8 ± 0,9)%	abcd	0,3
Eryt.p. (MO)	(0,4 ± 1,4)%	ab	(0,8 ± 1,6)%	bcde	(5,7 ± 4,5)%	ef	(3,2 ± 3,4)%	bcde	1,7
Ch+ E (AC)	(0,0 ± 0,2)%	a	(0,1 ± 0,3)%	ab	(0,5 ± 0,7)%	abc	(0,8 ± 1,4)%	abcd	0,3
Ch+ E (BO)	(0,1 ± 0,4)%	ab	(0,6 ± 1,2)%	abcde	(2,1 ± 2,1)%	bcde	(9,9 ± 9,4)%	e	2,1
Ch+ E (MC)	(0,1 ± 0,2)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,6 ± 1,0)%	abc	(0,8 ± 0,7)%	abcd	0,2
Ch+ E (MO)	(0,5 ± 0,7)%	b	(0,5 ± 0,9)%	abcde	(3,8 ± 2,9)%	def	(6,5 ± 4,8)%	e	1,7
Ch.e. (MC)	(0,0 ± 0,1)%	a	(0,0 ± 0,2)%	ab	(0,7 ± 0,7)%	abc	(1,2 ± 1,3)%	abcd	0,3
Ch.e. (MO)	(1,4 ± 1,7)%	c	(1,2 ± 1,6)%	e	(5,4 ± 3,4)%	f	(3,5 ± 2,3)%	cde	1,6
E+ T (MC)	(0,1 ± 0,3)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,4 ± 0,7)%	abc	(0,2 ± 0,5)%	abc	0,1
E+ T (MO)	(0,1 ± 0,4)%	ab	(0,9 ± 1,1)%	cde	(2,6 ± 3,4)%	cde	(4,2 ± 3,5)%	de	1,3
Ch+ T (MC)	(0,0 ± 0,3)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,2 ± 0,5)%	ab	(0,2 ± 0,7)%	ab	0,1
Ch+ T (MO)	(0,4 ± 0,9)%	ab	(0,4 ± 0,8)%	abcd	(1,8 ± 2,1)%	abcd	(4,2 ± 6,0)%	bcde	1,0
P sol (AC)	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,0 ± 0,2)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	0,0
P sol (MC)	(0,1 ± 0,7)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,1 ± 0,2)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	0,1

Nota: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Anexo 5. Porcentaje promedio de incidencia anual de antracnosis, para el periodo 2002-2005, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año							
	2002		2003		2004		2005	
Term.a. (AC)	(0,9 ± 0,8)%	a	(4,1 ± 4,4)%	def	(1,0 ± 1,2)%	abc	(0,6 ± 0,8)%	abcde
Term.a. (BO)			(3,8 ± 3,5)%	def	(0,8 ± 0,6)%	abc	(1,2 ± 1,4)%	ef
Term.a. (MC)	(0,8 ± 0,8)%	a	(4,6 ± 4,5)%	f	(1,7 ± 1,7)%	c	(0,4 ± 0,5)%	abc
Term.a. (MO)	(1,4 ± 1,0)%	abc	(2,3 ± 1,9)%	abcde	(1,3 ± 1,0)%	bc	(1,0 ± 1,2)%	def
Eryt.p. (AC)	(3,3 ± 2,5)%	bcd	(1,5 ± 1,4)%	a	(1,0 ± 1,1)%	abc	(0,6 ± 0,9)%	abcd
Eryt.p. (BO)			(1,8 ± 1,5)%	abcd	(0,4 ± 0,6)%	a	(1,0 ± 0,9)%	a
Eryt.p. (MC)	(1,9 ± 1,3)%	abcd	(3,5 ± 3,2)%	cdef	(0,7 ± 1,0)%	abc	(0,8 ± 1,1)%	bcdef
Eryt.p. (MO)	(3,5 ± 0,7)%	cd	(1,8 ± 1,5)%	abc	(0,3 ± 0,5)%	a	(0,7 ± 0,8)%	abcdef
Ch+ E (AC)	(1,2 ± 1,0)%	abc	(4,3 ± 2,4)%	ef	(0,9 ± 1,0)%	abc	(0,7 ± 1,0)%	abcde
Ch+ E (BO)			(1,9 ± 1,3)%	abcd	(0,6 ± 0,9)%	ab	(0,8 ± 0,8)%	cdef
Ch+ E (MC)	(1,5 ± 0,9)%	abc	(2,3 ± 1,9)%	abcde	(0,8 ± 1,0)%	abc	(0,4 ± 0,8)%	a
Ch+ E (MO)	(1,1 ± 0,8)%	ab	(2,3 ± 2,0)%	abcde	(0,7 ± 1,0)%	abc	(0,8 ± 1,7)%	abcde
Ch.e. (MC)	(1,5 ± 1,8)%	ab	(4,5 ± 4,5)%	ef	(1,0 ± 1,1)%	abc	(0,6 ± 1,2)%	abcde
Ch.e. (MO)	(4,9 ± 3,4)%	d	(1,9 ± 2,0)%	ab	(0,7 ± 1,2)%	ab	(1,3 ± 1,8)%	f
E+ T (MC)	(2,1 ± 1,5)%	abcd	(2,8 ± 3,4)%	abcde	(0,8 ± 0,9)%	abc	(0,7 ± 1,2)%	abcde
E+ T (MO)			(2,1 ± 1,2)%	abcde	(0,6 ± 0,6)%	ab	(0,8 ± 1,0)%	cdef
Ch+ T (MC)	(2,5 ± 1,9)%	abcd	(3,7 ± 2,6)%	def	(1,4 ± 1,7)%	abc	(0,5 ± 1,4)%	ab
Ch+ T (MO)			(4,6 ± 3,1)%	ef	(0,8 ± 1,1)%	abc	(0,4 ± 1,0)%	a
P sol (AC)	(3,4 ± 3,2)%	bcd	(2,9 ± 2,4)%	bcde	(0,9 ± 0,9)%	abc	(0,5 ± 0,7)%	ab
P sol (MC)							(0,7 ± 1,1)%	abcde

