

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

Monitoreo fitosanitario y productivo de sistemas agroforestales en café (*Coffea arabica*) (CR 95, Caturra y F1), Amarillón (*Terminalia amazonia*), Cashá (*Chloroleucon sp.*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica.

MONTENEGRO SALAS PABLO ANDRÉS

CARTAGO, COSTA RICA

2010



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS DE GRADUACIÓN

Monitoreo fitosanitario y productivo de sistemas agroforestales en café (*Coffea arabica*) (CR 95, Caturra y F1), Amarillón (*Terminalia amazonia*), Cashá (*Chloroleucon sp.*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica.

MONTENEGRO SALAS PABLO ANDRÉS

CARTAGO, COSTA RICA

2010

Monitoreo fitosanitario y productivo de sistemas agroforestales en café (*Coffea arabica*) (CR 95, Caturra y F1), Amarillón (*Terminalia amazonia*), Cashá (*Chloroleucon sp.*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica.

Pablo Andrés Montenegro Salas*

RESUMEN

La sombra en cafetales como tecnología agroforestal ha sido una constante entre los productores, pues desde hace bastante tiempo son conocidas las ventajas productivas que tiene este tipo de sistema, utilizando el componente arbóreo principalmente con especies de servicio (aporte de nutrientes al suelo vía biomasa, fijación de nitrógeno y sombra), especies maderables y especies frutales.

El presente trabajo se realizó en un ensayo de sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra, CR95 y el híbrido F1, con sombra de *Erythrina poeppigiana*, *Terminalia amazonia* y *Chloroleucon eurycyclum*, así como con la combinación de estas especies y un testigo a pleno sol, bajo los manejos convencionales (altos y medios) y orgánicos (intensivos y bajos).

Los tratamientos están establecidos en un diseño de parcelas divididas, en donde las parcelas principales son las condiciones de sombra, las subparcelas corresponden al manejo de insumos y como sub-subparcelas cada tipo o variedad de café. En cada sub-subparcela se seleccionaron 10 cafetos, y en cada uno de ellos se eligieron tres bandolas del nivel superior, medio e inferior sobre las cuales se valoró la incidencia de enfermedades entre Enero y Abril de 2010.

También dentro de cada sub-subparcela se determinaron las variables dasométricas de los árboles presentes y se determinó el porcentaje de dosel ocupado por los árboles en dos puntos, uno al norte y otro al sur de la sub-subparcela.

Con una base de datos de 6 años se procedió a determinar los niveles de productividad en las parcelas y sub-subparcelas presentes en el ensayo.

Los datos se transformaron a rangos para cumplir con los supuestos del análisis de varianza, se realizaron ANDEVA's y pruebas de Duncan con un nivel de significación de 0,05 para las medias de los tratamientos, se realizó correlación entre las enfermedades y la sombra, se determinaron las medias de las variables dasométricas y las medias de productividad para los tratamientos en 6 años.

La roya no presentó incidencias arriba del nivel crítico en ninguno de los tratamientos; pero si en el tipo de sombra "cashá", por otra parte mancha de hierro presentó niveles altos de incidencia en todos los tratamientos, ojo de gallo sólo presentó valores altos de enfermedad en las variedades CR95 y F1, minador y antracnosis no tienen incidencias significativas en ningún tratamiento y nudos productivos sólo presentó diferencias significativas en el tipo de sombra "poró", en

los tratamientos esta variable obtuvo sus porcentajes más altos en Poró-F1-MC y los más bajos en Amarillón-Caturra-BO.

No se encontró correlación entre la incidencia de las enfermedades y el porcentaje de sombra durante el periodo enero-abril del año 2010.

La especie que aporta los mejores rendimientos en madera es cashá; sola y en asocio con poró.

La productividad (fanegas/ha) del ensayo superó o igualó en casi todos los tratamientos a los promedios nacionales y los valores más altos se dieron en los tratamientos Poró-F1-BO, Cashá-Poró-CR95-BO y Poró-CR95-BO, por otra parte los resultados más bajos estuvieron en Amarillón-Caturra-BO y Amarillón-F1-MC, otros tratamientos dieron resultados buenos en relación a productividad incluso superando los promedios que reporta el ICAFE.

Palabras claves: Sistema agroforestal, alto convencional, medio convencional, orgánico intensivo y bajo orgánico, enfermedades, porcentaje de dosel ocupado, variedad de café, productividad arbórea, fanegas/ha.

ABSTRACT

The shade in coffee plantations and agroforestry technology has been a constant among producers, for a long time are known the productivity benefits that this type of system, using the tree component mainly three types of forms: species of service, timber species and fruit species. The study was conducted in a trial of agroforestry coffee (*Coffea arabica*) variety Caturra, CR95 and the F1 hybrid with *Erythrina poeppigiana*, *Terminalia amazonia* and *Chloroleucon sp* and with the combination of these species and a witness in full sun, under the conventional management (top and middle) and organic (intensive and lower). Treatments are established in a split plot design, where the main plots are shaded conditions, the subplots correspond to the input management sub-subplots as each type or variety of coffee. Each sub-sub 10 trees were selected, and each one of them chose three bandolas the top level, middle and bottom on which assessed the incidence of disease between January and April 2010. Also within each sub-subplot were determined for tree dasometrics present and determined the percentage of tree canopy occupied by two points, one north and one south of the sub-subplot. With a database of six years was determined productivity levels in the plots, subplots and sub-subplots present in the test. Data were transformed to ranges to meet the assumptions of analysis of variance tests were performed ANDEVA's and Duncan's tests with a significance level of 0.05 for treatment means was conducted correlation between diseases and shade identified the means of the variables dasometrics and productivity averages for the treatments in six years. "La roya" did not submit incidence above the critical level in any of the treatments, but if the kind of shadow "cashá" on the other "mancha de hierro" stain showed

high levels of incidence in all treatments, “ojo de gallo” only high values of CR95 disease varieties and F1, “antracnosis” y “minador” and have no significant impact on productive knots no treatment and only showed significant differences in the type of shadow "poró" in the variable treatment was higher percentages Poró-MC-F1 and lower-Caturra Amarillón-BO.

There was no correlation between disease incidence and percentage of shade during the period from January to April 2010. The species that gives the best yield in wood is cash, alone and in association with pore.

Productivity (bushels / ha) exceeded or equaled the test in almost all treatments than the national average and the highest values were observed in the treatments Poró-F1-BO-Cash-pore and pore-BO CR95-CR95-BO On the other hand the lowest scores were in Amarillón-Caturra-BO and Amarillón-F1-MC, other treatments gave good results in relation to productivity surpassing the averages reported ICAFE.

Keywords: Agroforestry system, conventional high, medium conventional, organic medium and low organic disease, percentage of canopy busy, variety of coffee, tree productivity, bushels / ha.

*Montenegro Salas, P. 2010. Monitoreo fitosanitario y productivo de sistemas agroforestales en café (*Coffea arabica*) (CR 95, Caturra y F1), Amarillón (*Terminalia amazonia*), Cashá (*Chloroleucon sp.*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 103 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.

Monitoreo fitosanitario y productivo de sistemas agroforestales en café (*Coffea arabica*) (CR 95, Caturra y F1), Amarillón (*Terminalia amazonia*), Cashá (*Chloroleucon sp.*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica.

Miembros del Tribunal Evaluador

Marlen Camacho Calvo, M.Sc.
Directora de Tesis

Alejandro Meza Montoya, M.Sc.
Coordinador de trabajo final de graduación

Elías de Melo Virginio Filho M.Sc.
Representante de la Organización CATIE

Gustavo Torres Córdoba, M.Sc.
Escuela de Ingeniería Forestal

Pablo Andrés Montenegro Salas.
Estudiante

DEDICATORIA

A Dios Nuestro Señor y a La Virgen de los Ángeles por estar presentes todos los días de mi vida, nada hubiera sido posible sin la fe que tengo en **ELLOS**.

A mis padres Jesús Montenegro y Dora Emilia Salas, por ser como son, una inspiración y un verdadero pilar en mi vida sin el cual no hubiera sido posible alcanzar esta meta.

A mi hermano Jonathan, por ser más que un hermano, un amigo del que siempre tuve los mejores consejos y la fuerza para seguir adelante.

A mis tres familias, en Tres Equis, Cartago y San José, que siempre han estado ahí para ayudarme en todo lo que he necesitado, en especial a mis abuelitos Antonia y Rafael Ángel; así como Gloria y José Ángel que en paz descansen.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primera instancia a la M.Sc Marlen Camacho, por permitirme de cerca conocer sus experiencias como profesional, además de sus consejos en cursos y en esta Tesis de Licenciatura y su paciencia para conmigo, a ella mis sinceros agradecimientos.

Al M.Sc Elías de Melo y a su esposa Marylin Villalobos por todo el apoyo brindado durante el trabajo de campo, así como la realización en general de este documento, sin ellos este fruto no hubiese sido posible.

Al M.Sc Gustavo Torres, por sus valiosos aportes como lector de este documento y como profesor de carrera.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en particular al proyecto CATIE-CAFNET-CIRAD por permitirme realizar mi Tesis de Licenciatura en sus instalaciones.

A las personas que me ayudaron en las labores de campo, los cuales menciono a continuación: Beatriz Elizondo, Heriberto Montenegro, Luis Romero, Jonathan Montenegro, Jesús Montenegro, Eduardo Neves, Daniel Vieira y a todos los trabajadores del ensayo que de alguna u otra manera colaboraron con mi persona. Además a mis grandes compañeros y más que eso amigos: Daniel Villavicencio, Jennifer Hernández y Massiel Zamora.

A las personas que colaboraron en la fase de análisis de datos: Ph.D Fernando Casanovés, M.Sc. Sergio Vílchez, Bach. Eduardo Corrales y al Sr. Alexander Salas, por todo su apoyo muchas gracias.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton y la Biblioteca José Figueres Ferrer, por su disposición para ayudarme en lo que necesitaba.

A mis profesores de carrera que me enseñaron el trabajo duro y la constancia en el estudio.

A mis compañeros de generación, por los momentos fáciles y difíciles, todo es un aprendizaje para la vida.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Enfermedades y plagas estudiadas	6
2.2 Componente forestal del SAF.....	12
3. METODOLOGÍA	18
3.1 Diseño del ensayo, tratamientos y sub-tratamientos	18
3.2 Medición de parcelas	22
3.2.1 Estado fitosanitario del cultivo	22
3.2.2 Cantidad de luz que penetra en el sistema.....	22
3.2.3 Características dasométricas de los árboles de sombra	23
3.2.4 Monitoreo de productividad de café durante seis años.....	24
3.3 Análisis de la información.....	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Incidencia de enfermedades por factor de tratamiento.....	26
4.1.1 Por tipos de sombra	26
4.1.2 Por variedades de café	28
4.1.3 Por manejo cultural.....	29
4.1.4 Por meses evaluados.....	30
4.1.5 Por combinación de sombra, variedad de café y manejo cultural	33
4.1.6 Comportamiento de las enfermedades en los meses de evaluación, respecto a las variedades de café.....	42
4.1.7 Comportamiento de las enfermedades en los meses de evaluación, respecto a los tipos de sombra.....	50
4.1.8 Comportamiento de las enfermedades en los meses de evaluación, respecto a los manejos culturales.	58
4.2 Correlación entre porcentaje de sombra y enfermedades.....	65
4.3 Productividad de árboles	66
4.4 Productividad del café	68
5. CONCLUSIONES	76
6. RECOMENDACIONES	78
7. BIBLIOGRAFÍA	79
8. ANEXOS	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos (Tipo de sombra) y subtratamientos (niveles de manejo e insumos) en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.....	19
Cuadro 2. Niveles de manejo e insumos para manejo de enfermedades, plagas, malezas y regulación de sombra, en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.....	21
Cuadro 3. Promedio y desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y nudos productivos en <i>Coffea arabica</i> , bajo cinco tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE; Turrialba, Costa Rica, 2010.....	26
Cuadro 4. Promedio y desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y rendimiento de nudos productivos en <i>Coffea arabica</i> , con tres variedades de café en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE; Turrialba, Costa Rica, 2010.	28
Cuadro 5. Promedio y desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y rendimiento de nudos productivos en <i>Coffea arabica</i> , con 2 manejos culturales en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE; Turrialba, Costa Rica, 2010.	29
Cuadro 6. Promedio y desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y rendimiento de nudos productivos en <i>Coffea arabica</i> , durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE; Turrialba, Costa Rica, 2010.	30
Cuadro 7. Promedio y Desviación Estándar para la incidencia de 5 enfermedades en <i>Coffea arabica</i> , para 23 tratamientos en el ensayo de sistemas agroforestales de CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.....	34
Cuadro 8. Promedio y Desviación Estándar para el porcentaje de nudos productivos en <i>Coffea arabica</i> , para 23 tratamientos en el ensayo de sistemas agroforestales de CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.....	40
Cuadro 9. Coeficientes de de correlación de Pearson entre el porcentaje de sombra, enfermedades y nudos productivos presentes en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	65
Cuadro 10. Variables dasométricas y calidad de trozas en tres tipos de sombra (dos especies arbóreas comerciales) en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica, 2010.....	66
Cuadro 11. Promedio de productividad para 35 socios árbol-café-manejo agronómico en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Síntomas de roya en <i>Coffea arabica</i> , CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	7
Figura 2. Síntoma típico de Mancha de Hierro en <i>Coffea arabica</i> , CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	8
Figura 3. Síntomas de Ojo de Gallo en <i>Coffea arabica</i> , CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	9
Figura 4. Síntoma típico de antracnosis en hojas de <i>Coffea arabica</i> , CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	10
Figura 5. Síntomas de Minador de la hoja en <i>Coffea arabica</i> , CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	12
Figura 6. <i>Erythrina poeppigiana</i> en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010. (Elías de Melo Virginio, 2009)	14
Figura 7. <i>Terminalia amazonia</i> en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	16
Figura 8. <i>Chloroleucon sp.</i> en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010. (Elías de Melo Virginio, 2009)	17
Figura 9. Croquis del ensayo del sistema agroforestal, café, cashá, amarillón y poró, ubicado en la finca ecológica del CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2010.	20
Figura 10. Incidencia de roya en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	42
Figura 11. Incidencia de mancha de hierro en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	44
Figura 12. Incidencia ojo de gallo en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	45
Figura 13. Incidencia de antracnosis en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	46
Figura 14. Incidencia de minador en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	47
Figura 15. Porcentaje de nudos productivos en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	49
Figura 16. Incidencia de roya en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	50
Figura 17. Incidencia de mancha de hierro en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	52
Figura 18. Incidencia de ojo de gallo en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	53
Figura 19. Incidencia de antracnosis en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	55
Figura 20. Incidencia de minador en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	56
Figura 21. Porcentaje de nudos productivos en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	57
Figura 22. Porcentaje de roya en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	59

Figura 23. Porcentaje de mancha de hierro en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.....	60
Figura 24. Porcentaje de ojo de gallo en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	61
Figura 25. Porcentaje de antracnosis en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	62
Figura 26. Porcentaje de minador en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	63
Figura 27. Porcentaje de nudos productivos en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	64
Figura 28. Productividad (2004-2009) en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.....	70
Figura 29. Productividad (2004-2009) en siete tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.....	71
Figura 30. Productividad (2004-2009) para pleno sol y el promedio de tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	72
Figura 31. Productividad (2004-2009) para tres tipos de café en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.....	73
Figura 32. Productividad para cuatro tipos de manejo en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.....	74
Figura 33. Productividad (2004-2009) para el promedio de los manejos convencionales y orgánicos en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica, 2010.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Densiómetro esférico utilizado en la determinación de la cantidad de luz que penetra en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica.....	86
Anexo 2. Datos meteorológicos para los primeros meses del año 2010, según la estación meteorológica CATIE.....	86
Anexo 3. Porcentaje de sombra por tipo de sombra, manejo del suelo y variedad de café, para 4 meses de evaluación en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.....	87
Anexo 4. Porcentaje de nivel crítico para cinco enfermedades y acciones de manejo sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.	88
Anexo 5. Formulario de campo para la toma de datos.....	89

1. INTRODUCCIÓN

El estudio formal y la promoción de los Sistemas Agroforestales (SAF), un sistema de uso de la tierra practicado desde tiempos inmemorables tanto en el viejo como en el nuevo mundo, comenzó a finales de los años 70. Inicialmente el enfoque fue sobre la descripción, posibles ventajas/desventajas biológicas y socioeconómicas y el inventario de SAF tradicionales, generalmente en el trópico. (Beer *et al*, 2003) Esto fue seguido por evaluaciones de la productividad de los SAF ya existentes, y más recientemente, de novedosos estudios sobre las interacciones entre las especies componentes, con miras a mejorar el manejo y la rentabilidad.

El potencial de los SAF para asegurar el suministro de agua (cantidad y calidad) es el servicio ambiental menos estudiado. Los árboles en los SAF influyen en el ciclo del agua al incrementar la intercepción de la lluvia y de nubes (goteo debido a la condensación al chocar las nubes con la vegetación) y al modificar la transpiración y la retención del agua en el suelo, reduciendo así la escorrentía e incrementando la infiltración (Beer *et al*, 2003).

Las plantaciones de café son una de las formas más comunes de uso de la tierra en el mundo, debido a los fuertes efectos económicos que tienen sobre las economías de los países, este tipo de cultivos se desarrolla bajo diferentes modalidades de sistemas agrarios los cuales se formaron de esta manera por las distintas condiciones, demográficas y geográficas de América. Esto fue notorio en Costa Rica, donde algunos cafetales de la zona cafetalera central se habían establecido hacía alrededor de setenta u ochenta años. Por tanto en la década de los 70's este modelo de producción comenzaba a mostrar su dificultad porque se había basado por demasiado tiempo en el aprovechamiento de las excepcionales condiciones de fertilidad de los suelos volcánicos y con una limitada restitución de nutrientes y con prácticas que no siempre favorecían la conservación del propio humus ni de otras condiciones agroecológicas para asegurar la perdurabilidad de los cafetales, de manera que la caficultura también depende de la restitución de los elementos químicos exportado fuera de la parcela, por la cosecha, o por la

extracción de la leña después de las podas. Es fundamental adecuar la fertilización según las exportaciones o según el sistema de manejo (sombra, pleno sol) debido a que la demanda de nutriente varía entre sistema. (Montenegro, 2005)

La sombra en este tipo de sistemas como tecnología agroforestal ha sido una constante entre los caficultores, pues desde hace bastante tiempo son conocidas las ventajas productivas que tiene este tipo de sistema, utilizando el componente arbóreo principalmente en tres tipos de modalidades: especies de servicio; Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Guabas (*Inga sp*), especies maderables; Laurel (*Cordia alliodora*) y Eucalipto (*Eucaliptus deglupta*) y especies frutales como Naranja (*Citrus sp*) y Banano (*Musa sp.*). (Merlo, 2007).

La caficultura actual tiene que responder a las demandas ambientales generadas en los últimos tiempos, es decir debe ser ecológicamente sostenible donde los insumos que se utilicen para su sostenibilidad sean los más adecuados. Esto implica que también el uso de sombra es indispensable ya que el componente árbol se vuelve fundamental en la sostenibilidad del sistema.

Así entonces, en el documento presente se estudió el rendimiento productivo y el estado fitosanitario del café bajo sombra de tres especies de árboles (Poró, Cashá y Amarillón), así como el crecimiento del estrato arbóreo en el sistema.

La sombra en los cafetales como un sistema agroforestal integrado es una alternativa altamente viable, para mejorar la producción además de incorporar un plus ecológico en el sistema.

Por otra parte se sabe que solo alcanzando un nivel de equilibrio en la sombra se pueden reducir muchas enfermedades que atacan al cafeto, sobre todo a la entrada de la época lluviosa.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las mejores interrelaciones, productiva y fitosanitaria, entre las variedades e híbridos de café, los manejos agronómicos y las especies forestales presentes en los sistemas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el porcentaje de incidencia de las enfermedades y de nudos productivos presentes durante cuatro meses de evaluación en los manejos orgánico y convencional.

Establecer la correlación entre la cantidad de sombra que penetra en el sistema y las enfermedades que se presentan.

Evaluar la productividad del componente arbóreo en los sistemas de producción de café.

Determinar el comportamiento productivo de las variedades de café en todos los manejos agronómicos a lo largo de seis años.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Los sistemas agroforestales (SAF) son la interacción bioeconómica en una misma área de componentes leñosos y perennes con cultivos y/o animales asociados en forma simultánea o secuencial, que incorporan cuatro características importantes: estructura, sostenibilidad, productividad y adaptabilidad cultural y socioeconómica (Somarriba *et al* 1998, citado por Montenegro 2005).

Los SAF pueden verse como una alternativa para el uso y manejo de los recursos naturales en regiones tropicales y sub tropicales. Estos pueden ser utilizados en diferentes escalas geográficas, tanto en ecosistemas frágiles como estables, a nivel de subsistencia o comerciales, cumpliendo diferentes funciones de importancia en los sistemas como: diversificar la agricultura, aumentar el nivel de MO en el suelo, fijar nitrógeno atmosférico, reciclar nutrientes, modificar el microclima y optimizar la producción del sistema, en función del rendimiento sostenido (Gliessman 2002, citado por Montenegro 2005).

El café es uno de los cultivos ideales para la producción agroforestal, siendo una planta originaria de los ecosistemas forestales. Para un buen crecimiento, floración y fructificación se requiere de un microclima fresco con semisombra y suficiente humedad propiciada por especies forestales (Fischersworrning y Robkamp 2001).

Estudios han demostrado que el café se desarrolla en diferentes ambientes con altitudes que van desde los 400 a 2000 msnm. Sin embargo, para obtener mejor calidad, la planta requiere altitudes entre los 1200 a 2000 msnm. Las condiciones climáticas ideales de temperatura anual deben estar entre los 17 y 23° C, la precipitación entre 1600 y 2800 mm año, con una distribución anual mínima entre 145 y 245 días (ICAFE 1998 citado por Montenegro, 2007). El suelo debe tener un buen drenaje, siendo preferibles los suelos con profundidad no menor de un metro, de color oscuro, ricos en nutrientes especialmente potasio y materia orgánica con textura franca. (Fischersworrning *et al* 2001, citado por Montenegro 2007).