Nota: Para los años 2003 y 2005 se ejecutó una prueba de Fisher, ya que los resultados de la prueba de Tukey fueron contradictorios con la prueba de "F". Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$). Números en rojo sobrepasaron el nivel crítico máximo de incidencia.

Continuación anexo 5. Porcentaje promedio de incidencia anual de antracnosis, para el periodo 2006-2009, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año								Promedio total de incidencia
	2006		2007		2008		2009		
Term.a. (AC)	(0,7 ± 0,9)%	abcdef	(0,3 ± 0,6)%	ab	(1,3 ± 2,2)%	a	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,1
Term.a. (BO)	(1,3 ± 1,6)%	abcdefg	(1,1 ± 1,7)%	abc	(6,3 ± 6,5)%	b	(0,0 ± 0,0)%	NS	2,1
Term.a. (MC)	(0,9 ± 1,1)%	abcdef	(0,6 ± 0,7)%	abc	(2,1 ± 1,7)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,4
Term.a. (MO)	(1,2 ± 1,6)%	abcdefg	(1,5 ± 1,2)%	cd	(2,8 ± 3,5)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,4
Eryt.p. (AC)	(1,2 ± 1,0)%	bcdefg	(0,8 ± 0,8)%	abc	(1,0 ± 1,3)%	a	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,2
Eryt.p. (BO)	(1,1 ± 1,3)%	abcdefg	(0,7 ± 1,1)%	abc	(1,6 ± 2,5)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,0
Eryt.p. (MC)	(1,3 ± 1,2)%	cdefg	(0,7 ± 0,9)%	abc	(1,7 ± 1,3)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,3
Eryt.p. (MO)	(1,5 ± 1,6)%	cdefg	(1,7 ± 1,6)%	cd	(2,0 ± 3,2)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,4
Ch+ E (AC)	(0,3 ± 0,7)%	a	(0,5 ± 0,6)%	abc	(1,6 ± 2,2)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,2
Ch+ E (BO)	(1,6 ± 1,4)%	defg	(0,8 ± 0,9)%	abc	(2,3 ± 2,7)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,1
Ch+ E (MC)	(0,9 ± 0,9)%	abcdefg	(0,2 ± 0,5)%	a	(1,4 ± 1,4)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	0,9
Ch+ E (MO)	(1,3 ± 1,5)%	bcdefg	(1,2 ± 1,4)%	abcd	(1,8 ± 2,3)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,1
Ch.e. (MC)	(0,5 ± 0,6)%	abcd	(0,5 ± 0,8)%	abc	(0,7 ± 1,0)%	a	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,2
Ch.e. (MO)	(1,8 ± 1,4)%	efg	(1,0 ± 1,0)%	abcd	(1,6 ± 1,3)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,6
E+ T (MC)	(0,6 ± 0,8)%	abcde	(0,3 ± 0,5)%	ab	(2,6 ± 2,2)%	ab	(0,1 ± 0,4)%	NS	1,3
E+ T (MO)	(2,1 ± 3,4)%	fg	(1,3 ± 1,6)%	bcd	(1,7 ± 1,7)%	ab	(0,3 ± 1,0)%	NS	1,3
Ch+ T (MC)	(0,4 ± 0,6)%	ab	(0,7 ± 1,4)%	abc	(1,0 ± 1,0)%	a	(0,1 ± 0,2)%	NS	1,3
Ch+ T (MO)	(2,2 ± 1,8)%	g	(2,6 ± 2,0)%	d	(2,5 ± 3,7)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,9
P sol (AC)	(0,6 ± 0,6)%	abcdef	(0,4 ± 0,7)%	ab	(1,8 ± 2,1)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	NS	1,3
P sol (MC)	(0,5 ± 0,9)%	abc	(0,4 ± 0,6)%	abc	(1,2 ± 1,7)%	a	(0,0 ± 0,0)%	NS	0,6

Nota: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<0,05). Números en rojo sobrepasaron el nivel crítico máximo de incidencia.

Anexo 6. Porcentaje promedio de incidencia anual de derrite, para el periodo 2002-2005, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año							
	2002		2003		2004		2005	
Term.a. (AC)	(0,9 ± 2,2)%	abcd	(0,4 ± 0,6)%	NS	(0,4 ± 0,5)%	abc	(0,6 ± 1,0)%	bcdefg
Term.a. (BO)			(0,5 ± 0,7)%	NS	(0,3 ± 0,5)%	abc	(0,5 ± 0,5)%	abcdefg
Term.a. (MC)	(1,2 ± 0,7)%	bcd	(0,3 ± 0,7)%	NS	(0,5 ± 0,6)%	abc	(0,5 ± 0,7)%	abcdefg
Term.a. (MO)	(0,5 ± 0,5)%	abc	(0,5 ± 1,0)%	NS	(0,7 ± 1,0)%	cd	(1,1 ± 1,6)%	g
Eryt.p. (AC)	(0,5 ± 0,6)%	abc	(0,2 ± 0,4)%	NS	(0,5 ± 0,6)%	abcd	(0,8 ± 1,0)%	fg
Eryt.p. (BO)			(0,5 ± 0,6)%	NS	(0,4 ± 0,5)%	abcd	(0,6 ± 0,8)%	cdefg
Eryt.p. (MC)	(1,4 ± 0,8)%	cd	(0,5 ± 1,0)%	NS	(0,7 ± 0,6)%	abc	(0,7 ± 1,0)%	defg
Eryt.p. (MO)	(0,3 ± 0,4)%	a	(0,2 ± 0,4)%	NS	(0,6 ± 0,7)%	abcd	(0,6 ± 0,7)%	defg
Ch+ E (AC)	(0,6 ± 0,4)%	abcd	(0,1 ± 0,4)%	NS	(0,3 ± 0,5)%	ab	(0,6 ± 0,9)%	abcdefg
Ch+ E (BO)			(0,0 ± 0,0)%	NS	(0,6 ± 0,8)%	bcd	(0,7 ± 0,9)%	efg
Ch+ E (MC)	(1,0 ± 0,6)%	bcd	(0,4 ± 0,7)%	NS	(0,8 ± 0,9)%	d	(0,6 ± 1,0)%	abcdefg
Ch+ E (MO)	(1,7 ± 1,2)%	d	(0,1 ± 0,4)%	NS	(0,7 ± 0,9)%	bcd	(0,3 ± 0,4)%	abc
Ch.e. (MC)	(0,5 ± 0,7)%	abc	(0,3 ± 0,6)%	NS	(0,3 ± 0,5)%	ab	(0,3 ± 0,5)%	ab
Ch.e. (MO)	(0,4 ± 0,6)%	ab	(0,0 ± ,00)%	NS	(0,3 ± 0,5)%	a	(0,9 ± 1,0)%	g
E+ T (MC)	(0,3 ± 0,4)%	a	(0,2 ± 0,4)%	NS	(0,7 ± 0,6)%	d	(0,4 ± 0,6)%	abcd
E+ T (MO)			(0,3 ± 0,5)%	NS	(0,5 ± 0,7)%	abcd	(0,4 ± 0,6)%	abcdefg
Ch+ T (MC)	(0,6 ± 0,6)%	abcd	(0,5 ± 1,0)%	NS	(0,3 ± 0,6)%	a	(0,2 ± 0,4)%	a
Ch+ T (MO)			(0,1 ± 0,4)%	NS	(0,5 ± 1,2)%	abc	(0,4 ± 0,8)%	abcde
P sol (AC)	(0,7 ± 0,8)%	abcd	(0,8 ± 1,1)%	NS	(0,7 ± 0,8)%	cd	(0,4 ± 0,7)%	abcdef
P sol (MC)							(0,5 ± 0,7)%	abcdefg