Es importante mencionar que, si se quiere especificar qué es agroforestería en el cultivo del café, puede definirse como el manejo de las interacciones que existen entre cafetos y árboles de asocio, (Jiménez *et al* 2001 citado por Merlo 2007) y que se muestran a través de un esquema las interacciones que producen los árboles sobre el cultivo en el estrato inferior, entre las que se mencionan: la sombra producida por el árbol, la protección del cultivo en el estrato superior, la reducción de malezas en el suelo y la modificación del microclima dentro del dosel del cultivo. Sin embargo, pueden producirse interacciones competitivas por luz, agua y nutrientes. (Merlo, 2007).

Específicamente Merlo (2007), menciona que numerosas especies vegetales son usadas como sombra en los cafetales y estas cumplen funciones que se traducen en ventajas y desventajas. Las ventajas de asociar el cultivo de café con árboles son muchas, ya que proporcionan un microclima más moderado (temperaturas más estables, menos transpiración, reducen el viento), los cafetos son más vigorosos y más resistentes a plagas y enfermedades, la vida útil de los cafetos es más larga (menor agotamiento de tejidos) y hay menos variabilidad entre plantas; también pueden mejorar la producción y calidad de café en ambientes marginales para su cultivo, presentar menos enfermedades y malezas agresivas adaptadas a niveles altos de luz. Por otro lado, los árboles ayudan a mantener la fertilidad del suelo incluyendo control de la erosión, reducción potencial de los requerimientos de insumos y aumento de la eficiencia en el aprovechamiento de fertilizantes y proveer productos adicionales como hojarasca, frutos y madera que reciclan nutrientes, además contribuyen al aumento de la biodiversidad. También los hongos entomopatógenos pueden ser favorecidos con la presencia de árboles y además la madera producida en los sistemas café-árbol reduce la necesidad de extraerla del bosque natural.

Así mismo, entre las desventajas del asocio de árboles en cafetos se mencionan la disminución de la producción de café. Cuando las densidades de árboles son altas y las especies arbóreas incompatibles, se requiere de mano de obra adicional, pues los árboles pueden favorecer enfermedades y plagas adaptadas a una humedad alta o asociadas a niveles altos de materia orgánica, también los

árboles pueden ser los hospederos potenciales para nuevas plagas y dificultar las labores de manejo de los cafetos.

2.1 Enfermedades y plagas estudiadas

Roya (*Hemileia vastatrix*)

La roya del cafeto es causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, el cual infecta las hojas y causa su caída prematura, además si hay ataques por insectos, mala fertilización y condiciones de crecimiento deficientes, los cafetos estarán en un continuo estrés y desbalance, lo que afectará negativamente la producción. (Rodríguez *et al*, 2007).

La roya afecta las hojas del cafeto produciendo una fuerte defoliación cuando el ataque es intenso. Para recuperarse la planta necesita uno o varios años consecutivos durante los cuales solo aporta rendimientos menores. Sin las medidas fitosanitarias que corresponden se calcula que las pérdidas en el rendimiento pueden oscilar entre un 20 y un 30 por ciento, provocando en casos extremos la pérdida total. (Martínez, 2004).

En 1970, la roya del café fue reportada en Brasil, causando justificada alarma en el continente americano, el cual produce más del 65% del café mundial. Esta enfermedad también ha sido detectada recientemente en Paraguay, Argentina, Colombia, Ecuador y Venezuela, entre otros. (Subero, 2003)

Actualmente, con la excepción de los otros países donde se cultiva café en el continente americano, aún no afectadas, la roya es prácticamente endémica en todas las otras regiones del mundo donde se produce café. (Subero, 2003)



Figura 1. Síntomas de roya en *Coffea arabica*, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*)

Esta enfermedad causada por el hongo *Cercospora coffeicola* se presenta ampliamente en todas las zonas cafetaleras. En general produce defoliación y reducción de la calidad del grano de café. La sintomatología de la enfermedad consiste en anillos concéntricos bien definidos con un anillo color rojizo y un borde externo amarillo (Carcache, 2002). El ataque se concentra en plantaciones a plena exposición solar y en los casos en donde la fertilización es deficiente, además en lugares donde predominan altas temperaturas y donde el rocío es característico como en las zonas bajas. (Monterroso, 1999 citado por Carcache, 2002).

Las plántulas son muy susceptibles a esta enfermedad. Los mayores daños en plantaciones de café ocurren en sitios donde la sombra es deficiente sobre el cultivo (Mercadal *et al* 1990). Por otra parte como medidas de control, se recomienda un buen manejo de sombra en la plantación, además de aplicaciones

químicas, especialmente de compuestos a base de cobre cada dos o tres semanas (Mercadal *et al*, 1990).



Figura 2. Síntoma típico de Mancha de Hierro en *Coffea arabica*, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

Los síntomas del ojo de gallo consisten en puntos diminutos que se pueden ver a trasluz, que crecen formando manchas de color gris, circulares entre 1-15 mm de diámetro. El hongo patógeno ataca hojas, ramas y frutos y se puede ver favorecido por condiciones de humedad relativa altas, así como precipitaciones promedio entre los 2000 y los 4000 mm (Wang y Avelino 1992, citado por Carcache, 2002).

Entre las medidas para controlar la enfermedad se recomienda: un buen manejo de la sombra en la plantación, controlar la maleza, hacer fertilizaciones de manera adecuada y en los casos donde se presenten ataques severos recurrir al control

químico con Oxiclورو de Cobre u otro tipo de agroquímico efectivo (Mercadal, 1990).



Figura 3. Síntomas de Ojo de Gallo en *Coffea arabica*, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Antracnosis (*Colletotrichum spp*)

La antracnosis es una de las enfermedades más importantes en café, causada por un hongo que afecta hojas, ramas y frutos. En las hojas produce manchas de color café y de forma irregular. Tanto en hojas jóvenes como maduras, las manchas tienen orillas bien definidas y de color café. El hongo es adaptable, pero afecta especialmente a plantas mal nutridas y debilitadas por otra enfermedad. Cuando la planta es atacada, las hojas se vuelven amarillas. (Mercadal *et al* 1990)

La antracnosis es una enfermedad de zonas altas y húmedas, pero se presenta en todas las zonas cafetaleras, donde afecta principalmente las plantas que tienen mala fertilización, que les falta agua, que tiene demasiados herbicidas o por otras plagas. (Mercadal *et al* 1990)

Las hojas y frutos tienen manchas oscuras, además la enfermedad generalmente comienza desde el borde de la hoja y causa su caída; también los frutos tienen manchas negras y se pudren. (Bentley *et al* 2006)

Los ataques más fuertes se dan en el invierno durante la época lluviosa y se detienen cuando empieza el verano es decir la época seca (Bentley *et al* 2006).



Figura 4. Síntoma típico de antracnosis en hojas de *Coffea arabica*, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*)

Pertenece al orden Lepidóptera, familia Lyonetridae. El adulto es una mariposa o palomilla nocturna de color blanco de aproximadamente cuatro milímetros, con el extremo de las alas de color gris (ICAFE, 1998).

La mariposa pone los huevos sobre el haz de las hojas, los cuales no se pueden ver a simple vista. Una semana después nacen pequeñas larvas que penetran en la hoja y comienzan a destruirla internamente como resultado de su alimentación, de manera que cuando su ataque es muy grave, puede provocar la caída de las hojas afectadas (Figueroa *et al*, 1998).

Alrededor de dos semanas después la larva empuja el envés de la hoja y sale para construir una crisálida blanca en forma de “x”, donde una semana después sale la mariposa adulta para empezar nuevamente su ciclo (ICAFE, 1998).

La larva es la que provoca el daño, al penetrar en la hoja causa lesiones muy irregulares así como varios canales, y una vez que llega a su último estadio larval, abandona el interior de la hoja donde el tejido dañado se necrosa y muere (ICAFE, 1998).

El ataque del minador es más grave en condiciones de alta humedad del aire y altas temperaturas; es decir en cafetales por debajo de los 1300 msnm y expuestos al sol (Figueroa *et al*, 1998).

Algunas de las medidas fitosanitarias para combatir la enfermedad son: control biológico con avispas o arañas, deshierbar de manera oportuna sin dejar el suelo desnudo, fertilizar con abonos de tipo orgánico, regular adecuadamente la sombra, así como aplicar preparados a base de plantas insecticidas como el ají o el tomate (Figueroa *et al* 1998).



Figura 5. Síntomas de Minador de la hoja en *Coffea arabica*, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

2.2 Componente forestal del SAF

Poró (*Erythrina poeppigiana* Walp; DF.Cook)

Árbol de tallo múltiple, caduco, a menudo espinoso y de copa extendida, que alcanza alturas de hasta 20-30 m y un DAP medio de 1.2 m (hasta 2 m). La copa es moderadamente extendida y el tronco en árboles grandes tiende a no tener ramas en los primeros 10-20 m. La corteza es pardo verduzca a pardo grisácea, lisa o ligeramente rugosa y con verrugas o espinas. Las hojas son alternas, con tres hojuelas, de 20-30 cm de largo incluyendo los pecíolos con pelillos. Los racimos de flores tienen de 10-20 cm de largo y las flores 5 pétalos vistosos de color naranja. Las anteras son marrones, a diferencia de las de *E. fusca*, que son verdes. (Cordero *et al*, 2003).

Las vainas tienen 12-25 cm de largo, con varias semillas y acaban en punta en ambos extremos. Los pedúnculos son largos. Las semillas son marrones, de 1-2 cm de largo. (Cordero *et al*, 2003)

Es una especie importante en sistemas agroforestales, utilizada en Costa Rica y en otros países desde principios del siglo XX como sombra en cafetales. Es un árbol fijador de nitrógeno y se conoce con nodulaciones abundantes y producción de grandes cantidades de hojarasca, de ahí el valor que tiene para mejorar y conservar el suelo y contribuir el rendimiento sostenible de los cultivos asociados, es una de las especies más importantes para sombra en cafetos, valorada por su producción de abono verde, su capacidad de fijar nitrógeno y su tolerancia a podas frecuentes durante largo tiempo que permite ajustar la sombra del cultivo principal. En Sistemas Agroforestales, proporciona una sombra homogénea y fácilmente manejable, mejora el crecimiento y producción del cultivo de café y reduce la cantidad de malezas; sin embargo esta especie no es apta en la mayoría de los usos maderables. (Cordero *et al*, 2003)



Figura 6. *Erythrina poeppigiana* en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010. (Elías de Melo Virginio, 2009)

Amarillón (*Terminalia amazonia* J.F. Gmelin) Exell

Pertenece a la familia *Combretaceae* y se le conoce con varios nombres comunes tales como: amarillón, roble coral, amarillo real, volador. En Costa Rica, está considerada como una especie promisoriosa por el crecimiento que ha demostrado, aún en los sitios más secos de la región, adaptándose bien en suelos ultisoles y andisoles. Es un árbol con arquitectura favorable por su tendencia natural a producir fustes rectos de un solo eje, con ramas pequeñas y en verticilos. (Torres y Luján 2002 citado por Merlo 2007).

El amarillón es un árbol muy alto, que alcanza más de 50 m en los bosques amazónicos y centroamericanos y 70 m en las selvas perennifolias mexicanas y

un diámetro de 1 a 3 m. Es una especie de uso forestal intensivo, utilizada en programas de reforestación con buenos resultados y su madera es de excelente calidad. Posee gran potencial de crecimiento, y no muestra especificidad por determinado tipo de suelo: crece bien en suelos ácidos, pobres y con toxicidad de aluminio (Camacho 1994 *et al* citado por Merlo 2007).

En un estudio de crecimiento de cuatro especies nativas en plantaciones de monocultivos, establecidas en tres sitios al norte del Valle Central en Costa Rica, se reportó que la especie tuvo en promedio un 86 % de sobrevivencia, un dap de 5.8 cm, una altura de 5 m y un volumen de 3.16 m³/ha, a la edad de tres años (Guevara y Zamora 1997, citado por Merlo 2007).

En sistemas agroforestales, el amarillón se ha encontrado en parcelas demostrativas con frutales como carambola, aguacate y caimito, para recuperar pastizales abandonados de la región atlántica de Costa Rica (Cordero et al, 2003, citado por Merlo 2007)



Figura 7. *Terminalia amazonia* en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Cashá (*Chloroleucon* sp.)

El cashá es una leguminosa de la familia Mimosaceae (fijadora de nitrógeno) y según algunos taxónomos, es un género exclusivo de los neotrópicos, con aproximadamente 45 especies. El género es distinguido de sus parientes por el fruto torcido dehiscente.

Cashá es un árbol de hasta 25 m de altura y 80 cm de DAP, de copa alta y abierta., con un alto valor comercial. Las raíces poseen propiedades insecticidas, y alto contenido de nitrógeno. Requiere de poda de formación debido a sus ramificaciones irregulares o mal formadas.

El hábitat del cashá ocurre en el bosque tropical húmedo, bosques nublados, bosque semideciduo y áreas inundables a lo largo de la costa, en altitudes desde el nivel del mar a 1500 m. En Costa Rica no se ha encontrado reporte de cashá en

uso tradicional asociado con café en fincas cafetaleras (Montenegro 2005, citado por Merlo 2007).

En la estación biológica La Selva en Sarapiquí, Costa Rica, evaluaron el crecimiento y rendimiento de cashá, a una edad de tres años en un ensayo de plantaciones mixtas, obteniendo una sobrevivencia del 100 %, un DAP de 7.3 cm, una altura de 6.5 m y un volumen de 0.0134 m³/árbol. De las 25 especies evaluadas, el cashá fue una de las especies que tuvo la tasa de crecimiento en diámetro más alta a la edad de tres años en todos los sitios; sin embargo, la tasa de crecimiento del diámetro disminuyó después de tres años de edad; dicha especie fue considerada entre las especies con mejor crecimiento en lo que se refiere a altura, diámetro y volumen de copa, no obstante el tallo no tuvo forma recta. Cabe mencionar que los suelos donde se estableció el ensayo fueron clasificados como inceptisol y ultisoles (Tiki y Fisher 1998 citado por Merlo 2007).



Figura 8. *Chloroleucon sp.* en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010. (Elías de Melo Virginio, 2009)

3. METODOLOGÍA

La finca experimental del CATIE se localiza aproximadamente 4 km al sureste de Turrialba, Costa Rica, en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Jiménez 2003, citado por Merlo 2007).

Según la estación CATIE, Turrialba presenta las siguientes condiciones climatológicas promedio: precipitación anual de 2698 mm y temperatura anual de 21.8 °C (al 2008) así como una humedad relativa de 88.1 %.

Los suelos presentes en el ensayo son del tipo ultisol e inceptisol y se caracterizan como aluviales mixtos (Virginio et al 2002, citado por Merlo 2007), en el caso de los inceptisoles los mismos se caracterizan por ser suelos jóvenes con buenas características químicas y los ultisoles son de características pobres, ácidos y susceptibles a la compactación.

El ensayo donde se realizó el trabajo de campo es un ensayo agroforestal constituido por tres especies arbóreas: cashá (*Chloroleucon sp.*), poró (*Erythrina poeppigiana*) y amarillón (*Terminalia amazonia*), así como de un componente agronómico: café (*Coffea arabica*) (CR 95, Caturra y F1)

Costa Rica 95 (CR 95) es una variedad de café liberada por el Instituto del Café de Costa Rica en 1995. A pesar de su resistencia a la broca, varios estudios han demostrado que tiene importantes problemas de producción.

Los híbridos F1 son propiedad de CATIE-PROMECAFE-CIRAD y provienen del cruce de material silvestre de la colección del CATIE y material seleccionado proveniente de Etiopía y Sudán (específicamente entre las variedades Caturra y Catuaí).

3.1 Diseño del ensayo, tratamientos y sub-tratamientos

El diseño del ensayo consiste en parcelas divididas, repetidas en tres bloques completos al azar. Las parcelas principales corresponden a los siete sistemas de producción que surgen de la asociación árbol-café y un testigo 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.

De esta forma los siete sistemas de producción se presentan en los tres bloques, mientras que los tratamientos 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 de la asociación 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 u orgánico intensivo, y bajo orgánico), lo que resulta en 20 tratamientos distribuidos en las tres repeticiones o bloques.

Para la ubicación de las parcelas se trató de agrupar los tres bloques por separado, aunque el gran tamaño de las parcelas representó una limitante importante para la uniformidad en la disposición de las mismas en el terreno, las mismas tienen un tamaño 26 X 6 m. Sin embargo, dentro de cada bloque sí se mantiene cierta homogeneidad en cuanto a sus características de relieve y drenaje.

Cuadro 1. Tratamientos (Tipo de sombra) y subtratamientos (niveles de manejo e insumos) en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Sistemas de producción	Tipo de sombra	Niveles de insumo / manejo
T1	<i>Erythrina poeppigiana</i>	AC: Alto convencional MC: Medio convencional MO: Medio orgánico BO: Bajo orgánico
T2	<i>Terminalia amazonia</i>	AC: Alto convencional MC: Medio convencional MO: Medio orgánico BO: Bajo orgánico
T3	<i>Chloroleucon sp.</i>	MC: Medio convencional MO: Medio orgánico
T4	<i>Terminalia amazonia + Chloroleucon sp.</i>	MC: Medio convencional MO: Medio orgánico
T5	<i>Terminalia amazonia +</i>	MC: Medio convencional

	<i>Erythrina poeppigiana</i>	MO: Medio orgánico
T6	<i>Chloroleucon sp.</i> + <i>Erythrina poeppigiana</i>	AC: Alto convencional MC: Medio convencional MO: Medio orgánico BO: Bajo orgánico
T7	Pleno Sol	AC: Alto convencional MC: Medio convencional

A continuación se presenta el croquis del ensayo de sistemas agroforestales:

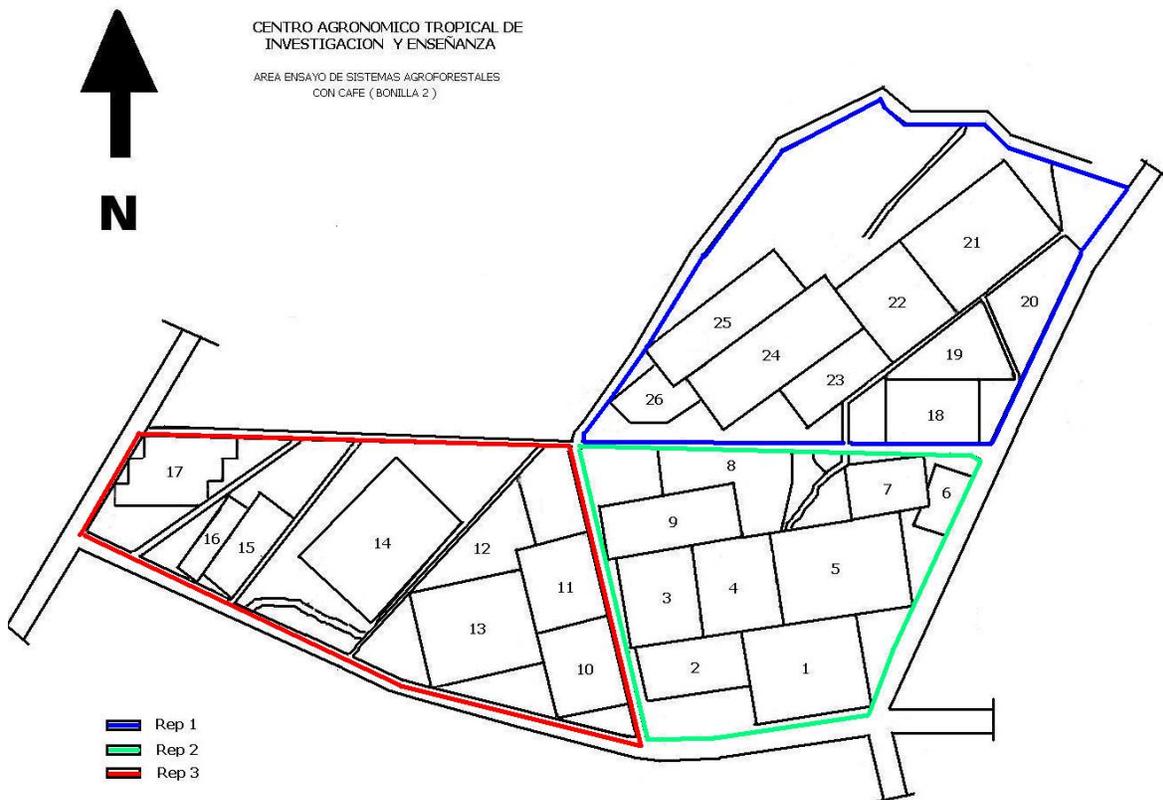


Figura 9. Croquis del ensayo del sistema agroforestal, café, cashá, amarillón y poró, ubicado en la finca ecológica del CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2010.

A continuación se presenta un cuadro que resume el manejo de suelo, niveles de insumo, plagas y enfermedades y manejo de sombra en el ensayo:

Cuadro 2. Niveles de manejo e insumos para manejo de enfermedades, plagas, malezas y regulación de sombra, en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Nivel de manejo	Enmiendas al suelo	Manejo 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
Medio orgánico	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

3.2 Medición de parcelas

Se realizaron evaluaciones mensuales entre enero y abril del 2010, únicamente en los manejos BO y MC (Dentro de cada parcela de CR 95, Caturra y F1 y en los tipos de sombra: cashá, cashá-poró, poró, amarillón y pleno sol). Se marcaron 10 plantas ubicadas en el centro de la parcela y se evaluaron las respectivas bandolas como se detalla a continuación:

3.2.1 Estado fitosanitario del cultivo

- Número total de hojas en tres bandolas ubicadas en la parte superior, intermedia e inferior de la planta.
- Número de hojas por bandola que presentaron daños o sintomatología de las siguientes enfermedades o plagas: roya, mancha de hierro, minador, ojo de gallo y antracnosis.
- Número de nudos totales y productivos por bandola.

3.2.2 Cantidad de luz que penetra en el sistema

Para la determinación de esta última variable se utilizó un densiómetro esférico con espejo cóncavo que posee 24 cuadros (Forestry Suppliers Spherical Crown Densimeters, Model C) los cuales a su vez se dividen de forma imaginaria en cuatro cuadros cada uno.

Las lecturas del densiómetro se realizaron en los meses de enero y abril del 2010. Para ello, se tomaron dos puntos, uno al norte y otro al sur de cada parcela de CR 95, Caturra y F1, aproximadamente a 1,3 m del suelo, evitando siempre la sombra de los cafetos que están alrededor. La lectura se realizó en los cuatro puntos cardinales.