Nota: Para los años 2004 y 2005 se ejecutó una prueba de Fisher, ya que los resultados de la prueba de Tukey fueron contradictorios con la prueba de "F". Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Continuación anexo 6. Porcentaje promedio de incidencia anual de derrite, para el periodo 2006-2009, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año								Promedio total de incidencia
	2006		2007		2008		2009		
Term.a. (AC)	(1,2 ± 1,3)%	d	(1,1 ± 1,6)%	ab	(0,3 ± 1,3)%	ab	(0,3 ± 0,8)%	ab	0,6
Term.a. (BO)	(0,1 ± 0,3)%	a	(0,5 ± 0,7)%	ab	(0,1 ± 0,3)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	0,3
Term.a. (MC)	(0,8 ± 1,1)%	bcd	(1,1 ± 1,0)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	0,5
Term.a. (MO)	(1,0 ± 0,9)%	cd	(1,5 ± 1,9)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	0,7
Eryt.p. (AC)	(0,2 ± 0,4)%	ab	(0,5 ± 0,8)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,2 ± 0,4)%	ab	0,4
Eryt.p. (BO)	(0,6 ± 0,9)%	abcd	(0,8 ± 0,8)%	ab	(0,2 ± 0,4)%	ab	(1,7 ± 4,7)%	ab	0,6
Eryt.p. (MC)	(0,2 ± 0,6)%	ab	(1,7 ± 1,8)%	b	(1,0 ± 2,3)%	bc	(0,0 ± 0,0)%	a	0,8
Eryt.p. (MO)	(0,7 ± 0,6)%	bcd	(1,0 ± 1,5)%	ab	(0,1 ± 0,2)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	0,4
Ch+ E (AC)	(0,4 ± 0,6)%	abcd	(0,8 ± 1,0)%	ab	(0,2 ± 0,6)%	ab	(0,3 ± 0,9)%	ab	0,4
Ch+ E (BO)	(0,7 ± 0,9)%	bcd	(1,0 ± 1,2)%	ab	(0,4 ± 1,2)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	0,5
Ch+ E (MC)	(0,5 ± 0,6)%	abcd	(0,7 ± 1,0)%	ab	(0,6 ± 1,5)%	abc	(0,0 ± 0,0)%	a	0,6
Ch+ E (MO)	(0,3 ± 0,6)%	abc	(0,8 ± 1,4)%	ab	(0,7 ± 2,8)%	ab	(2,1 ± 2,7)%	b	0,8
Ch.e. (MC)	(0,5 ± 0,8)%	abcd	(1,2 ± 1,3)%	ab	(0,1 ± 0,3)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	0,4
Ch.e. (MO)	(0,5 ± 0,7)%	abcd	(0,6 ± 0,8)%	ab	(1,0 ± 2,3)%	bc	(0,0 ± 0,0)%	a	0,5
E+ T (MC)	(0,5 ± 0,6)%		(1,1 ± 0,9)%	ab	(1,2 ± 4,1)%	abc	(1,0 ± 2,2)%	ab	0,7
E+ T (MO)	(0,8 ± 1,1)%	bcd	(0,9 ± 0,7)%	ab	(0,2 ± 0,7)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	0,5
Ch+ T (MC)	(0,2 ± 0,4)%	ab	(0,3 ± 0,5)%	a	(1,5 ± 2,4)%	c	(0,1 ± 0,4)%	ab	0,5
Ch+ T (MO)	(0,7 ± 0,9)%	bcd	(0,9 ± 0,9)%	ab	(0,8 ± 1,8)%	abc	(0,0 ± 0,0)%	a	0,5
P sol (AC)	(0,5 ± 1,4)%	abcd	(0,9 ± 1,2)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	0,5
P sol (MC)	(0,2 ± 0,4)%	ab	(1,0 ± 1,2)%	ab	(0,0 ± 0,0)%	a	(0,0 ± 0,0)%	a	0,3

Nota: Para el año 2008 se ejecutó una prueba de Fisher, ya que los resultados de la prueba de Tukey fueron contradictorios con la prueba de "F". Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Anexo 7. Porcentaje promedio de incidencia anual de mal de hilachas, para el periodo 2006-2009, en un sistema agroforestal, Turrialba, Cartago, Costa Rica.

Tratamientos	Año					Promedio total de incidencia
	2005	2006	2007	2008	2009	
Term.a. (AC)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,0)% a	(0,2 ± 0,5)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,0
Term.a. (BO)	(0,4 ± 1,4)% ab	(0,1 ± 0,5)% abc	(0,0 ± 0,0)% a	(0,7 ± 1,0)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,2
Term.a. (MC)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,0)% a	(0,1 ± 0,3)% ab	(0,2 ± 0,3)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,0
Term.a. (MO)	(0,1 ± 0,4)% a	(0,0 ± 0,2)% ab	(0,0 ± 0,0)% a	(0,2 ± 0,7)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,1
Eryt.p. (AC)	(0,1 ± 0,4)% ab	(0,4 ± 0,8)% bc	(0,4 ± 1,4)% ab	(0,2 ± 0,5)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,2
Eryt.p. (BO)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,2)% ab	(0,5 ± 1,6)% ab	(0,5 ± 0,8)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,2
Eryt.p. (MC)	(0,1 ± 0,3)% ab	(0,7 ± 1,6)% c	(2,0 ± 3,2)% c	(0,5 ± 1,0)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,7
Eryt.p. (MO)	(0,0 ± 0,1)% a	(0,1 ± 0,4)% abc	(0,4 ± 0,9)% ab	(0,3 ± 0,4)% NS	(0,2 ± 0,5)% NS	0,2
Ch+ E (AC)	(0,1 ± 0,4)% ab	(0,4 ± 1,1)% abc	(0,3 ± 0,6)% ab	(0,1 ± 0,3)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,2
Ch+ E (BO)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,3 ± 0,8)% abc	(0,1 ± 0,2)% ab	(0,0 ± 0,0)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,1
Ch+ E (MC)	(0,1 ± 0,2)% a	(0,0 ± 0,0)% a	(0,2 ± 0,4)% ab	(0,2 ± 0,7)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,1
Ch+ E (MO)	(0,2 ± 0,4)% ab	(0,0 ± 0,0)% a	(0,5 ± 0,9)% ab	(0,2 ± 0,3)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,2
Ch.e. (MC)	(0,3 ± 0,7)% ab	(0,0 ± 0,0)% a	(0,3 ± 0,5)% ab	(0,3 ± 0,9)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,2
Ch.e. (MO)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,3 ± 1,1)% abc	(1,4 ± 3,8)% bc	(0,3 ± 0,6)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,4
E+ T (MC)	(0,6 ± 1,4)% b	(0,2 ± 0,7)% abc	(0,8 ± 1,8)% abc	(0,2 ± 0,6)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,4
E+ T (MO)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,2)% ab	(0,2 ± 0,6)% ab	(0,2 ± 0,5)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,1
Ch+ T (MC)	(0,1 ± 0,3)% ab	(0,0 ± 0,0)% a	(0,6 ± 1,4)% ab	(0,4 ± 0,7)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,2
Ch+ T (MO)	(0,0 ± 0,0)% a	(0,3 ± 0,8)% abc	(0,2 ± 0,8)% ab	(0,8 ± 1,8)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,3
P sol (AC)	(0,1 ± 0,2)% a	(0,0 ± 0,0)% a	(0,0 ± 0,0)% a	(0,2 ± 0,5)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,1
P sol (MC)	(0,2 ± 0,6)% ab	(0,0 ± 0,0)% a	(0,2 ± 0,5)% ab	(0,2 ± 0,5)% NS	(0,0 ± 0,0)% NS	0,1

Nota: Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Anexo 8. Niveles críticos de incidencia de enfermedades y plagas del café, y su relación con la sombra y el manejo del cultivo.

Enfermedad o insecto plaga	Nivel crítico	Acciones de manejo
Antracnosis (<i>Colletotrichum coffeanum</i>) – hongo - hojas, frutos, ramas)	2%	Control cultural: regulación de sombra (el hongo prefiere el pleno sol); evitar deficiencias nutricionales del cultivo.
Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) hongo, hojas	10 – 30%	Control natural: hongos <i>Verticillium hemileia</i> , <i>Cladosporium hemileia</i> , <i>Glomerella cingulata</i> . Control cultural: Evitar el exceso de sombra (mantener sombra regulada); podas y deshijas del caféto al día.
Mancha de hierro Cercosporiosis (<i>Cercospora coffeicola</i>) hongo hojas y frutos)	2-10 %	Control cultural: Evitar cultivar a pleno sol, mantener sombra regulada. Evitar deficiencia nutricional en los cafetos.
Ojo de gallo, gotera (<i>Mycena citricolor</i>) hongo hojas y frutos	10 %	Control cultural: Evitar excesiva sombra y el exceso de viento también; mantener la sombra regulada, control de malezas, podas de cafetos.
Minador (<i>Leucoptera coffeella</i>)	20 – 30%	Control cultural: Evitar cultivar a pleno sol, mantener la sombra regulada
Broca (<i>Hypothenemus hampei</i>)	2 – 5%	Control manual: Cosecha eficiente (evitar dejar frutos remanentes en la planta y suelo) Control cultural: Control de malezas, poda del caféto (evitar cafetales muy densos) y regulación de sombra (evitar excesc). Control natural: <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Metarhizium anisopliae</i> (hongos- sombra regulada estimula su presencia al contrario de mucha luz); <i>Cephalonomia stephanoderis</i> (avispa)

Fuente: Virginio Filho, E de M. (datos de campo); Guharay, F (comunicación personal 2004); ANACAFE (Rev mar-2004); Manual MIP-Café - CATIE-NORAD (2000); Zambolim-UFV (2003); Sánchez, V. (Comunicación personal-2004); ICAFE (1990). Avelino, J. (Comunicación personal-2008). En Virginio Filho, *et al* 2009.

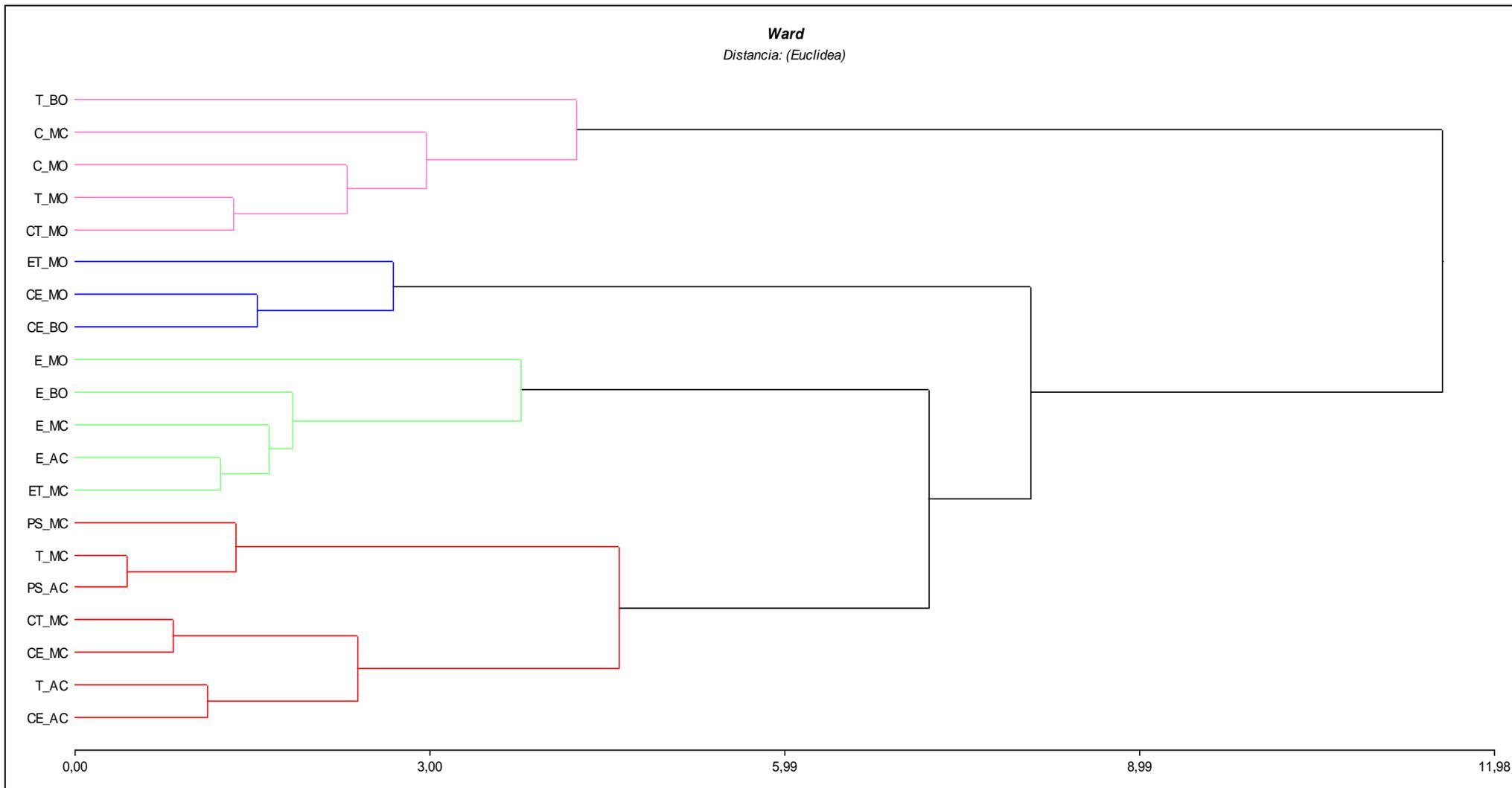
Anexo 9. Formulario de campo para la evaluación de las enfermedades en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba Costa Rica.