Para estimar el porcentaje del dosel ocupado por la copa de los árboles se multiplicó el valor obtenido en cada punto cardinal por 1,04. Este es un valor estándar para el instrumento, mediante el cual se homogenizan los datos. Posteriormente, se resta de 100 el valor obtenido anteriormente y con ello se obtuvo el porcentaje del dosel ocupado para cada punto cardinal. 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 y finalmente se calculó un promedio con los valores de todos los árboles evaluados para obtener el porcentaje del dosel ocupado por los árboles en las parcelas.

3.2.3 Características dasométricas de los árboles de sombra

- Diámetro a 1,3 m (DAP)
- Altura comercial
- Volumen comercial
- Número de trozas comerciales y calidad

Esta última variable se evaluó siguiendo la metodología propuesta por Murillo y Badilla (2002).

Para la determinación de las características dasométricas de los árboles, se tomaron en cuenta todos los individuos presentes en la parcela, de las especies amarillón y cashá, debido a que el poró se considero únicamente como especie de servicio en el sistema.

La fórmula utilizada para calcular el área basal de cada árbol fue:

$$g = 0,7854 * [(d/100)]^2$$

Donde:

G= Área basal.

D= diámetro a 1,3 m.

La fórmula utilizada para calcular el volumen comercial fue:

$$V = g * Hc * Ff$$

Donde:

g= Área basimétrica de cada individuo

Hc= Altura comercial

Ff= Factor de forma de 0,7

Esta evaluación se realizó con el fin de valorar el rendimiento de los árboles dependiendo del asocio en que se encuentre.

3.2.4 Monitoreo de productividad de café durante seis años

Se contó con una base de datos de 6 años de registros de productividad (fanegas/ha) en todos los tratamientos del ensayo.

3.3 Análisis de la información

Todos los análisis estadísticos fueron conducidos mediante el programa estadístico InfoStat Versión Estudiantil 2009, libre.

Como primer paso, se comprobó si los porcentajes de incidencia de las enfermedades y el porcentaje de nudos productivos cumplían con los supuestos del análisis de varianza. Al no cumplir los datos con los supuestos de homogeneidad y homocedasticidad, los datos de campo se transformaron con la función estabilizadora de varianzas es decir en rangos, con el fin de disminuir el error de coeficiente de variación y aumentar el R^2 de las medias.

Para los valores obtenidos de cada enfermedad evaluada, así como de los nudos productivos, se realizó un análisis de varianza y una prueba de Duncan para comparaciones múltiples, con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos, en todo los meses con un nivel de significancia de 0,05.

Al ser los datos de tipo paramétrico se procedió, mediante un análisis de correlación de Pearson, a determinar si existía correlación entre el porcentaje de sombra encontrado en cada tratamiento y la incidencia tanto de las enfermedades como del porcentaje de nudos productivos.

Para la productividad de los árboles se determinó la cantidad de trozas correspondiente a cada una de las calidades evaluadas, además del promedio de la altura comercial, volumen comercial y área basal para los individuos de las dos especies comerciales presentes en tres socios de sombra: Cashá/Poró, Cashá y Amarillón.

En cuanto a los análisis de la información de productividad del café, se transformaron los datos a rangos, esto con el objetivo de que cumplieran con los supuestos de homogeneidad y homocedasticidad.

Posteriormente con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza y una prueba de Duncan para comparaciones múltiples con un nivel de significancia de 0,05, con el objetivo de establecer si existían diferencias significativas entre tratamientos a lo largo de seis años.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Incidencia de enfermedades por factor de tratamiento

4.1.1 Por tipos de sombra

En el Cuadro 3 se resume el promedio y la desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y nudos productivos, de acuerdo a los tipos de sombra evaluados.

Cuadro 3. Promedio y desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y nudos productivos en *Coffea arabica*, bajo cinco tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE; Turrialba, Costa Rica, 2010.

Enfermedades/Sombra	Amarillón	Cashá	Cashá-Poró	Pleno Sol	Poró
Roya	(8,1 ± 8,2)% [b]	(21,1 ± 20,9)% [c]	(4,6 ± 5,3)% [a]	(4,1 ± 3,9)% [a]	(4,0 ± 4,6)% [a]
Mancha de Hierro	(17,3 ± 9,6)% [b]	(23,6 ± 16,8)% [c]	(14,1 ± 9,6)% [a]	(13,1 ± 7,8)% [a]	(13,4 ± 8,4)% [a]
Ojo de Gallo	(9,8 ± 14,4)% [b]	(8,8 ± 7,1)% [b]	(20,0 ± 17,7)% [c]	(6,4 ± 8,5)% [a]	(7,5 ± 8,9)% [b]
Antracnosis	(0,2 ± 0,5)% [a]	(1,5 ± 2,0)% [b]	(1,0 ± 1,4)% [c]	(0,4 ± 0,6)% [bc]	(0,4 ± 0,7)% [ab]
Minador	(0,4 ± 0,9)% [a]	(0,5 ± 0,8)% [a]	(0,2 ± 0,4)% [a]	(0,3 ± 0,4)% [a]	(0,3 ± 0,4)% [a]
Nudos Productivos	(81,2 ± 13,5)% [a]	(83,2 ± 6,8)% [a]	(84,1 ± 8,0)% [a]	(85,6 ± 8,3)% [a]	(89,0 ± 7,6)% [b]

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$).

En el cuadro anterior se evidencia el efecto de la sombra en cada una de las variables evaluadas, cashá es el que posee la mayor incidencia porcentual en cuatro de las cinco enfermedades evaluadas: roya, mancha de hierro, antracnosis y minador, y es el que posee diferencias significativas con respecto a las otras sombras, con excepción de minador donde no existen diferencias entre sí. Sin embargo es importante destacar que solo para mancha de hierro la incidencia promedio está arriba del nivel crítico.

En la variable nudos productivos Amarillón presenta el menor porcentaje de nudos productivos (81,2%), aunque estadísticamente solo hay diferencia significativa en

relación a Poró que obtuvo un promedio más alto de nudos productivos (89%). De modo general en todas las sombras el porcentaje de nudos productivos en las plantas de café fue muy bueno.

En lo que respecta a enfermedades, los niveles altos de mancha de hierro y roya en las parcelas que solo tienen cashá, como medida correctiva, es conveniente regular la poda con el fin de disminuir el actual nivel de sombra. (Ver anexo 4)

Para la especie poró, se presenta la menor incidencia porcentual en roya, sin embargo en las demás enfermedades no es así, no obstante existe diferencia significativa en esa enfermedad relacionada con la variable tipo de sombra. Para el caso del Poró solo mancha de hierro estuvo arriba del nivel crítico sin embargo un valor de incidencia no problemático.

Así también Poró representa la sombra que propicia la mayor producción de nudos productivos y establece diferencias significativas respecto de los demás tipos de sombra. Por otra parte Cashá, Cashá-Poró y Pleno Sol no presentan diferencias significativas entre sí, y en general la producción de nudos en todas las condiciones de sombra son altas (mayores a 80%).

En el caso del Ensayo de Sistemas el manejo actual de la sombra de Poró (MO, BO y MC) permite una mayor entrada luz, a la vez que también genera buenos volúmenes de biomasa como reciclaje de nutrientes, lo que podría explicar los resultados del cuadro 3.

Así también, la sombra, y en particular en exceso, propicia la aparición de enfermedades al crear un microclima adecuado de humedad por lo que de manera general, las enfermedades tienen porcentajes inferiores en el tratamiento “pleno sol”. Sin embargo el tratamiento de pleno sol presentó un porcentaje de mancha de hierro superior al nivel crítico, indicando así que el exceso de luz no es seguridad para el control total de enfermedades.

4.1.2 Por variedades de café

En el siguiente cuadro se presentan el promedio y la desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y nudos productivos para tres variedades de café evaluadas:

Cuadro 4. Promedio y desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y rendimiento de nudos productivos en *Coffea arabica*, con tres variedades de café en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE; Turrialba, Costa Rica, 2010.

Enfermedades/ Variedad de Café	Caturra	F1	CR95
Roya	(8,8 ± 8,5)% [c]	(4,9 ± 7,2)% [b]	(3,5 ± 5,9)% [a]
Mancha de Hierro	(14,7 ± 9,9)% [a]	(15,6 ± 10,5)% [a]	(14,8 ± 8,5)% [a]
Ojo de Gallo	(6,7 ± 10,5)% [a]	(14,7 ± 17,1)% [b]	(14,0 ± 14,3)% [c]
Antracnosis	(0,5 ± 1,0)% [a]	(0,5 ± 1,1)% [a]	(0,6 ± 1,0)% [a]
Minador	(0,3 ± 0,5)% [a]	(0,3 ± 0,6)% [a]	(0,3 ± 0,7)% [a]
Nudos Productivos	(81,6 ± 11,8)% [a]	(86,3 ± 8,7)% [b]	(87,2 ± 8,1)% [b]

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$).

Según el cuadro 4, la variedad de café CR95 presenta los menores porcentajes de incidencia en roya y uno de los más bajos en mancha de hierro y minador, así también presenta diferencias significativas en roya y ojo de gallo.

La variedad Caturra presenta altos porcentajes en la incidencia de roya, y es estadísticamente distinto a los demás, sin embargo en el resto de enfermedades posee valores similares o menores, como lo es en el caso del ojo de gallo.

La variedad F1, tiene un comportamiento “intermedio” respecto a las otras dos ya que en roya y ojo de gallo tiene valores significativamente distintos, pero en el resto de enfermedades no se presenta de la misma manera y sigue un patrón similar.

Es importante destacar que la mancha de hierro es la única enfermedad que tiene valores porcentuales más altos en relación con los valores críticos de porcentaje de enfermedades (ver anexo 4) en las tres variedades de café, seguida de ojo de gallo que presenta problemas significativos en las tipos de café, CR95 y F1.

En cuanto a nudos productivos, CR95 es significativamente igual al híbrido F1 y diferente a Caturra, además presenta el mayor porcentaje de nudos, por lo que se considera el mejor desde el punto de vista de cantidad de nudos productivos en el ensayo, seguido de F1 y de Caturra como último.

Fonseca (2009) indica que en un estudio realizado para evaluar el comportamiento de híbridos F1, respecto a variedades de café arrojó que todos los híbridos evaluados tuvieron características mejores (como diámetro de planta o largo de bandola), respecto a variedades comerciales como Caturra y CR 95.

4.1.3 Por manejo cultural

En el cuadro siguiente se resume el promedio y la desviación estándar para cinco enfermedades y nudos productivos para dos manejos culturales:

Cuadro 5. Promedio y desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y rendimiento de nudos productivos en *Coffea arabica*, con 2 manejos culturales en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE; Turrialba, Costa Rica, 2010.

Enfermedades/Manejo cultural	BO	MC
Roya	(6,5 ± 7,8)% [a]	(5,5 ± 7,5)% [a]
Mancha de Hierro	(16,7 ± 9,8)% [b]	(13,8 ± 9,2)% [a]
Ojo de Gallo	(13,8 ± 16,7)% [b]	(9,9 ± 12,2)% [a]
Antracnosis	(0,5 ± 0,9)% [a]	(0,6 ± 1,1)% [a]
Minador	(0,4 ± 0,7)% [a]	(0,3 ± 0,5)% [a]
Nudos Productivos	(81,3 ± 12,3)% [a]	(87,3 ± 7,2)% [b]

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$).

Del cuadro anterior se deduce que el manejo medio convencional (MC) es mejor en 3 de las 6 variables en estudio, ya que sus promedios son menores y significativamente diferentes en la incidencia de mancha de hierro y ojo de gallo, sin embargo en los dos manejos la incidencia porcentual de mancha de hierro sobrepasó el nivel crítico (ver anexo 4), y en el caso de ojo de gallo el manejo BO fue el que superó los niveles recomendables con un 13,8% de incidencia. En el caso de las variable nudos productivos, el manejo MC fue mejor y significativamente distinto a BO, no obstante en lo que se refiere a roya antracnosis y minador los dos manejos se comportan de forma similar y sin diferencias significativas apreciables.

El manejo bajo orgánico (BO) tiene porcentajes levemente superiores en 4 de las cinco enfermedades y en cuanto a la producción de nudos es inferior en un 6%, lo que podría sugerir un mejor estado fitosanitario del cultivo en este tipo de manejo, sin tomar en cuenta las variables sombra y variedad de café.

4.1.4 Por meses evaluados

A continuación se presenta el promedio y la desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y nudos productivos a lo largo de los cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales:

Cuadro 6. Promedio y desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades y rendimiento de nudos productivos en *Coffea arabica*, durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE; Turrialba, Costa Rica, 2010.

Enfermedades/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Roya	(9,4 ± 10,9)% [c]	(7,9 ± 6,9)% [d]	(2,7 ± 4,5)% [a]	(3,5 ± 3,8)% [b]
Mancha de Hierro	(23,1 ± 10,1)% [c]	(12,5 ± 6,4)% [b]	(14,6 ± 9,7)% [b]	(9,4 ± 5,2)% [a]
Ojo de Gallo	(10,4 ± 13,7)% [b]	(11,7 ± 13,8)% [c]	(15,6 ± 16,3)% [d]	(8,3 ± 12,3)% [a]
Antracnosis	(1,1 ± 1,5)% [c]	(0,7 ± 1,0)% [b]	(0,1 ± 0,3)% [a]	(0,3 ± 0,5)% [a]
Minador	(0,5 ± 0,7)% [a]	(0,3 ± 0,6)% [a]	(0,2 ± 0,5)% [a]	(0,3 ± 0,6)% [a]
Nudos Productivos	(81,5 ± 12,9)% [a]	(84,5 ± 11,9)% [b]	(87,2 ± 7,1)% [c]	(86,4 ± 5,5)% [b]

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$).

La incidencia de las enfermedades tiende a disminuir a lo largo de los 4 meses. Para el caso de roya existen diferencias significativas entre todos los meses, presentándose las incidencias más altas en enero, no obstante ninguna alcanza a superar el nivel crítico de enfermedad, según los datos de la estación meteorológica CATIE (Ver anexo 2) la temperatura promedio para el mes de enero fue de 20,89°C, según Becker-Raterink (1991), cuando existen temperaturas nocturnas menores a 15°C y diurnas mayores a 30°C el crecimiento de la roya se puede retrasar, así entonces la menor temperatura promedio se presentó en enero por lo que la propagación de la enfermedad pudo haberse facilitado a una menor temperatura en ese mes, de la misma forma los meses donde se presentaron menores incidencias de roya fueron marzo y abril, coincidentemente donde existieron mayores temperaturas (22,21°C y 23,14°C), respectivamente.

La precipitación tuvo una disminución gradual en el transcurso de los meses, por lo que esto pudo haber influido en una baja en cuanto al desarrollo de la enfermedad, Becker-Raterink (1991), afirma que la lluvia o humedad foliar es un factor que limita la germinación de las uredosporas, además de influir en su dispersión y en otros factores ambientales, también indica que en lugares donde existen lluvias casi continua, sin una estación de sequía marcada como en algunos lugares de Colombia y Costa Rica, el microclima no es un factor limitante para la evolución de la epidemia, dándose una incidencia mayor de roya.

Becker-Raterink (1991) afirma que la radiación solar tiene efecto negativo sobre la roya y esta situación queda evidenciada, pues en los meses donde existió mayor radiación solar fueron los de menor incidencia de la enfermedad en el ensayo.

Por otro lado la mancha de hierro presentó una disminución en la incidencia a lo largo de los meses, lo que podría suponer un aumento de la enfermedad con respecto a la temperatura, no obstante en estudios por Samayoa *et al* (2000) se demostró que no existe una correlación positiva entre la mancha de hierro y la temperatura en los cafetales, donde si se demostró una relación directa fue en la variable de precipitación donde conforme hubo un incremento de la misma el ataque de la enfermedad se disparó.

Así también, menciona que tampoco hay relación directa entre la incidencia de mancha de hierro y la radiación solar presente en el sistema, sin embargo para este caso en particular si parece existir influencia directa, ya que a mayor radiación solar la enfermedad presento los índices más altos de incidencia. Es importante mencionar que la mancha de hierro presentó en enero, febrero y marzo valores más altos respecto al nivel crítico de enfermedad. (ver anexo 4)

Por otra parte el ojo de gallo no presentó una distribución uniforme a lo largo de los meses en la incidencia de la enfermedad, lo que podría sugerir que la enfermedad se comporta de manera independiente respecto a las variables ambientales, Samayoa *et al* (1999) destaca que no existe una dependencia del comportamiento de la enfermedad respecto a precipitación, temperatura o radiación solar, no obstante aclara que hubo un pico de la enfermedad asociado a un cambio fenológico importante en la planta donde el follaje es menos importante para su desarrollo, también quedó evidenciado que en los primeros meses del año la enfermedad supero los niveles críticos mas no así en abril donde obtuvo un 8,3%.

La antracnosis o muerte descendente, no posee porcentajes altos de incidencia, sin embargo muestra un desarrollo similar a roya y mancha de hierro en los distintos meses, Sarantes (1998), indica que la enfermedad es común con el aumento en las precipitaciones y temperaturas entre los 20°C y 30°C, la estación meteorológica de CATIE (ver anexo 2), indica temperaturas similares a las mencionadas para los meses de enero a abril, así como una disminución de las lluvias en marzo y abril, el mismo autor afirma que en la época seca la incidencia de la enfermedad es mínima y que su ataque se da mayoritariamente en los meses lluviosos, por lo que la baja incidencia se podría deber a que los meses en los que se realizó la evaluación fitosanitaria son los de época seca en Costa Rica.

El minador mantiene un nivel constante de ataque a lo largo de los meses, sumamente bajo, por lo que se hace difícil relacionarlo con las variables ambientales, no obstante este insecto se desarrolla mejor en condiciones de humedad, posterior a las lluvias, en enero presentó la mayor incidencia correspondiente también con el mes donde hubo mayor precipitación, por otra

parte al hacerse las mediciones en la época seca del año en Costa Rica, no es posible determinar el comportamiento real de la enfermedad en el ensayo.

El porcentaje de nudos productivos tuvo incremento a lo largo de los meses, con un leve decrecimiento de marzo a abril, sin embargo estos dos meses fueron los de mayor productividad; según los datos meteorológicos de la estación CATIE, marzo y abril también fueron los meses con mayor temperatura y radiación solar.

Es sabido que la radiación solar alta y las temperaturas altas aumentan el porcentaje de productividad en el café, por lo que esta variación se puede deber a estos cambios, por otra parte es necesario tomar en cuenta que la sombra influye sobre estas variables.

4.1.5 Por combinación de sombra, variedad de café y manejo cultural

A continuación se presenta el cuadro con el promedio y la desviación estándar para la incidencia de cinco enfermedades para 23 tratamientos en el ensayo de sistemas agroforestales:

Cuadro 7. Promedio y Desviación Estándar para la incidencia de 5 enfermedades en *Coffea arabica*, para 23 tratamientos en el ensayo de sistemas agroforestales de CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Tratamiento	Roya	Mancha de Hierro	Ojo de Gallo	Antracnosis	Minador
Amarillón-Caturra-BO	(16,39 ± 10,36)% [gh]	(22,05 ± 11,81)% [ghi]	(7,86 ± 19,13)% [ab]	(0,04 ± 0,13)% [a]	(0,34 ± 0,54)% [abcd]
Amarillón-F1-BO	(4,33 ± 5,20)% [bc]	(20,69 ± 11,65)% [fghi]	(26,07 ± 24,50)% [hij]	(0,13 ± 0,24)% [a]	(0,57 ± 1,47)% [ab]
Amarillón-CR95-BO	(11,02 ± 11,21)% [f]	(22,88 ± 9,70)% [i]	(8,67 ± 12,40)% [bcd]	(0,19 ± 0,37)% [abc]	(0,45 ± 1,15)% [abcde]
Amarillón-Caturra-MC	(8,79 ± 4,93)% [fgh]	(12,35 ± 6,32)% [abcdef]	(3,28 ± 4,97)% [ab]	(0,19 ± 0,379)% [abc]	(0,36 ± 0,82)% [abcde]
Amarillón-F1-MC	(4,05 ± 2,75)% [cde (3,34 ± 2,58)%	(10,15 ± 2,21)% [a]	(6,81 ± 4,94)% [efg]	(0,05 ± 0,10)% [a] (0,42 ± 1,01)%	(0,16 ± 0,28)% [abcd]
Amarillón-CR95-MC	[bcde] (22,48 ± 25,05)%	(15,80 ± 7,35)% [abcdefg]	(9,83 ± 6,43)% [fghi]	[abcd]	(0,44 ± 0,90)% [de]
Cashá-Caturra-MC	[gh]	(23,16 ± 17,40)% [hi]	(6,41 ± 4,95)% [cde]	(0,94 ± 1,59)% [abcd] (2,07 ± 2,46)%	(0,54 ± 0,98)% [abcd]
Cashá-F1-MC	(19,72 ± 19,55)% [h]	(24,07 ± 18,95)% [ghi]	(11,09 ± 8,81)% [defg]	[abcd]	(0,37 ± 0,74)% [abcd]
Cashá-Poró-Caturra-BO	(8,97 ± 5,75)% [fgh]	(14,76 ± 8,79)% [cdefgh]	(9,85 ± 11,64)% [defg]	(0,46 ± 0,59)% [abcd]	(0,09 ± 0,24)% [ab]
Cashá-Poró-F1-BO	(3,05 ± 4,07)% [b]	(17,05 ± 10,04)% [efghi]	(22,47 ± 19,90)% [ij]	(1,01 ± 1,08)% [bcd]	(0,42 ± 0,40)% [e]
Cashá-Poró-CR95-BO	(1,15 ± 2,39)% [a]	(12,39 ± 9,55)% [ab]	(29,13 ± 18,54)% [k]	(1,22 ± 1,83)% [de]	(0,35 ± 0,64)% [abcde]
Cashá-Poró-Caturra-MC	(8,50 ± 5,72)% [fg]	(16,10 ± 10,66)% [bcdefgh]	(14,66 ± 12,98)% [fghi]	(1,65 ± 1,66)% [e]	(0,21 ± 0,51)% [abc]
Cashá-Poró-F1-MC	(2,23 ± 3,29)% [ab]	(14,41 ± 13,86)% [abcde]	(22,65 ± 23,87)% [ghi]	(0,84 ± 1,54)% [bcd]	(0,07 ± 0,15)% [a]
Cashá-Poró-CR95-MC	(2,59 ± 3,77)% [ab]	(10,80 ± 5,34)% [a]	(22,78 ± 16,49)% [j]	(0,81 ± 1,11)% [bcd]	(0,05 ± 0,14)% [a]
Pleno Sol-Caturra-MC	(4,09 ± 2,13)% [de]	(10,89 ± 6,72)% [abc]	(4,99 ± 8,53)% [ab]	(0,19 ± 0,28)% [abcd]	(0,38 ± 0,32)% [bcde]
Pleno Sol-F1-MC	(7,25 ± 5,28)% [fg]	(11,18 ± 7,19)% [abcd]	(5,66 ± 9,00)% [abc]	(0,55 ± 0,90)% [bcd]	(0,15 ± 0,17)% [abcde]
Pleno Sol-CR95-MC	(2,12 ± 3,03)% [b]	(16,46 ± 8,46)% [fghi]	(8,26 ± 8,55)% [def]	(0,59 ± 0,68)% [cd]	(0,28 ± 0,51)% [abcde]
Poró-Caturra-BO	(6,88 ± 6,17)% [f]	(12,47 ± 9,31)% [abcde]	(3,79 ± 4,54)% [ab]	(0,31 ± 0,50)% [abcd]	(0,36 ± 0,42)% [bcde]
Poró-F1-BO	(3,13 ± 3,79)% [b]	(15,71 ± 7,40)% [defgh]	(10,02 ± 7,38)% [def]	(0,21 ± 0,32)% [abcd]	(0,26 ± 0,40)% [abcd]
Poró-CR95-BO	(2,84 ± 4,03)% [b]	(14,49 ± 6,97)% [cdefgh]	(10,65 ± 10,64)% [defg]	(0,59 ± 1,01)% [abcd]	(0,45 ± 0,49)% [cde]
Poró-Caturra-MC	(5,41 ± 4,24)% [f]	(13,00 ± 10,25)% [abcd]	(2,78 ± 5,05)% [a]	(0,64 ± 1,18)% [abcd]	(0,40 ± 0,54)% [abcde]
Poró-F1-MC	(3,13 ± 4,42)% [bcd]	(15,98 ± 10,23)% [abcdef]	(11,36 ± 13,87)% [def]	(0,10 ± 0,14)% [ab]	(0,35 ± 0,39)% [abcde]
Poró-CR95-MC	(1,79 ± 2,62)% [ab]	(10,56 ± 6,30)% [abc]	(8,61 ± 8,61)% [efgh]	(0,22 ± 0,45)% [abcd]	(0,18 ± 0,33)% [abcde]

Roya

De acuerdo a lo indicado en el cuadro 7, el mejor tratamiento cuanto a evitar altos porcentajes de roya es el que consiste en la asociación Cashá-Poró-CR95-BO, seguido de Poró-CR95-MC y por último Pleno Sol-CR95-MC, con base en estos resultados se puede inferir que la variedad de café más resistente a la roya es CR95 y que una de las mejores sombras por utilizar es el Poró, además la enfermedad no superó el valor de nivel crítico en ninguno de los tratamientos.