Hojaca Ensayo de sistemas agroforestales con café, CATIE, Costa Rica
Evaluación realizada por ; _____

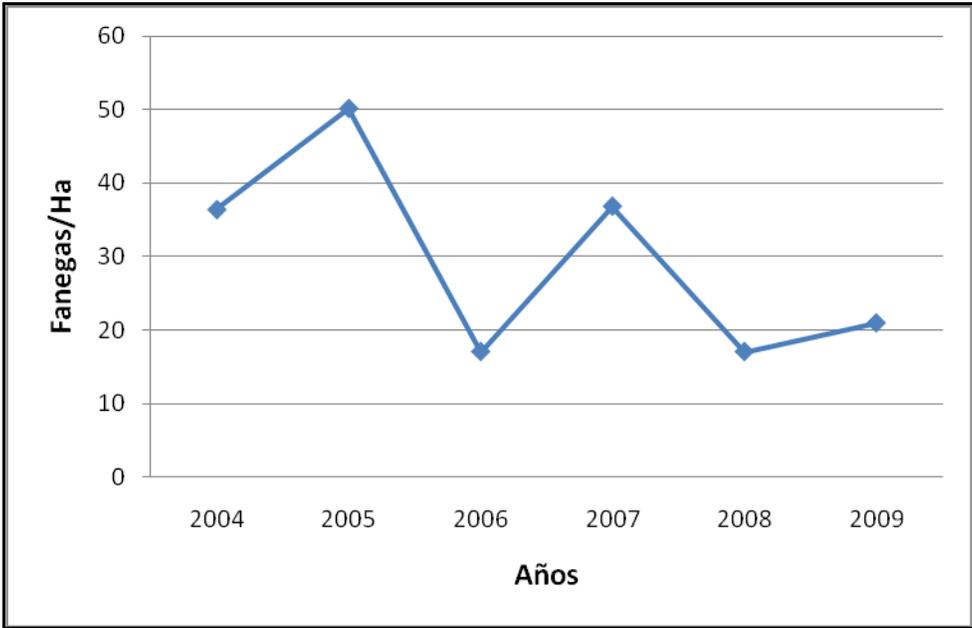
Bloque #1
Fecha _____

Sombra	Tratamiento	Sub-parc.	Calle	Árbol	# hojas	Roya	Ojo Gallo	Mancha Hierro	Antracnosis	Hilachas	Derrite	BA	BT
Erminalia	AC	1	3	2									
	MO	4	9	3									
	MC	3	5	2									
	BO	2	3	2									
Porocasha	AC	7	3	4									
	BO	8	7	3									
	MC	10	3	3									
	MO	9	5	2									
Erythrina	AC	11	3	2									
	BO	12	7	3									
	MO	15	5	2									
	MC	16	7	3									
Pleno sol	AC	13	3										
	MC	14	4										
Term-casha	MO	20	5	3									
	MC	19	3	3									
Ery-Term	MC	17	5	2									
	MO	18	3	2									
Casha	MO	5	7	2									
	MC	6	5	2									

Anexo 10. Dendrograma del análisis de conglomerados para los tratamientos, según la incidencia de las enfermedades, para el periodo Enero- Abril del año 2010, Turrialba, Costa Rica.



Anexo 11. Productividad a lo largo de 6 años en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.



Fuente: Montenegro, 2010.

8. Bibliografía

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1997. Importancia de la sombra en el cafetal. *Agroforestería en las Américas*. 4(13):25-29.