Aguilar (1995) menciona que la variedad CR95, es genéticamente más resistente respecto a otras variedades como Caturra, lo que se evidencia en este ensayo pues en todas las asociaciones donde está este tipo de café existe menor incidencia de roya.

También es importante mencionar que el componente arbóreo donde se dan las menores incidencias de la enfermedad es el poró, esto se puede deber a que dicha especie aporta nutrientes y una sombra ligeramente densa que propicia un buen rendimiento del cultivo y por ende que sea más resistente al ataque de distintos patógenos.

ICAFFE (2006) indica que en estudios realizados en la finca experimental del ICAFFE en Barva de Heredia, se determinó que el rendimiento productivo mejoró en las parcelas donde había asocio con árboles de poró, a diferencia de las parcelas que estaban a pleno sol.

También Boyce *et al* (1994) citado por Samayoa (1999), menciona que el componente sombra es un elemento característico e importante del café orgánico que además de brindar protección a las plantas contra el exceso de calor, proporciona los sistemas microbiológicos necesarios para una resistencia natural contra la erosión y las plagas.

En relación a los manejos, la incidencia de roya se comporta de manera similar en BO y MC, lo que podría indicar que no existe una relación directa entre el manejo que se da y la propagación de dicha enfermedad.

Samayoa (1999) menciona que para un estudio realizado en sistemas de café orgánicos y convencionales en Paraíso de Cartago, el promedio para la incidencia de roya en el sistema mostró un 19,28% en el orgánico y 18,21% en el

convencional, dichos promedios son altos en comparación con los datos obtenidos en la presente investigación, donde únicamente en los tratamientos Cashá-F1-MC y Cashá-Caturra-MC se superó dichos valores con 19,72% y 22,48% respectivamente.

El mismo autor indica que condiciones de sombra generan un entorno propicio para el desarrollo de la roya, sin embargo destaca que es el exceso de sombra como tal, lo que aumenta el desarrollo de la enfermedad.

Leguizamon *et al* (1988) citado por Samayoa (1999), señala que en cafetales de la variedad Caturra se realizó un estudio en donde en un principio las mayores incidencias de roya se dieron con los cafetales sombrados, sin embargo después del séptimo mes el proceso se revirtió y los cafetales más afectados fueron los que no tenían sombra.

También es importante mencionar que no sólo la sombra es un factor a considerar en la aparición de roya, pues Avelino (2007) y Samayoa (1999), citan que tanto la acidez del suelo, así como la producción del café son variables que alteran e intervienen en la aparición de la enfermedad.

Mancha de Hierro

Con base en el cuadro 7, se demuestra que las menores incidencias de esta enfermedad se dieron en los tratamientos: Amarillón-F1-MC, Poró-CR95-MC y Cashá-Poró-CR95-MC, así entonces se puede considerar que en cuanto al ataque de la mancha de hierro, el poró sigue siendo la sombra que propicia menos ataques en el sistema, y que el manejo más adecuado es el MC.

Para el caso de esta enfermedad se superó el valor crítico en todos los tratamientos lo que indica que se debe realizar una evaluación exhaustiva en el ensayo, con el fin de que este patógeno no se propague más y empiece a influir negativamente en el desarrollo de las plantas.

La mancha de hierro es una enfermedad que prolifera en cafetales a plena exposición solar, Jaramillo *et al* (1988) citado por Samayoa (1999) indica que es la enfermedad más importante en el café bajo este sistema.

Las altas temperaturas y la humedad son dos condiciones vitales para la propagación del hongo, y este tipo de sistema favorece las mismas en época lluviosa.

Echandi (1959) indica que estudios realizados sobre mancha de hierro mostraron que a temperaturas de 8° C a 12° C, el hongo tuvo un desarrollo irregular, entre los 20°C y 28°C creció de manera vigorosa y a más de 32°C el crecimiento fue prácticamente nulo, por lo que en caso de este patógeno, mantener temperaturas bajas menores de 20°C sería una solución importante para combatirlo.

No obstante, como se indica en el cuadro 7 los porcentajes más altos de la enfermedad se dan en Cashá, lo que podría estar indicando que el porcentaje de sombra se debe regular, ya que doseles que no permiten el paso de luz podrían afectar las condiciones fisiológicas del cultivo y hacerlo propenso a enfermedades.

Ojo de gallo

Como se muestra en el cuadro 7, las incidencias más bajas de ojo de gallo se dieron en los tratamientos Caturra-Poró-MC, Caturra-Poró-BO y Caturra-Amarillón-MC, lo que podría estar indicando que la variedad Caturra y la asociación con dichas especies forestales, con manejo adecuado de sombra, pueden ser alternativas para sistemas con baja incidencia de dicha enfermedad, particularmente en condiciones ambientales similares al del estudio.

Esta enfermedad superó los niveles críticos en casi todos los tratamientos, no obstante según lo observado en el cuadro anterior la misma no presenta problemas significativos cuando el asocio incluye la especie amarillón y la variedad de café Caturra, lo que podría indicar que este tipo de asocio resultarían efectivos para contener el ataque de este patógeno.

Avelino *et al* (2007) indica que el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de esta enfermedad es importante y que temperaturas de 20°C o menos propician su aparición. También destaca que una manera para prevenir ataques de ojo de gallo es reducir el porcentaje de sombra sobre las plantas de café, ya que los árboles sembrados interceptan la radiación, reducen la velocidad del viento y probablemente aumentan la duración de la humedad en las hojas.

No obstante una solución eficaz para que la sombra no propicie la aparición de ojo de gallo es la poda constante, pues según el mismo autor, el efecto del dosel es claramente marcado cuando son especies frutales y forestales las que cubren el café, no así con leguminosas y musáceas, las cuales son regularmente podadas. Otra manera de reducir altos porcentajes de cobertura arbórea es aumentar el distanciamiento entre hileras de café, con el objetivo de que no exista un “autosombreamiento” entre las mismas y que permita una mayor diseminación del patógeno.

Estas afirmaciones coinciden con los mayores porcentajes de ojo de gallo que se dieron en el ensayo, donde CR95-Cashá-Poró-BO y CR95-Cashá-Poró-MC, fueron los tratamientos donde la enfermedad proliferó más, lo que evidencia que cuando existen altos porcentajes de sombra la propagación de la enfermedad aumenta.

Según los resultados, la variedad de café más propensa en el ensayo al ataque del hongo, es CR95 ya que en tanto en el manejo MC como en el BO, se dieron ataques significativos.

Aguilar (1995), indica que en el caso de CR95, en comparación con Catuaí y Caturra, inicialmente bloquean la penetración del hongo, cuando ya este se establece los periodos de tiempo y la cantidad de esporulación es mayor respecto a las otras dos variedades.

Antracnosis

Según se indica en el cuadro 7, los porcentajes menores de esta enfermedad se presentaron en los tratamientos Amarillón-Caturra-BO, Amarillón-F1-MC y Poró-F1-MC, cabe destacar que términos generales la presencia de esta enfermedad en el ensayo no es significativa, pues los porcentajes que alcanzó fueron sumamente bajos.

En contraparte, los tratamientos que presentaron mayores incidencias fueron Cashá-Poró-Caturra-BO, Cashá-Poró-CR95-BO y Cashá-Poró-Caturra-MC, lo que podría representar un aumento de la enfermedad cuando se maneja con sombras densas.

No obstante Carvalho *et al* (1976), indica que esta enfermedad es común de países africanos como Kenia y Uganda, donde el cultivo de café se maneja a plena exposición solar.

El mismo autor menciona, que la mejor manera para el combate de esta enfermedad, en el caso de estos países donde su proliferación es abundante, consiste en la producción de nuevas variedades genéticamente resistentes al patógeno, así como de un adecuado control de la sombra.

Samayoa (1999), destaca que la antracnosis del cafeto es una enfermedad de hojas viejas y que con la aparición de nuevo follaje, los efectos de la enfermedad se ven altamente disminuidos, de ahí su baja incidencia en el ensayo evaluado en este estudio y en investigaciones realizadas por el mismo autor, se determinaron para dos cafetales bajo manejos orgánicos y convencionales, incidencias de 5,7% y 7,0% respectivamente.

Minador de la hoja

De acuerdo a lo indicado en el cuadro 7, las menores incidencias de esta plaga se dieron en los tratamientos Amarillón-Caturra-BO, Amarillón-F1-MC y Poró-F1-MC, no obstante al igual que el ataque de antracnosis, los porcentajes no son elevados, por lo que dicha enfermedad no es considerada un problema grave.

Por otra parte, los tratamientos que obtuvieron porcentajes de incidencia más altos fueron: Amarillón-F1-BO, Amarillón-CR95-BO y Cashá-Caturra-MC, con lo que queda evidenciado que la sombra de los árboles, en este caso, no fue determinante en la propagación de la plaga.

Estudios realizados por Guerreiro *et al* (1990), indican que para Brasil esta es una de las plagas que más afecta los cultivos del café, llegando incluso a decrecer la producción hasta un 50%. Es importante destacar que en Brasil predomina la producción de café en plena exposición solar.

El mismo autor cita que una de las mejores maneras para combatir este mal, consiste en el mejoramiento genético de las variedades a utilizar en las plantaciones, con el fin de evitar individuos que tengan genes susceptibles a la plaga.

A continuación se presenta el cuadro con el promedio y la desviación estándar para el porcentaje de nudos productivos para 23 tratamientos en el ensayo de sistemas agroforestales:

Cuadro 8. Promedio y Desviación Estándar para el porcentaje de nudos productivos en *Coffea arabica*, para 23 tratamientos en el ensayo de sistemas agroforestales de CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Tratamiento	Nudos Productivos
Amarillón-Caturra-BO	(63,28 ± 22,67)% [a]
Amarillón-F1-BO	(75,56 ± 11,04)% [b]
Amarillón-CR95-BO	(82,72 ± 7,58)% [cdef]
Amarillón-Caturra-MC	(82,01 ± 5,76)% [bcdef]
Amarillón-F1-MC	(89,06 ± 1,71)% [gh]
Amarillón-CR95-MC	(90,81 ± 2,84)% [gh]
Cashá-Caturra-MC	(81,67 ± 8,72)% [bcd]
Cashá-F1-MC	(84,78 ± 5,19)% [cdef]
Cashá-Poró-Caturra-BO	(81,47 ± 7,62)% [bc]
Cashá-Poró-F1-BO	(80,73 ± 6,96)% [bc]
Cashá-Poró-CR95-BO	(81,09 ± 8,75)% [bc]
Cashá-Poró-Caturra-MC	(86,62 ± 6,91)% [fg]
Cashá-Poró-F1-MC	(85,50 ± 10,83) [defg]
Cashá-Poró-CR95-MC	(88,71 ± 5,08)% [gh]
Pleno Sol-Caturra-MC	(83,24 ± 10,09)% [bcde]
Pleno Sol-F1-MC	(87,51 ± 4,13)% [defg]
Pleno Sol-CR95-MC	(86,80 ± 8,50)% [efg]
Poró-Caturra-BO	(82,97 ± 8,27)% [bcde]
Poró-F1-BO	(92,70 ± 2,66)% [hi]
Poró-CR95-BO	(88,28 ± 9,20)% [gh]
Poró-Caturra-MC	(87,12 ± 4,23)% [efg]
Poró-F1-MC	(93,91 ± 4,38)% [i]
Poró-CR95-MC	(91,94 ± 8,13)% [hi]

Nudos productivos

Según el cuadro 8, los tratamientos que obtuvieron los porcentajes más bajos de nudos productivos fueron Amarillón-Caturra-BO, Amarillón-F1-BO y Cashá-Poró-F1-BO, lo que sugiere un efecto negativo del amarillón en la producción de nudos, de la misma manera, el manejo bajo orgánico en asocio con la anterior especie representa un problema desde el punto de vista productivo ya que el Amarillón compite fuertemente con el café por nutrimentos.

Otro problema es que dicha especie no tiene un aporte significativo de nutrientes como nitrógeno, a diferencia de otras como cashá o poró.

Virginio *et al* (2002), destaca que en los primeros estadios de desarrollo del café, el comportamiento fue menor en los subtratamientos orgánicos en comparación con los convencionales, ya que se presentaban desarrollos débiles y a lo largo de 9 meses, pocas hojas y un amarillamiento generalizado de las mismas.

Las enmiendas realizadas al suelo no fueron de la misma manera las más adecuadas, ya que el mismo autor indica que la primera broza aplicada sobre el cultivo tenía un alto grado de impurezas y que el análisis realizado al bocashi tenía un buen contenido de nutrientes, no obstante la relación C/N era alta, lo que pudo haber sido una limitante en la disponibilidad de nutrientes.

Por otra parte, los porcentajes más altos de nudos productivos se dieron en los tratamientos Poró-F1-MC, Poró-F1-BO y Poró-CR95-MC, lo que indica que el componente arbóreo Poró es adecuado para estimular la producción de nudos, ya que indistintamente del manejo del cultivo o la variedad de café a utilizar arrojó excelentes resultados.

Sin embargo es importante destacar que la variedad de café Caturra sólo destacó con porcentajes intermedios en cuanto a nudos productivos entre el 75% y 85%, lo que indica que no es deficiente en este aspecto pero si inferior respecto a CR95 y F1.

4.1.6 Comportamiento de las enfermedades en los meses de evaluación, respecto a las variedades de café.

En la siguiente figura se representa el comportamiento de la roya con relación a los meses en los que se evaluó la enfermedad y las tres variedades de café analizadas:

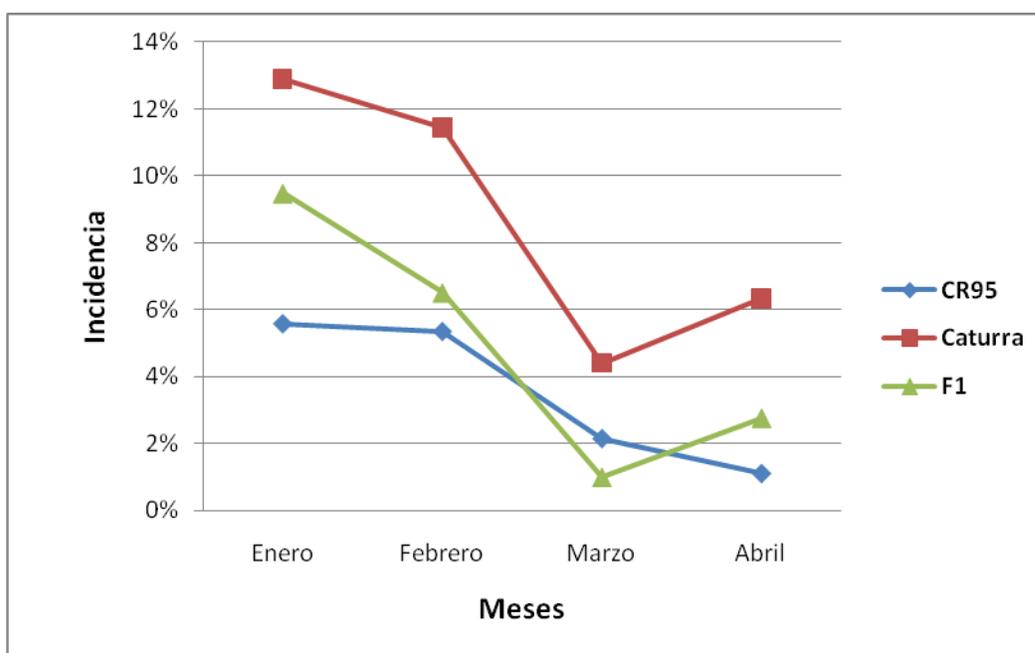


Figura 10. Incidencia de roya en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Como se muestra en la figura 10, la incidencia de roya en la variedad de café CR95, fue menor de manera significativa a lo largo de los meses evaluados, ($F=119,24$ $p < 0,0001$).

Cabe destacar que marzo fue el mes que presentó las menores incidencias de esta enfermedad en cualquiera de las tres variedades de café evaluadas y que el comportamiento de la misma sigue una tendencia a lo largo de los cuatro meses.

Silva *et al* (2000), mencionan que la intensidad y la severidad de los ataques de la enfermedad se encuentran condicionados por factores bióticos y abióticos, como

lo es el equilibrio nutricional, que representa un problema en cuanto la planta resiste la enfermedad o es susceptible a la misma.

Arañó (2002), indica que en estudios realizados en Cuba, sobre plantas de *Coffea arabica* L. var. Caturra amarillo, existe una correlación positiva entre la producción del café y la incidencia de la roya, no obstante en este caso la variedad de café que obtuvo los menores porcentajes de incidencia fue la que alcanzó una mayor rendimiento desde el punto de vista productivo.

También Moreno (2002), destaca que en estudios realizados en Colombia sobre híbridos de porte alto, estos mostraron resistencia al ataque de la roya en comparación con testigos de variedades típicas.

De igual manera, Fontes *et al* (2001), señala como un objetivo primordial para hacer variedades resistentes a plagas y enfermedades los trabajos de mejoramiento genético, e indica que en estudios realizados en Vicosa, Brasil se encontró que la variedad Catuaí, (similar a Caturra) muestra una tendencia positiva para que se desarrolle la enfermedad.

Sandri *et al* (2009) informan que para estudios hechos en Brasil, se encontró que algunas variedades de híbridos de Timor tienen resistencia genética al ataque de esta enfermedad.

Silva *et al* (2005), mencionan que en estudios realizados sobre roya, se encontró que 11 progenies de un híbrido F3, tuvieron resistencia específica a la enfermedad.

Los híbridos F1 tuvieron un comportamiento similar en el presente ensayo ya que a pesar de que la incidencia de roya fue levemente superior a la variedad CR95, mantuvo una diferencia considerable con la variedad Caturra y tuvo porcentajes de afectación mucho menores en comparación con la mencionada.

En la figura siguiente se muestra la incidencia de mancha de hierro para las tres variedades de café en los cuatro meses de estudio:

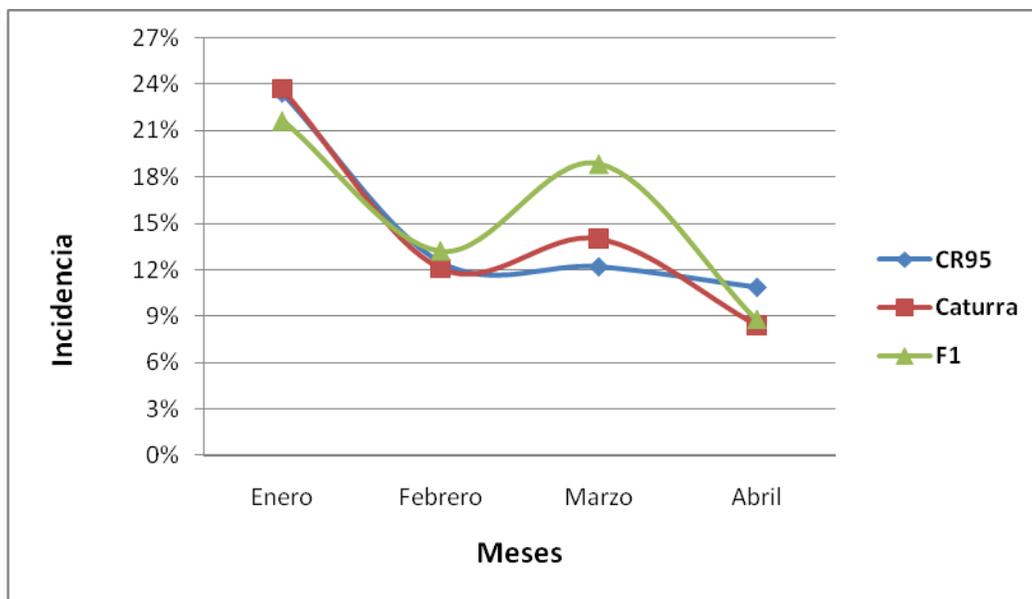


Figura 11. Incidencia de mancha de hierro en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

De acuerdo con la figura 11, el comportamiento de la mancha de hierro fue similar en el transcurso de los 4 meses, dándose una pequeña variación en marzo, donde todas las variedades de café tuvieron un incremento en la incidencia de la enfermedad.

Es importante destacar que no existe diferencia significativa entre las variedades de café ($F= 0,40$ $p= 0,6702$).

Zambolim *et al* (2003) indica que al tener variedades resistentes a la mancha de hierro en las plantaciones y una alta producción, exigen niveles nutricionales más elevados, con el fin de evitar ataques masivos de este patógeno.

De la misma manera indica, que el ataque tiene su pico entre los meses de diciembre a marzo, y que luego decae de manera regular, esto quedo evidenciado en la figura anterior, donde todas las variedades de café tuvieron un decrecimiento en la incidencia al pasar de marzo a abril.

A continuación se presenta una figura que muestra la incidencia de ojo de gallo, para tres variedades de café en 4 meses de evaluación:

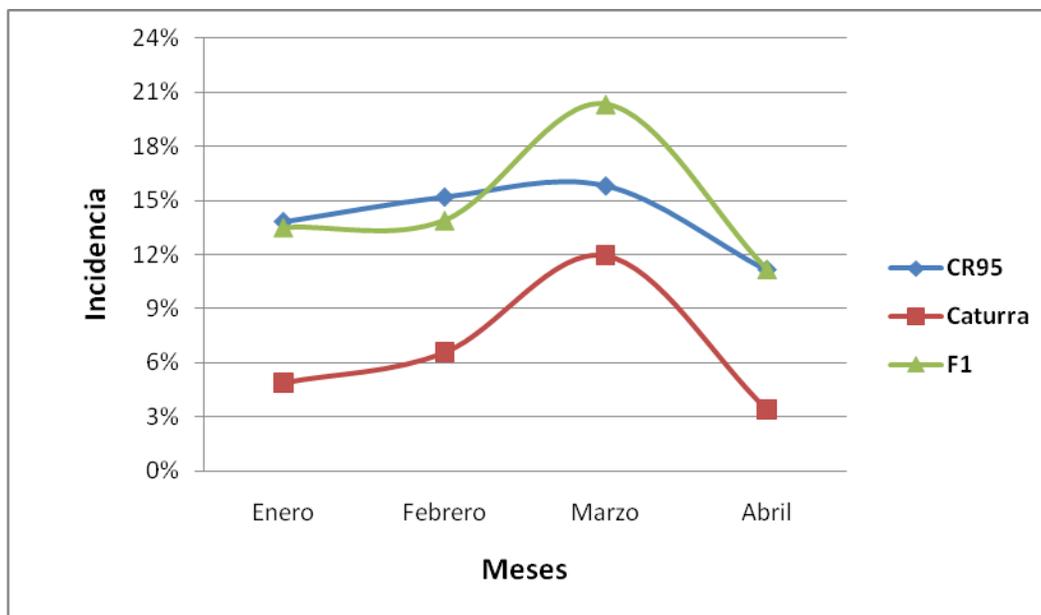


Figura 12. Incidencia ojo de gallo en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

La incidencia de ojo de gallo fue similar tanto para las tres variedades de café, como para los meses de muestreo, donde el híbrido F1 y CR95, presentaron los porcentajes más altos en contraste con la variedad Caturra, que en este caso mostró valores menores.

Para dicha enfermedad se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de incidencia ($F= 123,58$ $p < 0,0001$), lo que implica que al usar la variedad Caturra se estarán evitando mayores problemas con este patógeno.

Sequeira (1958), indica que se han reportado algunas especies resistentes a esta enfermedad como los son *Coffea abeokutae* y *Coffea canephora*, no obstante como se comprobó con los datos anteriores, Caturra mostró un mejor comportamiento en cuanto a la resistencia a esta enfermedad, respecto de las otras dos variedades.

El mismo autor señala que con el fin de evitar ataques masivos de este patógeno es recomendable la eliminación de malas hierbas, en plantaciones de café, ya que las mismas podrían ser hospederos del ojo del ojo de gallo.

Sin embargo también afirma, que aunque esta medida reduce los niveles de afectación de la enfermedad, no única, ni del todo efectiva, ya que se comprobó en el estudio que muchas malas hierbas no tenían lesiones de ojo de gallo, en contraposición con las plantas de café que se encontraban cerca.

Costa *et al* (2007), señalan en un estudio realizado sobre híbridos de Timor, que en comparación con la variedad Catuaí, estos presentaron resistencia cuantitativa a la enfermedad, por lo que se confirma una vez más la importancia de producción de híbridos resistentes a enfermedades.

En la siguiente figura se presentan las incidencias de antracnosis en tres variedades de café y cuatro meses de evaluación en el ensayo de sistemas agroforestales:

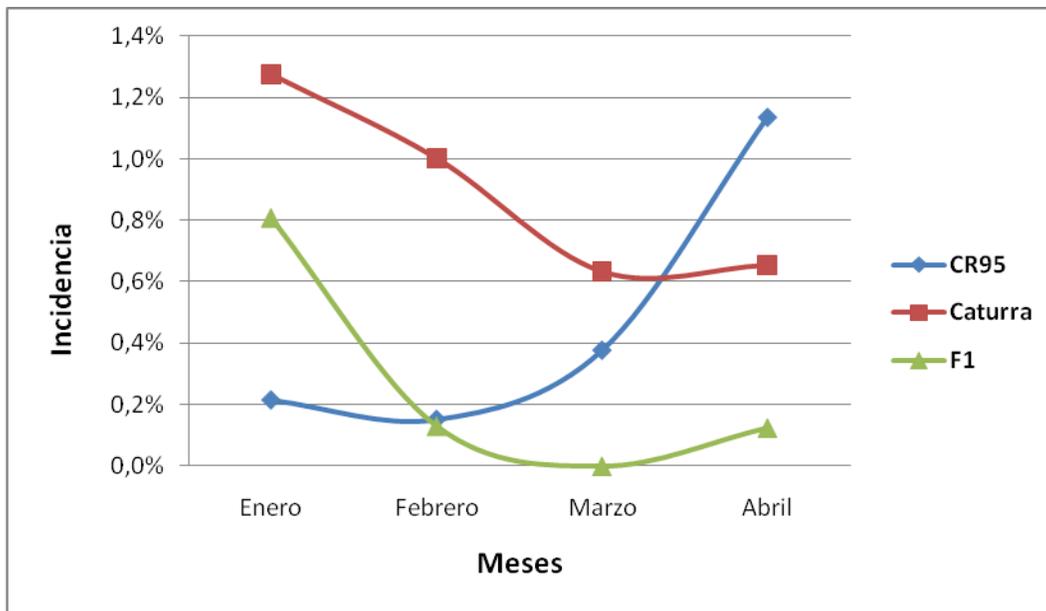


Figura 13. Incidencia de antracnosis en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Se observó una variación considerable en la incidencia de esta enfermedad para las tres variedades de café. Caturra mostró los porcentajes más altos seguido de CR95 y por último la variedad de café con menores porcentajes de incidencia la obtuvo el híbrido F1.

En el caso de antracnosis no se encontraron diferencias significativas entre las variedades de café ($F= 0,86$ $p=0,4246$), lo que podría indicar que no es un problema importante en las mismas.

Zambolim *et al* (2003), denota que en estudios hechos en Vicosá, Brasil se encontró que en tejidos de café necrosados, la presencia de esta enfermedad era mayor, lo que indica que a diferentes estados de estrés, como temperatura, humedad o desequilibrio nutricional, la planta presentará mayores problemas respecto a esta enfermedad.

De igual manera, cabe destacar que en este estudio, la antracnosis no representó un problema mayor desde el punto de vista sanitario, ya que la incidencia de la misma fue mínima, aunque es importante tomar medidas preventivas con el fin de que no se convierta en un problema de proporciones mayores.

A continuación se presenta en la siguiente figura la incidencia de minador en tres variedades de café, durante cuatro meses de evaluación en el ensayo de sistemas agroforestales:

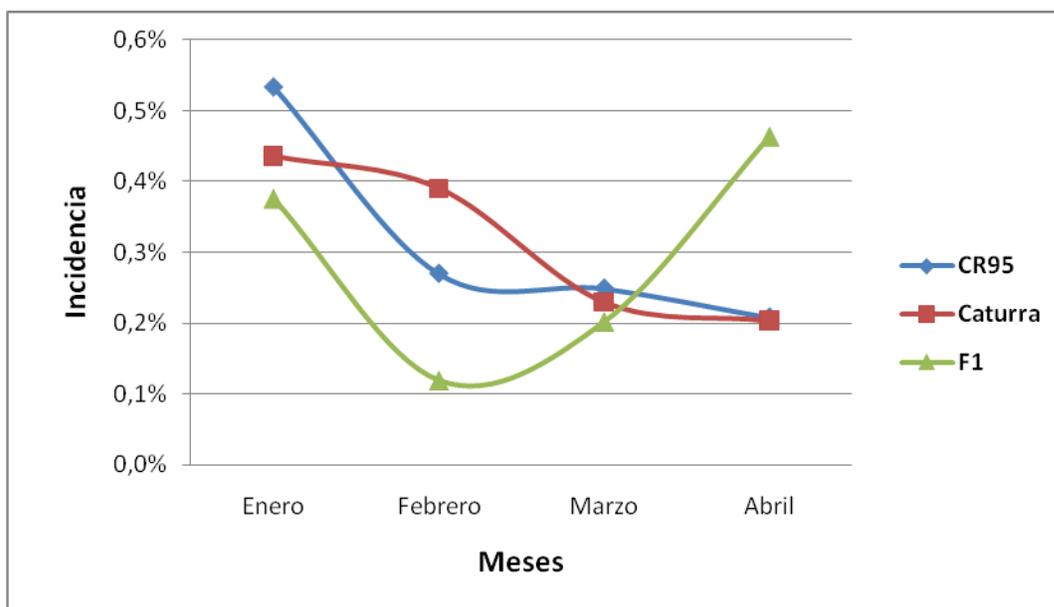


Figura 14. Incidencia de minador en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

El desarrollo de esta enfermedad en las tres variedades de café, tuvo un comportamiento regular en las variedades Caturra y CR95, donde obtuvieron los porcentajes más altos, por otra parte el híbrido F1 mantuvo valores bajos e irregulares en comparación con las otras dos variedades.

Para la incidencia de minador no se encontraron diferencias significativas entre las variedades de café ($F=0,68$ $p= 0,5055$), lo que indica un comportamiento similar al de antracnosis.

Lima *et al* (2003), señala que el minador de la hoja es una de las plagas más importantes en Brasil, destacando pérdidas en productividad de hasta un 80%, por lo que la mayor recomendación del autor, por encima del control químico, es el desarrollo de nuevas variedades resistentes, como pueden ser los F1.

El mismo autor afirma, que la mayor presencia del insecto se da en plantas de hojas nuevas así como en regiones secas o áreas próximas a carreteras polvosas. Esta afirmación también es planteada por Caixeta *et al* 2004, indicando que en estudios realizados en Brasil, se demuestra que el ataque del minador aumenta en plántulas con niveles de nitrógeno adecuados y exceso de potasio.

Guerreiro (2006), cita que en estudios realizados en Brasil, existen dos variedades resistentes a esta plaga, como lo son *Coffea setenophylla* y *Coffea kapakata*.

De igual manera que antracnosis, esta enfermedad no representó un problema para la plantación evaluada en este estudio; sin embargo las medidas preventivas no están de más para evitar su propagación a futuro.

En la siguiente figura se presenta el porcentaje de nudos productivos para tres variedades de café y cuatro tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales:

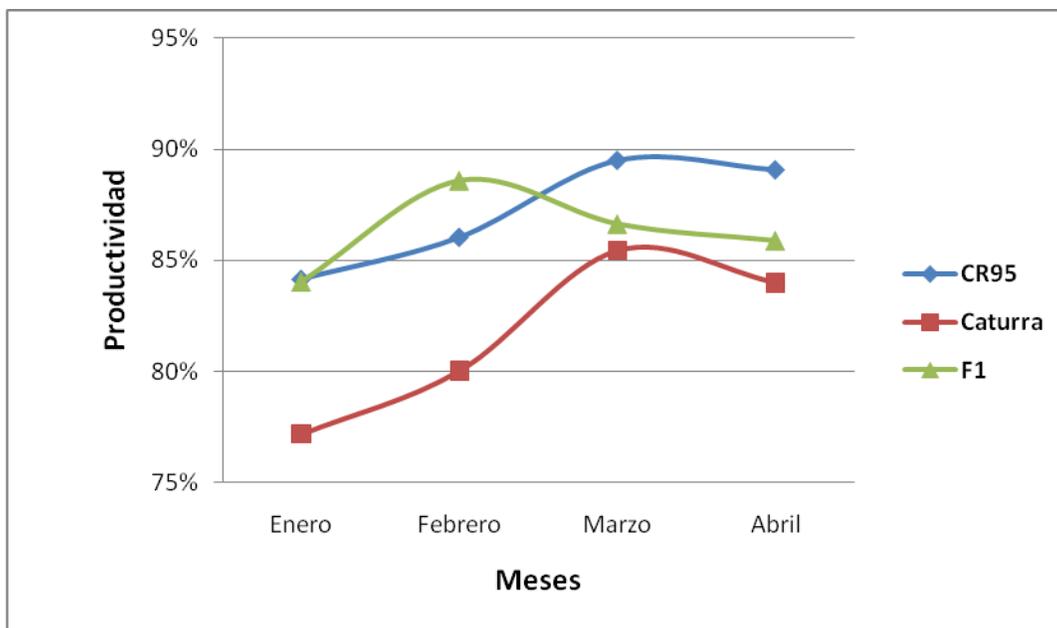


Figura 15. Porcentaje de nudos productivos en tres variedades de café durante 4 meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

El porcentaje de nudos productivos mostró un comportamiento regular en las tres variedades de café, siendo Caturra la variedad que obtuvo los porcentajes más bajos por otra parte CR95 y F1, presentaron valores altos lo cual demuestra que tienen altos índices de productividad y que responden adecuadamente a las exigencias del mercado.

Las tres variedades tienen una tendencia a crecer durante los primeros del año con una leve tendencia a la baja en abril, es importante aclarar que se encontró diferencia significativa ($F= 25,17$ $p= 0,0001$) entre Caturra en relación con las otras dos variedades, no así con CR95 y F1 entre ellas.

Bertrand (1997), indica que en estudios realizados en Barva de Heredia con híbridos de PROMECAFE, se encontró diferencias significativas entre híbridos F1 y variedades comerciales como Caturra, Catuai y CR95, los resultados indican que todas las características de los híbridos fueron mejores, a excepción de la fertilidad.

Sin embargo el mismo autor señala que el vigor híbrido es más importante para la característica de producción que para las de tipo vegetativa como lo son: diámetro del tallo o altura.

También denota que la producción esta correlacionada con el diámetro del tallo y el número de nudos por frutos, según las investigaciones de Walyaro (1983).

4.1.7 Comportamiento de las enfermedades en los meses de evaluación, respecto a los tipos de sombra.

En la siguiente figura se presenta la incidencia de roya en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales:

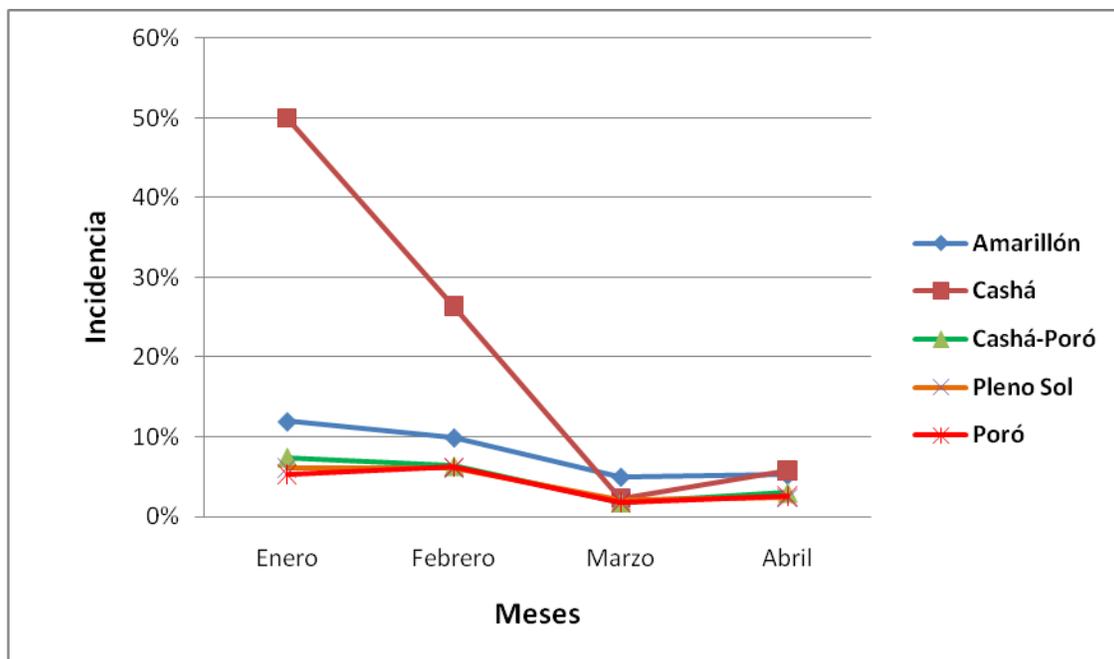


Figura 16. Incidencia de roya en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

El comportamiento de la enfermedad respecto a los tipos de sombra es constante en cuatro de los cinco tipos; no obstante, en cashá hay una variación importante

ya que en el mes de enero se dan valores cercanos al 50%, lo que indica un problema serio de incidencia.

Según los resultados del análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas ($F= 34,24$ $p < 0,0001$) entre amarillón y cashá, tanto entre ellas, como en relación con los demás tipos de sombra.

Samayoa (1999) indica que en estudios realizados en Paraíso, la enfermedad muestra estar asociada con la precipitación, ya que en dos períodos donde se presentó reducción de este factor ambiental también se redujo la incidencia.

Dichos resultados se comportan de manera similar a los obtenidos en este ensayo donde según los datos presentados en el anexo 2, la precipitación fue mayor en enero y febrero con relación a los otros meses.

Salgado (2007), afirma que las condiciones excesivas de sombra y espaciamientos cerrados propician el desarrollo de la roya, estudios realizados por este autor con *Inga vera* y *Grevilea robusta*, confirman esta hipótesis ya que la primera especie tiene un crecimiento más simpodial, lo que permite que su sombra sea más densa, en contraste con *Grevilea* que tiene un porte más alto y un fuste con crecimiento más vertical.

De la misma manera, Antunes (1976), indica que en estudios realizados en Sao Paulo sobre plántulas de café, se determinó que altas temperaturas impiden un desarrollo adecuado de la enfermedad.

De aquí se puede destacar que aunque el poró tiene un crecimiento bajo, se le realiza poda constantemente, lo que propicia la entrada de mayor luz en el sistema, a diferencia de Cashá que al tener un porte alto genera mayores porcentajes de sombra, aunado a su copa densa.

Otra manera de demostrar el efecto del Cashá sobre la enfermedad, fue la disminución de la incidencia de roya durante los meses que esta especie bota sus hojas (caducifolia) cuáles son esos meses, permitiendo de esta manera la influencia directa de la luz sobre las plantas de café.

De la misma manera Campbell y Manden (1990), confirman que la variable temperatura es una de las que más influye en el desarrollo de la epidemia, adicionado a otras como lo son el viento y la humedad.

Según Almeida (1986), la enfermedad se desarrolla esencialmente entre temperaturas de 21° a 23°C, y de acuerdo con los datos del anexo 2, esas fueron en promedio las temperaturas para los primeros cuatro meses del 2010.

Igualmente Avelino *et al* (2007) encuentra que la temperatura es un factor primordial en la producción de las uredosporas y se da básicamente alrededor de los 22°C.

A continuación se presenta en la siguiente figura la incidencia de mancha de hierro en cuatro meses y cinco tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales:

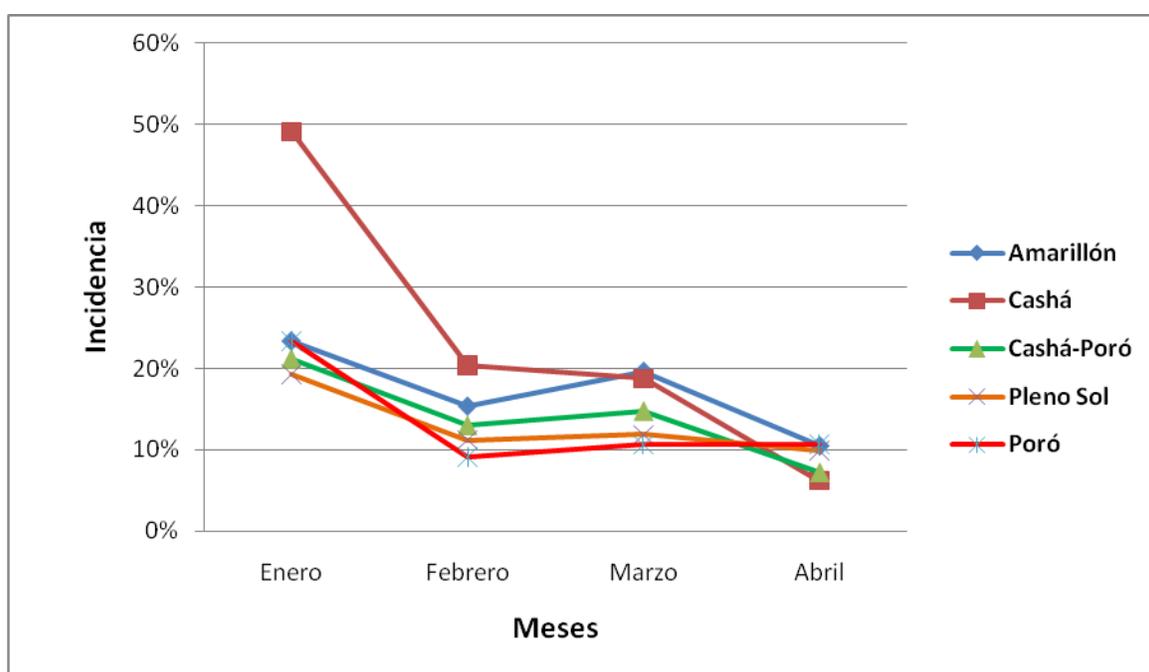


Figura 17. Incidencia de mancha de hierro en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

La mayor incidencia de mancha de hierro se da en Cashá en el mes de enero con un 49%, dicho porcentaje es sumamente alto lo que indica que la enfermedad estuvo ampliamente propagada en ese tipo de sombra.