Avelino, J; Cabut, S; Barboza, B; Barquero, M; Alfaro, R; Esquivel, C; Durand, J. F; Cilas, C . 2007. Topography and crop management are key factors for the development of american leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathology*. 97(12):1532–1542.

Avelino, J; Willocquet, L; Savaray, S. 2004. Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. *Plant Pathology*. 53: 541–547.

Avelino, J; Toledo, J.C.; Medina, B. 1995. Desarrollo del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en una finca del norte de Guatemala y evaluación de los daños provocados por esta enfermedad. **In** Simposio sobre Caficultura Latinoamerica (16^{to}, 1993, Managua, NI). Memoria. Tegucigalpa, HN, IICA- PROMECAFE. v1. p.irr.

Beer, J.R., Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*. 38:139-164.

Benavides, M; Romero, S. 2004. Efecto de diferentes niveles de insumos y tipos de sombra sobre el comportamiento de las principales plagas del cultivo del café (*Coffea arabica* L), Masatepe, Nicaragua 2003 – 2004. Tesis (Ing. Agr.). Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 54p. (en línea). Consultado 11 mayo 2010. Disponible en www.cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10b456.pdf

Calderón, M; Monterrey, J. 2004. Control natural de plagas. **In** Conceptos básicos MIP. Aguilar, A; Calderón, M; Gómez, D, Guharay, F; Mendoza, R; Moonterrey, J; Monterroso, D; Staver, Ch. Manual Técnico No. 55. Managua, NI, CATIE Manual Técnico No. 55. Turrialba, CR, CATIE. p. 44-56.

Canjura, E. 2000. Reproducción masiva de *Verticillium* sp. Hiperparásito de Roya del café, *Hemileia vastatrix*. Tesis M.Sc. Cartago, CR, CATIE. 75 p.

Chereguino, R. 1981. Epidemiología del “requemo o derrite” causado por *Phyllosticta coffeicola* Speg. en el Salvador. **In** Simposio Latinoamericano sobre caficultura. (1981, Guatemala, GT). Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos. San José, CR, IICA–PROMECAFE. No. 322. p. 78–95.

Cordero, J; Barrance, A, Beer, J, Boshier, D.H.; Chamberllain, J; Detlefsen, G; Finegan, B; Galloway, G; Gómez, M; Gordon, J; Hands, M; Hellin, J; Hughes, C; Ibrahim, M; Kass, D; Leakey, R; Mesén, F; Montero, M; Rivas, C; Somarriba, E; Stewart, J; Pennington, T. 2003. Descripciones de especies de árboles nativos de América Central. **In** Árboles de Centroamérica: un Manual para Extensionistas. Cordero, J; Boshier, D H . Eds: Londres, UK, FRP. OFI/CATIE. p. 311-958.

De Melo, E; Haggar, J; Staver, C. 2009. Eficiencias ecológicas para la producción sostenible del café en Centroamérica. (en línea).Grupo Café: Calidad, Ecología y Diversificación. Cartago, CR, CATIE. 2 p. Consultado 4 mar. 2010. Disponible en http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/eficiencias_esp.pdf

Dzib, B. 2003. Manejo, secuestro de carbono e ingresos de tres especies forestales de sombra en cafetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica. Tesis M.Sc. Cartago, CR, CATIE. 114 p.

Echandi, E. 1959. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke. Turrialba. 9(2):54-66.

Félix Matos, D. 2003. Incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei* Ferr. 1867) y sus controladores naturales en plantas de café bajo diferentes tipos de sombra en San Marcos, Nicaragua. Tesis M.Sc. Cartago, CR, CATIE. 90 p.

Figueroa, R; Fischersworing, B; Rosskamp, R. 1998. Guía para la caficultura ecológica: Café Orgánico. Lima, PE, Publigrat S.R.L. 176 p.

García, M; Guillén, I. 1988. Evaluación de la incidencia de *Cercospora coffeicola* en cafetos del estado de Monagas. Fitopatología Venezolana. 1(1):39.

Gómez, R; Bustamante, E. 1977. Influencia de la luz y la temperatura en el desarrollo de la muerte descendente del cafeto, causada por *Phoma* sp. Fitopatología Colombiana. 6(1):73–80.

Guharay, F; Monterroso, D; Staver, C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. Agroforestería en las Américas. 8(29):22-29

Herrera, O. E. 2007. Efecto de la sombra y manejo en la incidencia y severidad del hongo "*Corticium koleroga*" (Mal de Hilachas) en el ensayo estratégico a largo plazo de sistemas agroforestales con café. Práctica de Investigación. Cartago, CR, CATIE. 25 p.

ICAFFE. 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo de café. San José, CR. 195 p.

Jiménez, L.D. 2003. Aplicaciones de SILVIA en el ordenamiento de las plantaciones forestales del CATIE. Tesis de Ing. Forestal, Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 107 p.

Macías Tronconi, N. s.f. Principales enfermedades del cultivo del cafeto. In Manual de caficultura (2001, Tegucigalpa, HN). Capítulo 11. Tegucigalpa, HN: Instituto Hondureño del Café. 3^{era} edición. P. 175-189 (en línea). Consultado 20 mayo 2010. Disponible en www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/tec_guia_enfermedades.pdf

Mendoza, R; Monterroso, D. 2004. Los seres vivos son actores biológicos en los campos agrícolas. In Conceptos básicos MIP. Aguilar, A; Calderón, M; Gómez, D, Guharay, F; Mendoza, R; Moonterrey, J; Monterroso, D; Staver, Ch. Manual Técnico No. 55. Managua, NI, CATIE. 22-42p.