Las otras cuatro sombras obtuvieron valores entre el 5% y el 22% a lo largo de los cuatro meses, y en abril se dieron los índices más bajos de incidencia (no más de 10%).

Según los resultados obtenidos del ANOVA, existen diferencias significativas ($F=4,47$ $p=0,0013$) entre amarillón y cashá, entre ellas, y en relación con las otras sombras, por lo que se comporta de la misma manera que la roya en el apartado anterior.

Salgado (2007), señala que la presencia de mancha de hierro se relaciona con los manejos a pleno sol, es decir con excesos de temperatura, también destaca que puede ser producido por un déficit nutricional e hídrico.

De la misma manera Santos (2002), indica que en estudios realizados sobre parcelas de riego e incidencia de mancha de hierro, mostró que en los sitios donde hubo problemas de irrigación, hubo mayores índices de enfermedad.

En la siguiente figura se presenta la incidencia de ojo de gallo en cuatro meses, para cinco tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales:

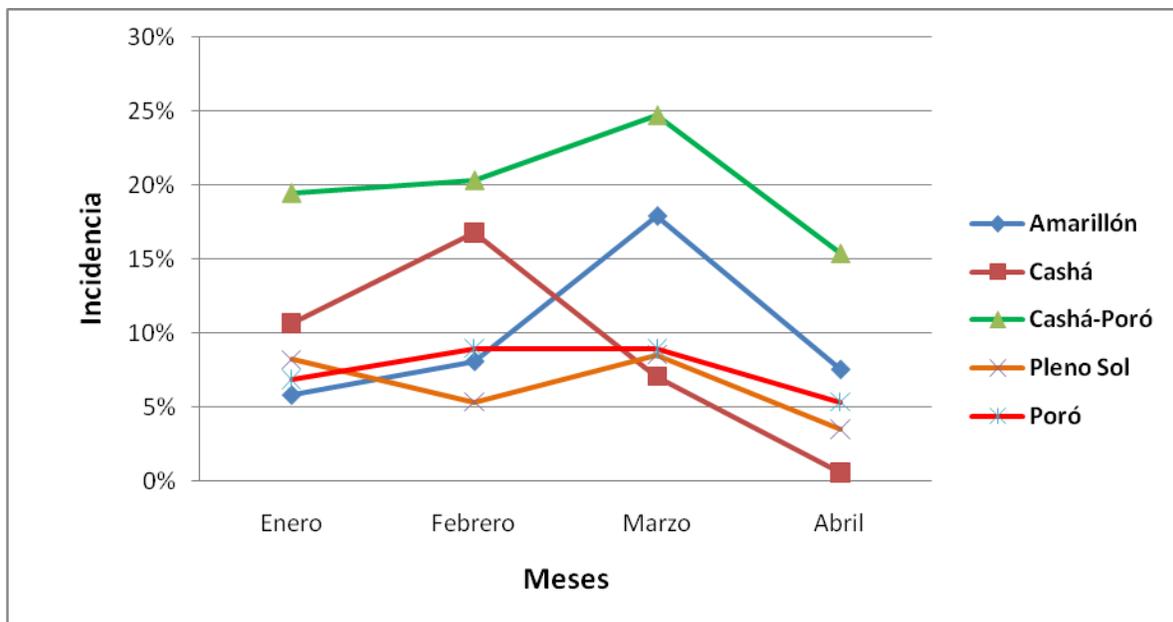


Figura 18. Incidencia de ojo de gallo en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Los porcentajes de incidencia más altos de ojo de gallo se dan cashá-poró, seguido de amarillón, por otra parte cashá tiene un comportamiento regular ya que en los primeros dos meses presentó valores relativamente altos y en el último mes reportó cifras cercanas al 0%, es decir sin incidencia, por último poró y pleno sol tienen comportamientos similares entre ellos.

En el caso de ojo de gallo en relación con los tipos de sombra se obtuvieron diferencias significativas ($F= 87,20$ $p<0,0001$) con cashá-poró y pleno sol, tanto entre ellas y con respecto a las otras sombras.

Samayoa *et al* (2000), mencionan que en un estudio realizado en Paraíso, un cafetal orgánico tuvo mayores incidencias de esta enfermedad debido a la presencia de mayor sombra.

De igual manera Avelino *et al* (2004) señalan que los árboles de sombra interceptan la radiación, reducen el viento que corre bajo el dosel y pueden aumentar la humedad de las hojas, haciéndolas más susceptibles al ojo de gallo.

También Mora (1997), cita que la enfermedad manifiesta sus mayores daños en los meses de mayor precipitación.

A continuación en la siguiente figura, se presenta la incidencia de antracnosis en cinco tipos de sombra en el transcurso de cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales:

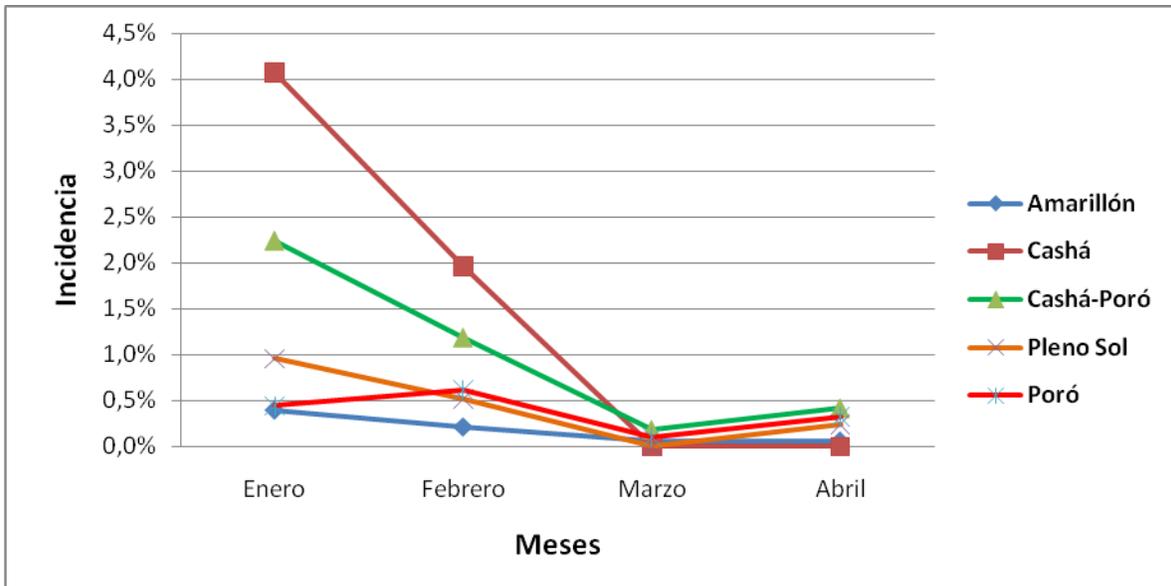


Figura 19. Incidencia de antracnosis en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Los resultados sugieren que la sombra que favorece más el desarrollo de esta enfermedad es cashá, que aunque tuvo un comportamiento regular en el transcurso de los meses presentó valores entre el 0% y el 4%, seguido de cashá-poró que obtuvo cifras de hasta 2,25%.

Por último las sombras: Amarillón, Poró y Pleno Sol tuvieron valores similares que no sobrepasaron el 1% de incidencia.

Según los resultados del ANOVA, para el caso de antracnosis existe diferencia significativa ($F= 13,66$ $p= 0,0001$) entre amarillón, cashá y cashá-poró, y de acuerdo a los mismos análisis, amarillón y poró se comportan de forma similar, por otra parte poró, cashá y pleno sol, mantienen un comportamiento parecido entre ellos; y por último pleno sol y cashá-poró muestran un patrón relacionado.

Al tener el Cashá más porcentaje de sombra (Ver anexo 3), propicia la aparición y propagación de esta enfermedad, según indica Zambolim et al (2003) la enfermedad se puede ver agravada por estrés hídrico o nutricional, debido a un exceso de humedad en los tejidos que lo puede provocar vientos fríos, lluvias fuertes o excesiva sombra.

Cabe destacar que esta enfermedad no tiene mayores efectos en el ensayo, pues su incidencia es sumamente baja en todos los tipos de sombra.

En la siguiente figura se presenta la incidencia de minador para cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales:

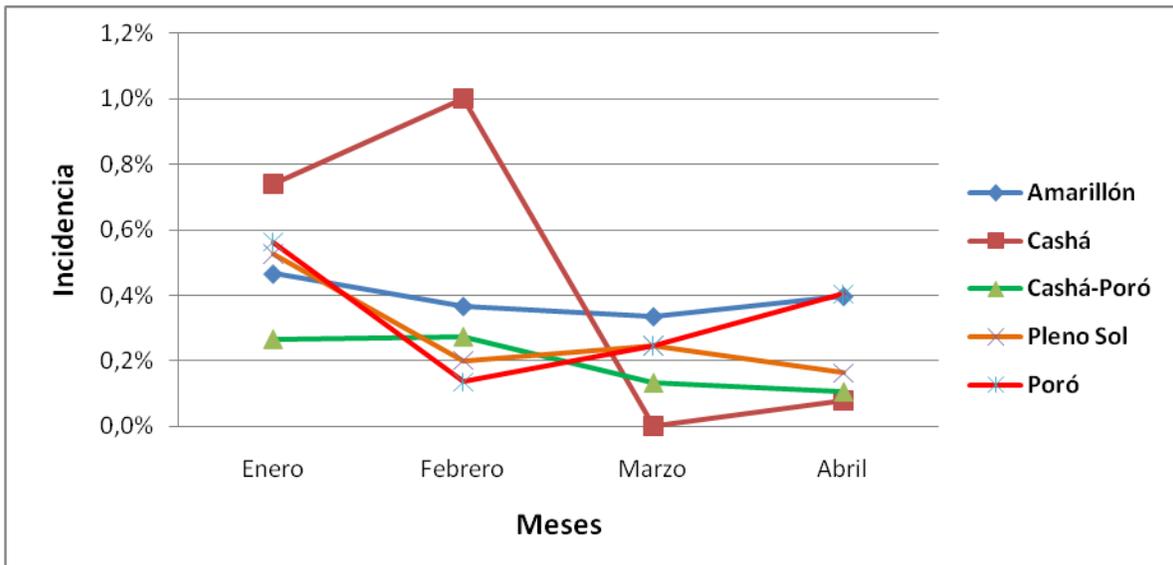


Figura 20. Incidencia de minador en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

De acuerdo a lo indicado en la figura 20, la incidencia de minador fue más alta en cashá, aunque también tuvo un comportamiento distinto en relación con las otras sombras.

En cuanto a las demás sombras, todas muestran una tendencia similar a lo largo de los meses siendo Amarillón la de más incidencia y Cashá-Poró la de menores valores.

Según el análisis estadístico realizado, para esta plaga no se encontraron diferencias significativas ($F=2,54$ $p=0,0382$), entre ninguno de los tipos de sombra,

lo que sugiere un comportamiento indiferente por parte del patógeno ante cualquier sombra que se establezca.

Lima *et al* (2003), señala que el ciclo de vida de minador puede tener una variación de 19 a 87 días, no obstante depende de las condiciones climáticas, como temperatura, humedad relativa y precipitación.

Al igual que la antracnosis, esta enfermedad no representa un problema en el ensayo ya que sus porcentajes de incidencia son sumamente bajos.

A continuación en la siguiente figura se presenta el porcentaje de nudos productivos para café, en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales:

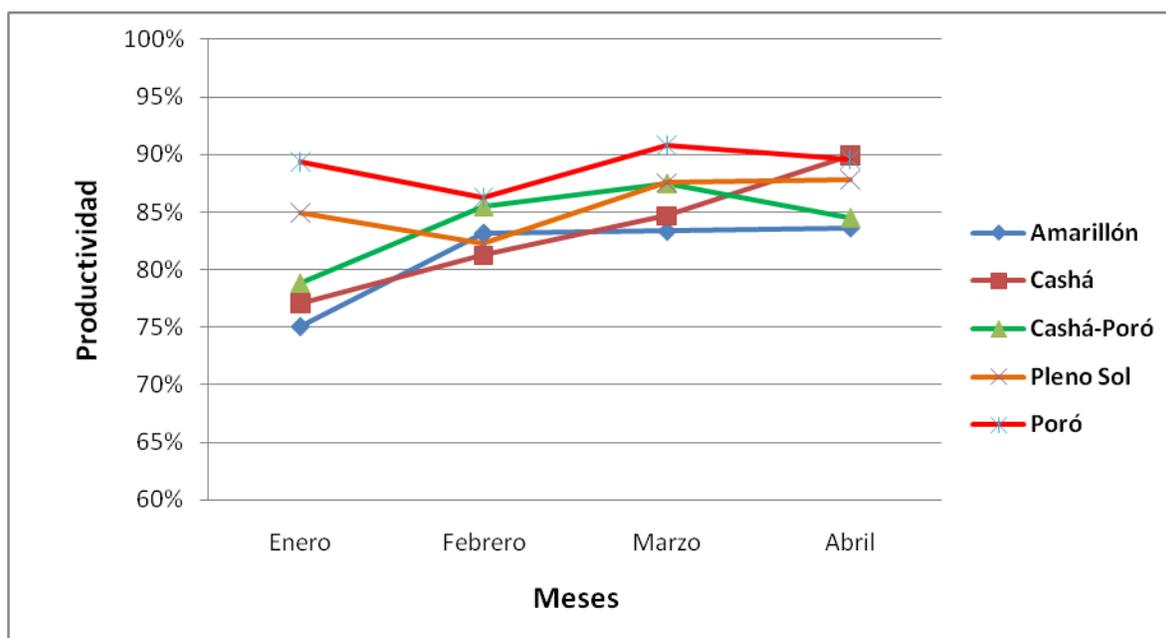


Figura 21. Porcentaje de nudos productivos en cinco tipos de sombra durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

La sombra que propicia un mayor porcentaje de nudos productivos es Poró con valores alrededor del 90%, la que obtuvo el porcentaje más bajo fue Amarillón en el mes de enero con 75% de productividad.

El resto de las sombras obtuvieron valores entre 75% y 86%, lo que indica valores altos de productividad.

Todas las sombras mostraron un comportamiento similar en los meses de evaluación para esta variable, con una tendencia a crecer entre febrero y marzo y decaer en abril.

En los resultados del ANOVA para nudos productivos se encontró diferencia significativa ($F= 16,39$ $p=0,0001$) entre el poró y el resto de las sombras, no así entre ellas, lo que sugiere al poró como una especie importante para propiciar el crecimiento de nudos en las bandolas de café

El poró es una especie que fija nitrógeno y es un importante componente de servicio en sistemas agroforestales, Montenegro *et al* (1997) mencionan que a niveles altos de fertilidad del suelo especies como *Cordia alliodora* y *Eucalyptus deglupta* no tienen un efecto negativo sobre el crecimiento del café.

En el caso de poró, esta especie se encarga de aportar materia orgánica con las podas y fijación de nitrógeno al suelo, de ahí que posea los valores más altos de productividad.

4.1.8 Comportamiento de las enfermedades en los meses de evaluación, respecto a los manejos culturales.

A continuación en la figura 22 se presenta el porcentaje de roya a lo largo de cuatro meses en dos manejos culturales en el ensayo:

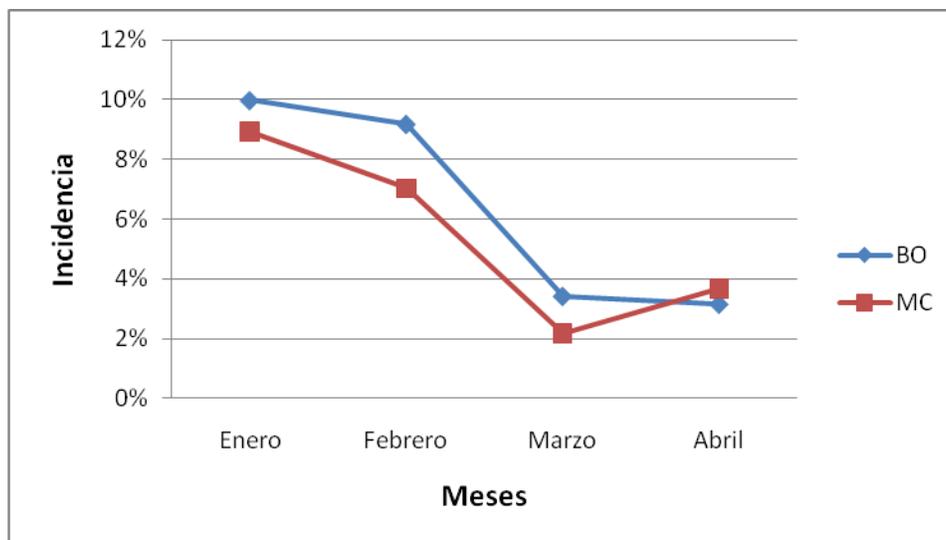


Figura 22. Porcentaje de roya en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Según el cuadro 22, la incidencia de roya por tipo de manejo cultural, muestra una tendencia decreciente a lo largo de los meses, siendo el manejo medio convencional (MC) el que muestra los porcentajes más bajos.

En el mes de abril los dos manejos alcanzaron porcentajes iguales y la tendencia es de un crecimiento de la enfermedad a partir del mes de abril.

No obstante no existe diferencia entre los manejos culturales ($F= 2,68$ $p=0,1018$), de manera que para esta enfermedad los dos manejos son igualmente adecuados para su combate.

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de la mancha de hierro en dos manejos culturales durante 4 meses:

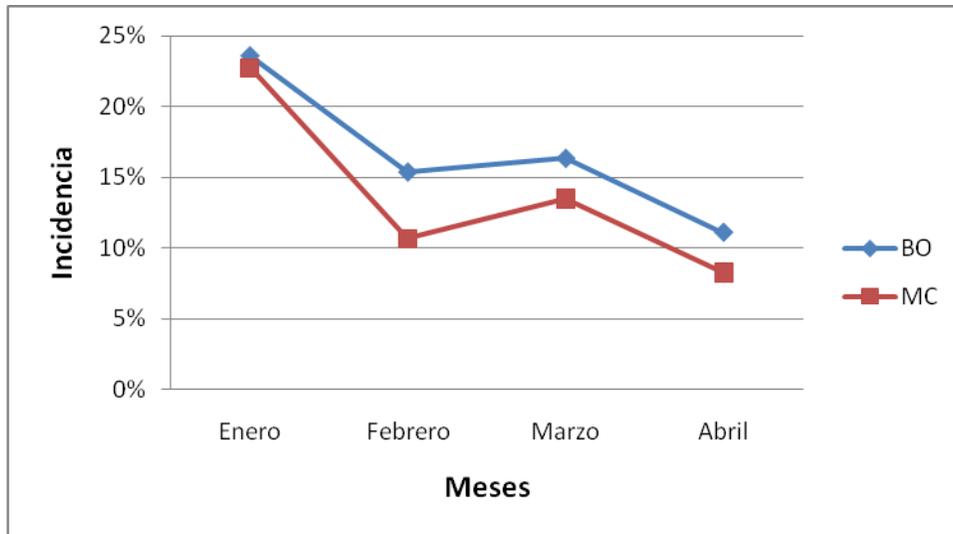


Figura 23. Porcentaje de mancha de hierro en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Según lo indicado en la figura anterior los dos manejos tuvieron porcentajes altos respecto al nivel crítico en mancha de hierro a lo largo de los cuatro meses, con un leve decrecimiento en el último mes, además los dos muestran una tendencia similar en el transcurso del tiempo.

Se encontraron diferencias significativas en los manejos culturales ($F= 30$ $p<0,0001$), donde se evidenció que el manejo MC es mejor para el combate de esta enfermedad en comparación con el bajo orgánico (BO), no obstante como se mencionó anteriormente se superaron los valores permitidos de la enfermedad en ambos. A continuación en la siguiente figura se muestra la incidencia de ojo de gallo en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales:

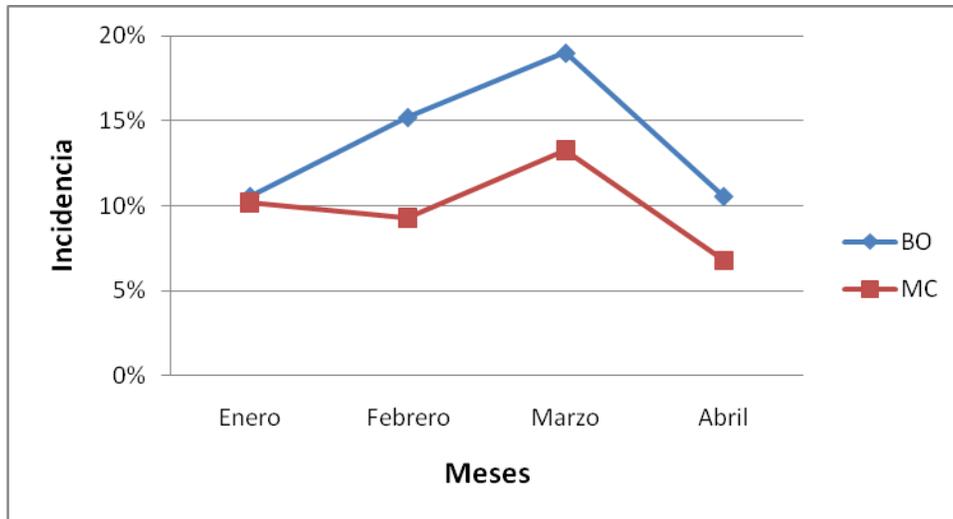


Figura 24. Porcentaje de ojo de gallo en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Según lo indicado en la figura anterior, ambos manejos muestran incidencias altas en enero, febrero y marzo, superando el valor crítico permitido para la enfermedad (ver anexo 4).

Cabe destacar que se encontraron diferencias significativas entre ambos manejos ($F= 0,05$ $p= 0,8246$), donde se demuestra que el mejor manejo es MC, ya que se obtuvieron las menores incidencias de la enfermedad.

También es importante destacar que en los dos manejos la tendencia es a decrecer en el mes de abril, lo que podría indicar que a partir de este mes la enfermedad empieza a bajar sus niveles hasta llegar a valores que no representen un problema desde el punto de vista fitosanitario.

En la siguiente figura se presenta la incidencia de antracnosis para dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas:

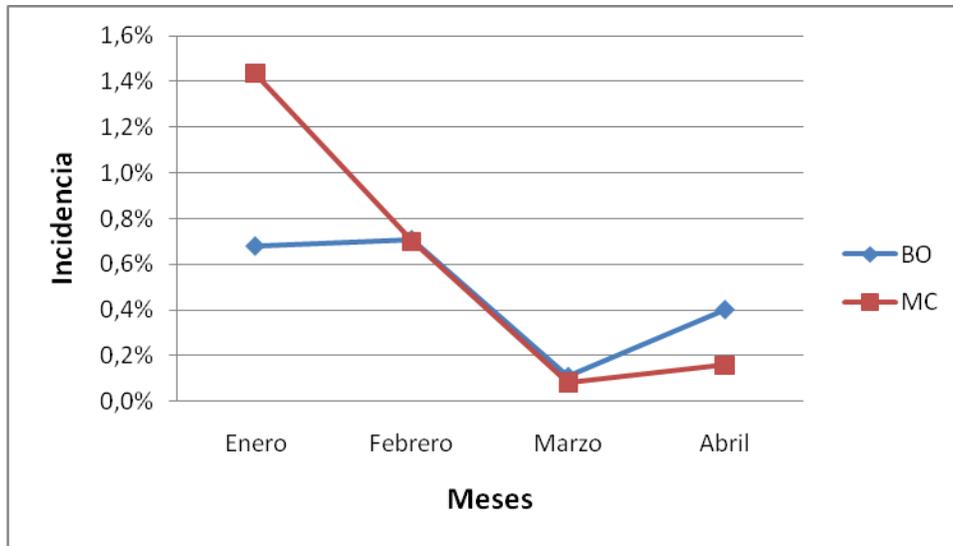


Figura 25. Porcentaje de antracnosis en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Según lo indicado en la figura 25, la incidencia de antracnosis sigue un comportamiento análogo en los dos manejos culturales pues empieza con valores mayores en enero y febrero decrece en marzo y vuelve a aumentar en abril.

No se reportan valores altos por encima del nivel crítico en relación a esta enfermedad, por lo que se considera que no es un problema fitosanitario importante para el ensayo.

No se encontraron diferencias significativas para esta enfermedad entre los dos manejos agronómicos, por lo que es igual utilizar uno u otro, si lo que se quiere es evitar incidencias altas de este mal.

A continuación en la figura 26 se presenta la incidencia de minador durante cuatro meses en tres manejos culturales en el ensayo de sistemas:

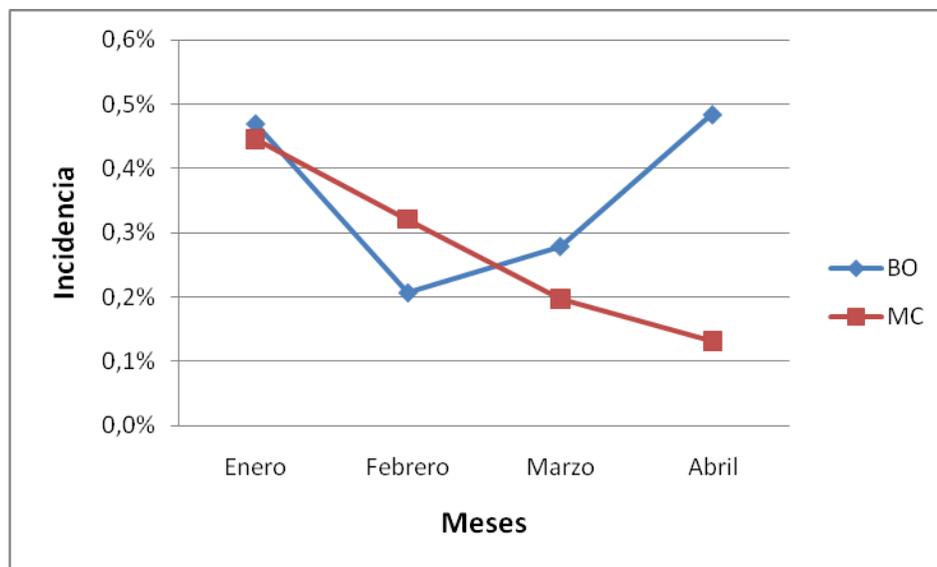


Figura 26. Porcentaje de minador en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Según lo indicado en la figura anterior la incidencia de minador tiene un comportamiento irregular relacionando ambos manejos culturales, ya que en medio convencional (MC), hay decrecimiento desde enero hasta abril, sin embargo en bajo orgánico (BO) se reduce desde enero hasta febrero pero aumenta en marzo y abril.

Los porcentajes de incidencia no superan los valores críticos de enfermedad (ver anexo 4), por lo que se considera que la enfermedad no es un problema para el estado fitosanitario de las plantas de café y del ensayo en general.

De la misma manera no se encontraron diferencias significativas entre los manejos ($F= 1,36$ $p= 0,2441$), por lo que se confirma que es indiferente utilizar cualquiera de los manejos con el objetivo de manejar esta plaga en el ensayo.

A continuación se presenta en la siguiente figura el porcentaje de nudos productivos para dos manejos culturales durante 4 meses en el ensayo de sistemas:

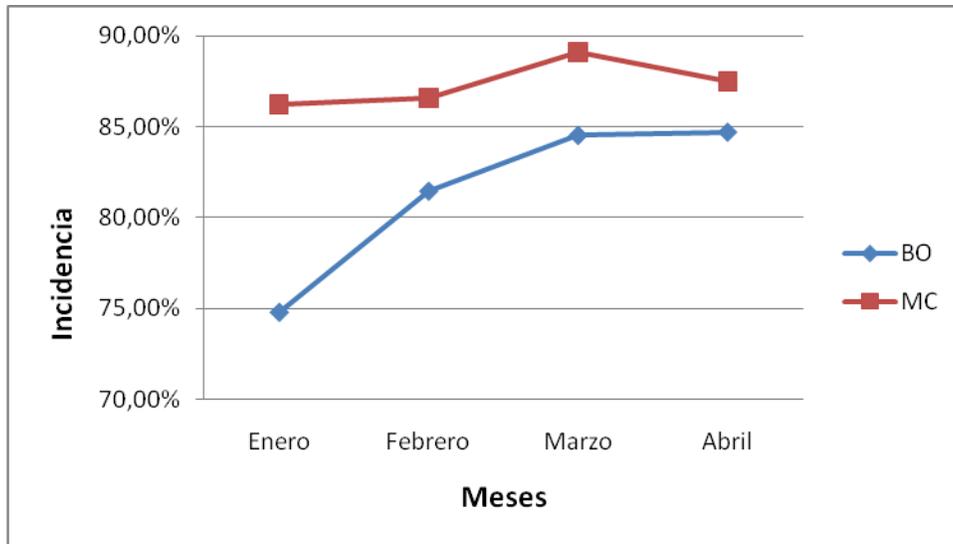


Figura 27. Porcentaje de nudos productivos en dos manejos culturales durante cuatro meses en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

De acuerdo a lo indicado en la figura 27, el manejo que propicia la mayor cantidad de nudos productivos es el medio convencional (MC) con valores mayores y similares entre sí durante los cuatro meses de evaluación, no obstante el manejo bajo orgánico (BO) tiene rendimientos bastante buenos aunque más bajos en comparación con MC.

Cabe destacar que la tendencia del manejo BO fue creciente desde enero abril con dos repuntes importantes entre enero-febrero y marzo-abril, por su parte el repunte más importante del manejo medio convencional fue un marzo con casi 90% de productividad en nudos.

Es importante indicar que si se encontraron diferencias significativas en la producción de ambos manejos ($F= 84,87$ $p<0,0001$), siendo el MC el que obtuvo los mejores rendimientos desde el punto de vista estadístico.

4.2 Correlación entre porcentaje de sombra y enfermedades

En el siguiente cuadro se muestra el análisis de correlación de Pearson entre el porcentaje de sombra medido y las enfermedades presentes en el ensayo de sistemas agroforestales:

Cuadro 9. Coeficientes de de correlación de Pearson entre el porcentaje de sombra, enfermedades y nudos productivos presentes en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

	Sombra	N. productivos	Roya	Mancha de hierro	Antracnosis	Minador	Ojo de gallo
Sombra	1	4,70E-03	0,09	0,21	0,65	4,60E-03	0,04
Nudos productivos	-0,26	1	6,30E-05	0,03	0,21	0,94	0,29
Roya	0,16	-0,36	1	0,03	0,35	0,66	5,60E-05
Mancha de hierro	-0,12	-0,2	0,21	1	2,50E-04	0,03	0,18
Antracnosis	0,04	-0,12	0,09	0,34	1	0,53	0,02
Minador	-0,26	0,01	0,04	0,21	-0,06	1	0,01
Ojo de gallo	0,2	0,1	-0,37	0,13	0,21	-0,25	1

Nota: Los valores p para el nivel de significancia se encuentran arriba de la diagonal de 1.

Los resultados obtenidos sugieren que no existe asociación significativa (directa o inversa) entre el porcentaje de sombra medido y la incidencia de enfermedades o la presencia de nudos productivos.

Por ejemplo Staver *et al* (2001), menciona que para el período 1992-1998, en Managua, Nicaragua la precipitación anual varió tres veces, lo que alteró considerablemente las condiciones de la plantación.

El mismo autor señala que la sombra de los árboles tiene efecto sobre el microclima del café y que reduce la luz disponible hasta en un 60% y por lo tanto lo hace susceptible a las plagas y enfermedades.

4.3 Productividad de árboles

A continuación se presenta en el cuadro 10 los resultados de las variables dasométricas y calidad de trozas evaluadas en el ensayo:

Cuadro 10. Variables dasométricas y calidad de trozas en tres tipos de sombra (dos especies arbóreas comerciales) en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Variable/Especie	Cashá	Cashá/Poró	Amarillón
Cant. Trozas 1	36	46	33
Cant. Trozas 2	54	61	46
Cant. Trozas 3	29	45	48
Cant. Trozas 4	0	9	23
X Volumen (m³)	9,986	3,458	1,870
X H. comercial (m)	7,158	9,333	8,227
X Área Basal (m²)	1,987	0,537	0,292

Según lo indicado en el cuadro 9, la especie y asocio que presentó mayor área basal/ha fue Cashá-Poró con 1,987 m², seguido de Cashá con 0,537 m² y por último Amarillón con 0,292 m².

Merlo (2007), reporta que para ese año en este mismo ensayo, el área basal/ha para Cashá (en los manejos MO y MC) tuvieron un área basal de 7,95 m²/ha y 7,89 m²/ha, lo que podría afectar el volumen reportado en este año, son los raleos efectuados al ensayo en los últimos 3 años.

Piotto (2005) citado por Merlo (2007), indica que en pastizales abiertos del atlántico se reporta para Amarillón de 6 años un área basal de 14,46 m²/ha, contrastando de manera negativa con el del ensayo de sistemas agroforestales

que reporta 0,292 m²/ha, no obstante se debe aclarar que la medición de los árboles solo se dio en los manejos BO y MC del ensayo.

Merlo (2007) también indica que para Cashá plantado bajo bosques secundarios en el Atlántico de Costa Rica el área basal fue de 2,05 m²/ha a una edad de 4 años en comparación con 1,987 m²/ha correspondientes al ensayo.

En cuanto al volumen de cada especie Piotto (2005) señala que en pasturas abiertas a la edad de 6 años el volumen para Amarillón fue de 85,17 m³/ha, sin embargo se debe aclarar que esta especie tiene un mejor desarrollo en ecosistemas de este tipo, ya que en el ensayo se reportó un volumen de 1,870 m³/ha.

Por otro lado el mismo autor reporta que para Cashá en las mismas condiciones anteriormente citadas, se obtuvo un volumen de 59,81 m³ y para una edad de 7 años un volumen de 113,41 m³/ha, no obstante los valores de volumen para esta especie en asocio con Poró, así como sola reporta valores de 3,458 m³/ha y 9,986 m³/ha respectivamente.

En cuanto a la altura total según el cuadro 9, Cashá en asocio con Poró presentó una altura promedio de 9,333 m, seguido de Amarillón con 8,227 m y por último Cashá solo 7,158 m promedio.

Merlo (2007) indica que la altura promedio para Amarillón en el ensayo de sistemas agroforestales fue entre 8,26 m y 10,10 m la cual es similar a la reportada anteriormente, en el caso de Cashá el mismo autor reporta un promedio entre 8,48 m y 9,42 m donde también se comportan de manera similar a las obtenidas con anterioridad.

En el caso de las calidades de trozas, el amarillón fue la especie que obtuvo mejores resultados,. Lo que indica que esta especie desarrolla buena forma no sólo en condiciones de plantación, sino también en sistemas agroforestales.

El cashá mostró características inferiores en cuanto a calidad de trozas, aunque cabe destacar que en el asocio con Poró tuvo mejores resultados, no obstante es necesario determinar cuáles son las mejores condiciones de suelo como textura o profundidad y de disponibilidad de nutrientes para que esta especie tenga rendimientos altos en productividad y calidad.

4.4 Productividad del café

En el cuadro 11 se presentan los promedios de 6 años para productividad de café en el ensayo de sistemas agroforestales:

Cuadro 11. Promedio de productividad para 35 socios árbol-café-manejo agronómico en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Tratamiento	Productividad (Fanegas/ha)
Amarillón-Caturra-BO	(13,2 ± 14,3) [a]
Pleno Sol-F1-MC	(32,4 ± 27,7) [ab]
Amarillón-F1-MC	(19,9 ± 13,2) [abc]
Cashá-Poró-F1-MC	(23,4 ± 26,9) [abcd]
Cashá-Poró-Caturra-BO	(23,9 ± 13,7) [abcd]
Poró-Caturra-BO	(30,2 ± 11,3) [abcd]
Amarillón-Cashá-Caturra-MO	(24,1 ± 15,6) [abcd]
Poró-Caturra-MC	(20,0 ± 14,0) [abcd]
Amarillón-Poró-Caturra-MO	(23,1 ± 12,9) [abcd]
Amarillón-Cashá-Caturra-MC	(20,2 ± 16,99) [abcd]
Cashá-Poró-Caturra-MC	(18,4 ± 15,1) [abcd]
Cashá-F1-MC	(26,8 ± 23,0) [abcd]
Poró-F1-MC	(29,8 ± 29,7) [abcd]
Cashá-Caturra-MC	(21,7 ± 19,0) [abcd]
Cashá-Poró-F1-BO	(35,3 ± 23,9) [abcd]
Poró-F1-BO	(48,4 ± 36,3) [abcd]
Amarillón-Caturra-MC	(20,8 ± 18,7) [abcd]
Poró-Caturra-MO	(28,6 ± 14,9) [abcd]
Cashá-Poró-Caturra-MO	(25,7 ± 12,7) [abcd]
Amarillón-CR95-BO	(32,1 ± 23,9) [abcd]
Pleno Sol-Caturra-MC	(31,2 ± 22,9) [abcd]
Amarillón-Poró-Caturra-MC	(24,9 ± 17,1) [abcd]
Amarillón-Caturra-AC	(29,0 ± 20,5) [abcd]
Poró-CR95-MC	(33,3 ± 23,7) [abcd]
Poró-CR95-BO	(42,5 ± 24,3) [bcd]
Cashá-Caturra-MO	(29,4 ± 9,7) [bcd]
Cashá-Poró-Caturra-AC	(31,3 ± 17,4) [bcd]

Cashá-Poró-CR95-BO	(44,8 ± 29,8) [cd]
Poró-Caturra-AC	(35,2 ± 18,3) [cd]
Pleno Sol-CR95-MC	(39,4 ± 19,6) [cd]
Cashá-Poró-CR95-MC	(38,4 ± 27,6) [cd]
Amarillón-CR95-MC	(37,0 ± 22,7) [cd]
Pleno Sol-Caturra-AC	(38,3 ± 25,4) [cd]
Amarillón-Caturra-MO	(34,5 ± 19,8) [cd]
Amarillón-F1-BO	(38,5 ± 25,7) [d]

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas.

De acuerdo a lo indicado en el cuadro 10, el tratamiento que muestra los resultados más bajos de productividad son: Amarillón-Caturra-BO (13,2 fanegas/ha), Cashá-Poró-Caturra-MC (18,4 fanegas/ha) y Amarillón-F1-MC (19,9 fanegas/ha).

Campos *et al* (2000), señala que para un estudio realizado en Turrialba para café orgánico se reportaron 15,7 fanegas/ha, para la producción 99/2000, y para uno convencional 33,3 fanegas/ha.

Es importante señalar que la variedad Caturra tuvo problemas de productividad importantes en el asocio con Amarillón y el manejo de suelo BO, ya que se evidenció la competencia del componente arbóreo sobre los cafetos, no obstante las variedades CR95 y el híbrido F1 no presentaron dicho comportamiento lo que sugiere una buena adaptación de disponibilidad de nutrientes y una alta resistencia a las condiciones ambientales a las que se ven expuestas.

Por otra parte, los tratamientos que reportaron los porcentajes más altos fueron: Poró-F1-BO (48,4 fanegas/ha), Cashá-Poró-CR95-BO (44,8 fanegas/ha) y Poró-CR95-BO (42,5 fanegas/ha).

Es importante mencionar que aunque los valores de los tratamientos antes mencionados fueron los que reportaron niveles de productividad más altos, otros tratamientos como Amarillón-CR95-MC y Amarillón-Caturra-MO mostraron valores más altos en comparación con los promedios nacionales, por lo que se consideran buenos en cuantos a rendimiento de granos, de forma general el ensayo mostró un rendimiento bastante aceptable y únicamente algunos reportados en la tabla

anterior están debajo de las 25 fanegas/ha que representa el valor promedio nacional.

Muschler (2000) afirma que en un estudio realizado en Turrialba, el promedio de 8 cosechas de parcelas que no fueron fertilizadas pero que tenían sombra y biomasa de Poró, superó la producción de parcelas al sol en un 65%.

En el caso del ensayo evaluado, se evidenció el servicio que brinda el Poró, solo en asocio, como sombra y fuente de nutrientes (fijador de nitrógeno y biomasa), ya que los mejores rendimientos de productividad se obtuvieron con esta especie para casi todas las variedades de café

A continuación en la siguiente figura se presenta la productividad promedio a lo largo de 6 años en el ensayo de sistemas agroforestales para todos los tratamientos juntos:

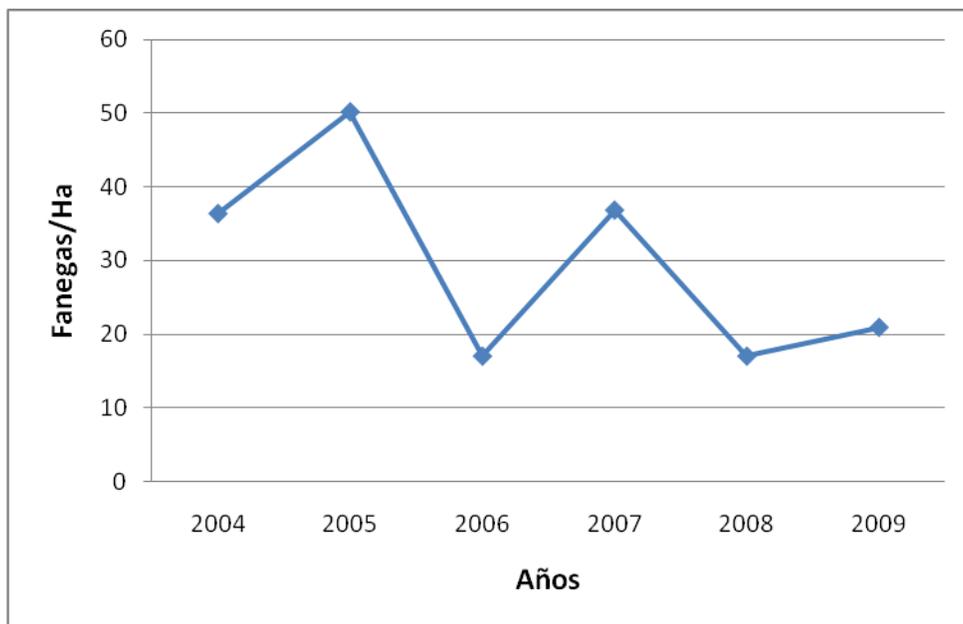


Figura 28. Productividad (2004-2009) en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

De acuerdo a lo indicado en la figura 22, el año de mejor rendimiento en el ensayo fue el 2005 con aproximadamente 50 fanegas/ha, seguidos de 2004 y 2007 con 37

fanegas/ha, los años que tuvieron la producción más baja fueron 2006 y 2008 con 17 fanegas/ha y el 2009 alcanzó una producción de 20 fanegas/ha.

Virginio (2009), indica que cafetales diversificados, con maderables de alto valor comercial y con manejos moderados de agroquímicos, produjeron entre 22 y 31 fanegas/ha y que cafetales con esta misma característica, pero con manejos orgánicos intensivos, produjeron entre 21 y 32 fanegas/ha.

Con ello se demuestra que la productividad del ensayo se ha mantenido constante con el tiempo, a excepción de los años 2006 y 2008.