Merlo, M. 2007. Comportamiento productivo del café (*Coffea arabica* var caturra), el poró (*Erythrina poeppigiana*), el amarillón (*Terminalia amazonia*) y el cashá (*Chloroleucon eurycyclum*) en sistemas agroforestales bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. Cartago, CR, CATIE. 110 p.

Monge, L. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del cultivo del café orgánico en Costa Rica. In XI Congreso Nacional Agronómico / III Congreso Nacional de Suelos (1999, San José, CR). Memoria. San José, CR: Grupo Café Britt. 17p.

Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. Heredia, CR, OET. 622 p.

Montenegro, P. 2010. Monitoreo fitosanitario y productivo de sistemas agroforestales en café (*Coffea arabica*) (Caturra, CR95, F1), Amarillón (*Terminalia amazonia*), Cashá (*Chloroleucon* sp.), y Poró (*Erythrina poeppigiana*), bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica. Tesis Lic. Cartago, CR, ITCR. 101 p.

Monterroso, D. 1999. Interacción patosistema-sombra en el sistema café: Logros de la investigación para el nuevo milenio. **In** 4^{ta} Semana Científica, (1999, Turrialba, CR). Actas. Turrialba, CR: CATIE. P. 156-161.

Monzón, V.R. 2003. Evaluación de opciones de manejo de la antracnosis (*Colletotrichum* spp. Noack) en el cultivo del café (*Coffea arabica* L) en la zona de Boaco, Nicaragua 2001 – 2002. Trabajo de Tesis de Lic. Managua, NI, Universidad Nacional Agraria. 35 p. (en línea). Consultado 12 mayo 2010. Disponible en www.cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh20m816.pdf

Muschler, R. 2000. Árboles en cafetales. Cartago, CR, CATIE-Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 139 p.

Salamanca, M; Mendoza, R; Monterroso, D. 1994. Comportamiento de la mancha de hierro causado por *Cercospora coffeicola* en diferentes manejos. **In** Congreso Anual de la Sociedad Americana de Fitopatología: División del Caribe (1997, San José, CR). Sumario. Managua, NI, CATIE- Ministerio de Agricultura y Ganadería. Vol. 8. p. 31

Grandi, B; Grissi, R; Carvalho, V; Salgado, M; Venturin, N. 2007. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevilea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras - MG / Progress of rust and coffee plant cercosporiose mixed with grevilea, with ingazeiro and in the full sunshine in Lavras – MG. *Ciência e agrotecnologia*. 31(4):1067–1074.

Samayoa, JO; Sánchez, V. 2001. Comparación de la incidencia de enfermedades del fruto en sistemas de producción de café orgánico y convencional. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. 60: 36–42.

Samayoa, JO; Sánchez, V. 2000. Importancia de la sombra en la incidencia de enfermedades en café orgánico y convencional en Paraíso, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas (CATIE)*. 7(26):34-36.

Samayoa, JO. 1999. Desarrollo de enfermedades en café bajo manejo orgánico y convencional en Paraíso, Costa Rica. Tesis M.Sc. Cartago, CR, CATIE. 65 p.

Sequeira, L. 1958. The host range of *Mycena citricolor* (Berk & Curt) Sacc. *Turrialba*. 8(4):136–147.

Schroth, G; Krauss, U; Gasparotto, L; Duarte, JA, Vohland, K. Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. *Agroforestry Systems*. 50:199–241.

Soto Pinto, L; Perfecto, I; Caballero Nieto, J. 2002. Shade over coffee: its effects on berry borer, leaf rust and spontaneous herbs in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems*. 55:37–45.

Staver, C; Guharay ,F; Monterroso, D; Muschler, G. 2001. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems:shade-grown coffee in Central America. *Agroforestry Systems*. 53: 151–170.

Torres, M; Monterroso, D; Gutiérrez, Y; Góngora, J. 1993. Síntomas causados por *Colletotrichum* spp. en café de IV y VI Región de Nicaragua. **In** Simposio sobre caficultura Latinoamericana (1993, Managua, NI). Memorias. Managua, NI, IICA – PROMECAFE. 4 p.

Vindas, E; Obando, G. 2003. Árboles del Trópico Húmedo: Importancia socioeconómica. Cartago, CR, Editorial Tecnológica de Costa Rica. 922 p.

Virginio, E; Barrios, M; Toruño, I. 2009. Como podemos mejorar la finca cafetalera en la cuenca, una guía de apoyo a procesos de reflexión-acción-reflexión participativos con familias productoras y promotores técnicos. CATIE, Turrialba, Costa Rica. En línea. Disponible en: www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/cafnet_como_mejorar.pdf. Consultado el 25 de julio de 2010.

Zúñiga, C. 2000. Tipologías cafetaleras y desarrollo de enfermedades en los cafetales de la Reserva Natural Miraflor – Moropotente, Estelí, Nicaragua. Tesis M.Sc. Cartago, CR, CATIE. 84 p.