En la siguiente figura se presenta la productividad promedio del ensayo en siete tipos de sombra durante seis años:

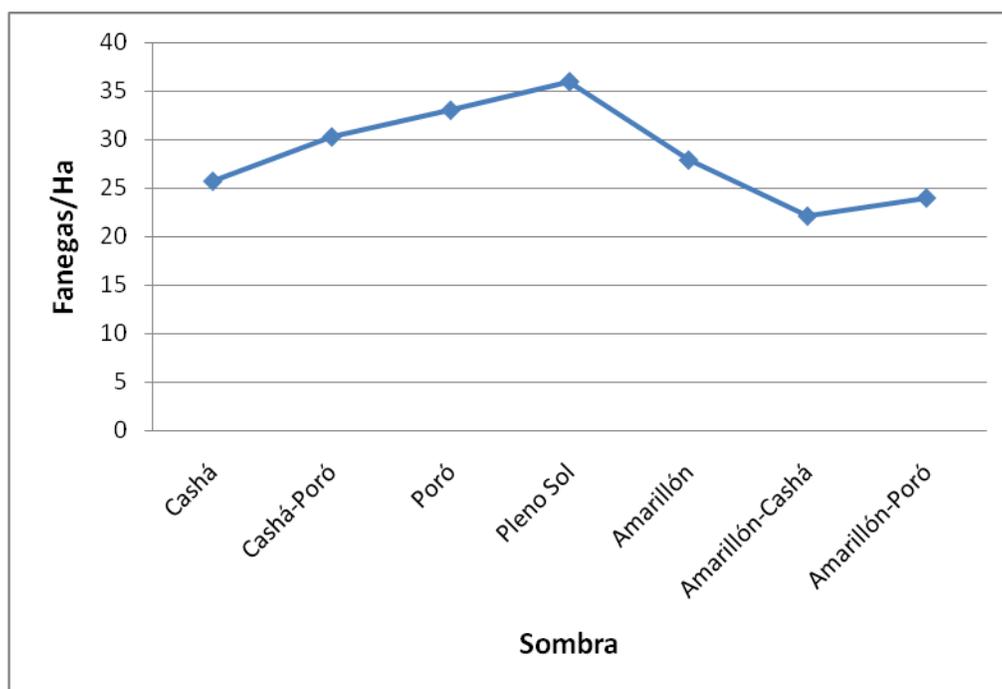


Figura 29. Productividad (2004-2009) en siete tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

De acuerdo a la figura 29, el manejo con plena exposición solar fue el que propició la mayor producción promedio en el ensayo, es decir el testigo Pleno Sol con un promedio de 35 fanegas/ha, seguido de Poró con 32 fanegas/ha, Cashá + Poró

con 30 fanegas/ha, mientras que el tipo de sombra que reporta el valor más bajo de producción es Amarillón-Cashá con 22 fanegas/ha.

ICAFFE (2006), menciona que en estudios hechos en Barva de Heredia, se demostró que el café bajo sombra de Poró obtuvo un rendimiento mayor (44,3 fanegas/ha), respecto al café que se encontraba a Pleno Sol (20,3 fanegas/ha).

Lo anterior demuestra que el café en asocio con árboles de servicio y en particular fijadores de nitrógeno tiene mayores beneficios ambientales y económicos, ya que no sólo permite producciones más altas, sino también una mayor sostenibilidad del cultivo a lo largo del tiempo.

En la siguiente figura se muestra la producción promedio de tres tipos de café durante seis años en el ensayo de sistemas agroforestales:

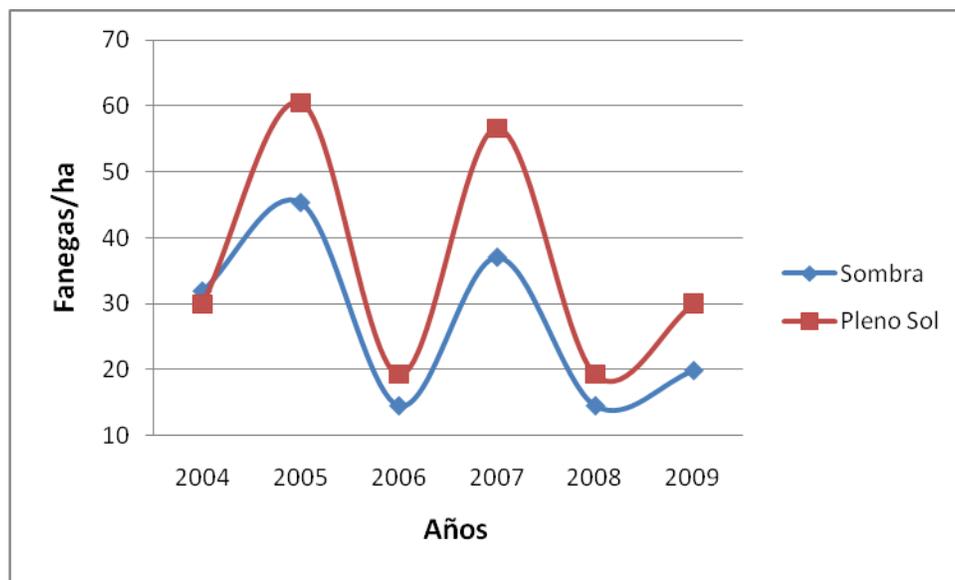


Figura 30. Productividad (2004-2009) para pleno sol y el promedio de tipos de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

De acuerdo a lo indicado en la figura 30 el promedio de los tipos de sombra durante 6 años, indica que el testigo pleno sol es superior en la productividad en relación con el promedio de las otras seis sombras (poró, cashá-poró, amarillón, amarillón-cashá y amarillón-poró).

Sin embargo es importante mencionar que aunque el promedio de las sombras es más bajo en cinco de los seis años también tiene valores altos en relación a promedios nacionales (25 a 32 fanegas/ha) esto aunado a los beneficios que brinda la sombra desde el punto de vista de sostenibilidad, equilibrio ecológico y bienes económicos (madera).

De la misma forma es relevante mencionar que aunque pleno sol maximiza los rendimientos de las plantas en los primeros años de producción, también provoca un desgaste fisiológico en las mismas debido a las altas radiaciones a las que se ven expuestas. El café en pleno sol es más exigente en insumos externos.

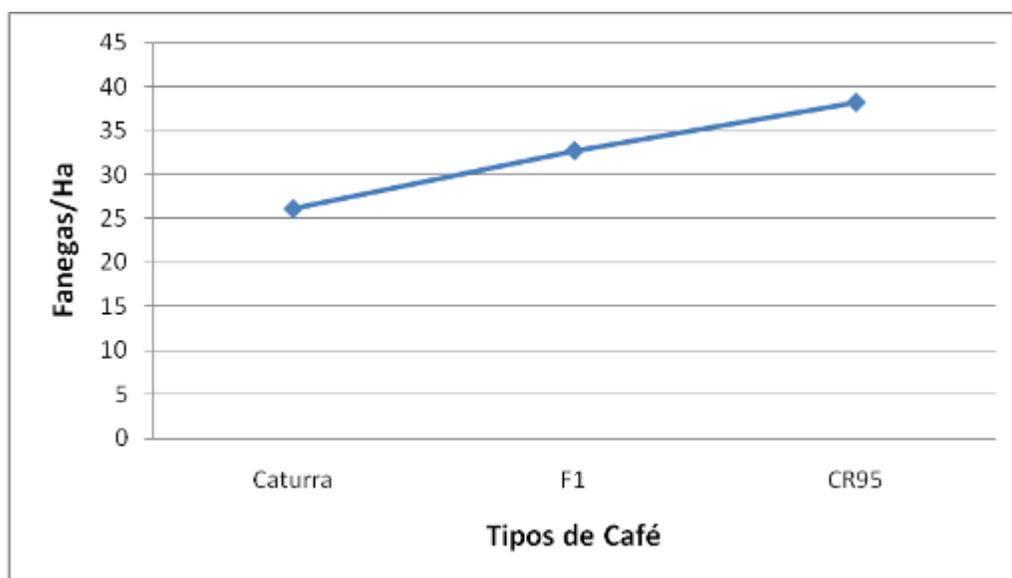


Figura 31. Productividad (2004-2009) para tres tipos de café en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

De acuerdo a lo indicado en la figura 31 el café que muestra la productividad promedio más alta es CR95 con 38 fanegas/ha, seguido del híbrido F1 con 32 fanegas/ha y por último la variedad Caturra con 26 fanegas/ha.

Cisneros *et al* (2000), indican que en estudios hechos sobre diferentes variedades de café en distintas zonas del país, se demostró que las variedades CR95 y un Híbrido Catimor (63 y 60 fanegas/ha respectivamente) resultaron ser más

productivos en comparación con las variedades Caturra y Catuaí (ambas 52 fanegas/ha).

El mismo autor menciona que las variedades CR95 y Catimor superaron en resistencia a enfermedades a Caturra y Catuaí, lo que constituye una excelente ventaja fitosanitaria en dichos cultivares.

A continuación en la siguiente figura se presenta la productividad promedio en fanegas/ha para cuatro manejos de suelo durante seis años en el ensayo de sistemas agroforestales:

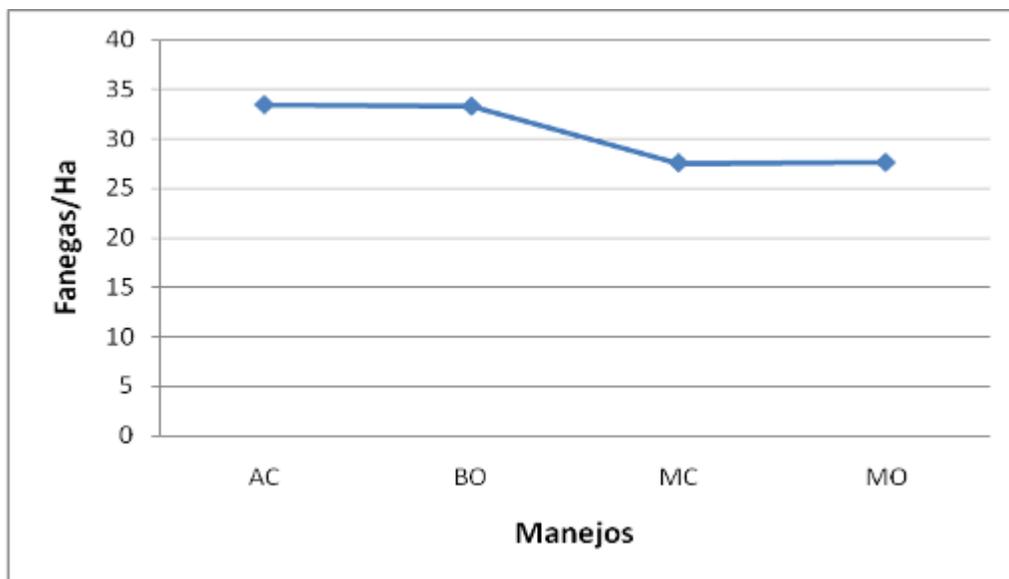


Figura 32. Productividad para cuatro tipos de manejo en el ensayo de sistemas agroforestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

De acuerdo a lo indicado en la figura 32 el manejo de suelo que tiene la mayor productividad es el Alto Convencional con 34 fanegas/ha al igual que el Bajo Orgánico, seguidos del Medio Convencional y Orgánico Intensivo (MO) con 27 fanegas/ha.

Ramírez (1997) señala que en estudios realizados en San Isidro de Heredia, con la variedad Caturra se demostró que los mejores resultados se obtuvieron con la aplicación de niveles superiores de fertilización, no obstante cuando se sobrepasa cierto límite de fertilización la producción comienza a descender.

En el ensayo de sistemas agroforestales, todos los manejos de suelo mantuvieron una producción uniforme entre 27 y 34 fanegas/ha.

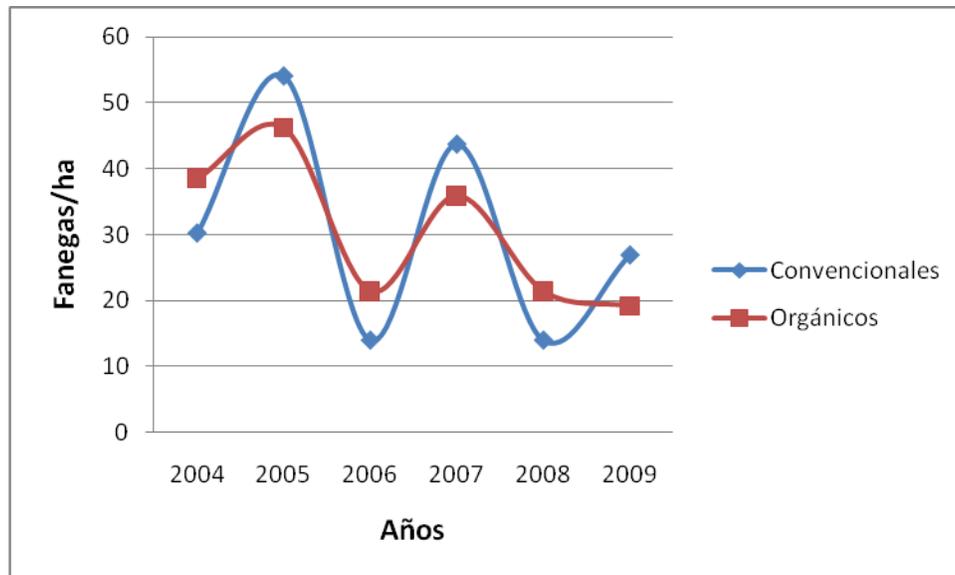


Figura 33. Productividad (2004-2009) para el promedio de los manejos convencionales y orgánicos en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica, 2010.

De acuerdo a lo indicado en la figura 33, los manejos de tipo convencional y orgánico tienen un comportamiento fluctuante en el tiempo y regular entre ellos, y durante el transcurso de los años se superan entre sí en productividad.

De esta manera se puede inferir que no es mejor uno u otro, no obstante desde la perspectiva ecológica y productiva los manejos orgánicos serían una opción rentable que permite competir en un mercado preocupado por el medio ambiente y la calidad del producto, además de ahorrar insumos y producir otros beneficios desde el punto de vista económico.

5. CONCLUSIONES

La roya no reportó valores superiores al nivel crítico en ninguno de los tipos de sombra, de manera contraria a mancha de hierro que superó este valor en todas las sombras estudiadas, por su parte ojo de gallo solo reportó valores significativos en el tipo de sombra cashá-poró; tanto antracnosis como mancha de hierro presentaron valores bajos y no significativos para todos los tipos de sombra estudiados, por último la variable nudos productivos reportó valores altos en todos los niveles del factor sombra sin embargo mostró diferencia significativa y valores más altos en poró.

Para el factor variedad de café, en lo que respecta a roya no se presentaron valores que superaran los niveles críticos de enfermedad, por otro lado mancha de hierro presentó en todas las variedades, valores superiores a los aceptables y sin diferencias significativas entre ellos, con relación a ojo de gallo únicamente las variedades CR95 y F1 tuvieron problemas con porcentajes altos de incidencia y obtuvieron diferencias significativas entre ellos; antracnosis y minador no mostraron valores superiores a los críticos y tampoco diferencia significativa entre ellos y en cuanto a nudos productivos todas las variedades mostraron rendimientos altos, sin embargo si se encontró diferencia significativa entre Caturra y las otras dos variedades.

En relación al manejo cultural la roya no superó los niveles de valores críticos ni mostró diferencias significativas, mancha de hierro superó en ambos manejos los niveles críticos de enfermedad y presentó diferencias significativas siendo el BO el que mostró el porcentaje más alto, en cuanto a ojo de gallo sólo el manejo BO presentó valores superiores a los permitidos y mostró diferencias significativas, por otra parte antracnosis y minador no presentaron valores altos ni diferencias significativas entre sí, finalmente la variable nudos productivos reportó valores altos en ambos manejos, no obstante se obtuvieron diferencias significativas siendo el MC el más alto.

En cuanto a los tratamientos estudiados y su relación con las plagas y enfermedades; la roya no superó los valores críticos de enfermedad en ninguno de

los tratamientos siendo Cashá-Poró-CR95-BO el de incidencias más bajas, en contraparte la mancha de hierro tuvo incidencias mayores a las reportadas como críticas en todos los tratamientos estudiados, sin embargo la que reporta el menor porcentaje es Amarillón-F1-MC, por otro lado ojo de gallo reportó valores mayores a los aceptados en 10 de los 23 tratamientos y Caturra-Poró-MC fue el de las menores incidencias, tanto antracnosis como minador tienen valores muy bajos de incidencia aunque si reportaron diferencias significativas y las incidencias menores estuvieron respectivamente en Amarillón-Caturra-BO y Cashá-Poró-CR95-MC, por último la variable nudos productivos tuvo el menor valor y con diferencia significativa en Amarillón-Caturra-BO y el más alto fue Poró-F1-MC similar a varios tratamientos aunque este último si estableció diferencia significativa respecto a los demás.

No se encontró correlación entre las enfermedades y el porcentaje de sombra promedio para el corto periodo entre enero y abril del 2010.

En relación a la productividad arbórea la especie cashá fue la que obtuvo el mayor volumen/ha y mayor área basal/ha, por otra parte amarillón fue la que presentó el mayor valor de altura comercial promedio y la que obtuvo mayor cantidad de trozas calidad 1 fue cashá cuando estuvo asociada con poró.

Respecto a la productividad (fanegas/ha), los tratamientos que obtuvieron los menores rendimientos en promedio de seis años fueron: Amarillón-Caturra-BO y Amarillón-F1-MC, por otro lado los mayores rendimientos estuvieron en los tratamientos Poró-F1-BO, Cashá-Poró-CR95-BO y Poró-CR95-BO, de igual manera hubo tratamientos que obtuvieron rendimientos por arriba del promedio nacional como lo fue Amarillón-F1-BO y Amarillón-Caturra-MO.

De igual manera en cuanto a productividad (2004-2009), el año que presentó los mayores valores fue 2005, los tipos de sombra que reportaron los valores promedio más altos fueron pleno sol y poró, la variedad de café más productiva fue CR95 seguida del híbrido F1 y finalmente los manejos culturales con mayores rendimientos fueron AC y BO.

6. RECOMENDACIONES

- Utilizar el poró, solo y con otras especies forestales, en asocio con café ya que brinda gran cantidad de beneficios ecológicos y nutricionales.
- Si se utiliza amarillón como tipos de sombra y Caturra como variedad de café, manejar adecuadamente los requerimientos de suelo y nutrientes para que no compita con café.
- Investigar de manera más exhaustiva el comportamiento de mancha hierro para disminuir los valores de incidencia en todos los tratamientos del ensayo.
- Controlar de forma más efectiva el ojo de gallo en los sistemas con variedades CR95 y el híbrido F1 con el fin de que no se vuelva un problema a futuro.
- Manejar la sombra de acuerdo a las condiciones climáticas con el fin de no propiciar un ambiente favorable para plagas y enfermedades.
- Realizar un muestreo más específico para las plagas de menor incidencia.
- Evaluar la sombra durante todos los meses del año con el fin de determinar las diferencias de condiciones climáticas por cambio de épocas.
- Realizar investigaciones con otras especies maderables para determinar cuál produce mayores volúmenes comerciales.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar Vega, J. 1995. Variedad Costa Rica 95. Convenio ICAFE-MAG. 30 p.

Almeida, S. R. Doenças do cafeeiro. In: Rena, A. B.; Malavolta, E.; Rocha, M.; Yamada, T. Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 391-399

Antunes, J. 1976. Secao de Mierobologia Fitotecnica. Instituto Agronómico. BR. 18 p.

Arañó, L. 2002. Influencia de la producción del café en el desarrollo de la roya del cafeto (*Hemileia Vastatrix* Berk. Y Br.). Café Cacao. CU. 3 (3): 80 p.

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. no. 53: 541–547.

Becker-Raterink, S; Moraes, W; Quijano-Rico, M.1991. La Roya del Cafeto, Conocimiento y Control. Eschborn, DE, GTZ. 281 p.

Beer, J. Harvey, C. Ibrahim, M. Harmand, J.M. Somarriba, E. Jiménez, F. 2003. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. Agroforestería de las Américas. Vol 10. N° 37-38.

Bentley, J. Boa E. López J. 2006. Antracnosis o muerte descendente del café. En Línea, Disponible en: <http://www.funica.org.ni/docs/HV40-Antracnosis-cafe.pdf>
FECHA

Bertrand, B; Aguilar, G; Anthony F; Etienne, H; Santacreo, R. 1997. Comparación de híbridos F1 con variedades de itálica Coffea arabica. Simposio Latinoamericano de Caficultura. ICAFE. San José, CR. 245-251 p.

Caixeta, S; Prieto, H; Coutinho, M; Cecon, P; Dutra, M; Texeira, J. 2004. Nutrição e vigor de mudas de cafeeiro e infestação por bicho mineiro. Leaf-miner attack in relation to nutrition and vigor of coffee-tree seedlings. Ciência Rural, Santa Maria, v.34, n.5, p.1429-1435

Campbell, C. L.; Madden, L. V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. New York: J. Wiley. 532 p.

Campos, E; Ramírez, G; Fonseca, C; Obando, J. 2000. Programa para la producción de café orgánico. ICAFE. Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, CR. 125-139 p.

Carcache Vega, M. X. 2002. Microorganismos no patógenos predominantes en la filosfera y rizosfera del café y su relación sobre la incidencia de enfermedades foliares y población de nemátodos fitopatógenos en los sistemas convencional y orgánico. Tesis Msc. Turrialba, CR. 88 p.

Carvalho, A; Mônaco L.C.; H.A.M. Vossen, van Der. 1976. Café Icatu como fonte de resistência a *Colletotrichum coffeanum*. Bragantia. Revista Científica do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo. 28(35): 343-347.

Cisneros, B; Arias, J; Fonseca, C; Ramírez, G; Ramírez, J; Obando, J. 2000. Estudio del comportamiento agroproductivo de los materiales genéticos Caturra, Variedad Costa Rica 95, Catuaí y Catimor T5175 en ocho zonas cafetaleras de Costa Rica. ICAFE. Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, CR. 243-250 p.

Cordero, J.; Boshier, D.H.; eds.; Barrance, A.; Beer, J.; Boshier, D.H.; Chamberlain, J.; Cordero, 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. Árboles de Centroamérica, un manual para extensionistas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1079 p.

Costa, C; Guerreiro, O; Goncalves, W. 2005. Flutuação populacional do bichomineiro em cultivares de café arábica resistentes à ferrugem. *Bragantia*, Campinas, v.64, n.4, p.625-631

Costa, J; Zambolim, L., Caixeta, E; Pereira, A. 2007. Resistência de progênies de café Catimor à ferrugem. *Fitopatología Brasileira*. 32:121-130.

Echandi, E. 1959. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke. *Revista Turrialba, CR*. v. 9, n. 2, p. 54-67.

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

Fischersworing Hömberg, B; RoBkamp Ripken, R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. GTZ.DE. 153 p.

Fonseca, C. 2009. Estudio del comportamiento de Híbridos F1 multiplicados *in vitro* en comparación con variedades comerciales. Informe de Resultados de Investigaciones Concluidas 2001-2005. Centro de Investigaciones en Café. ICAFE. San José.CR. 62 p.

Fonseca, C. Borbón, O. 1997. Control químico del mal de hilachas (*Pellicularia koleroga*). Infoagro. 1997. En línea. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/Agricola/tecnologia/cafe97/cafe5.htm>

Fontes, J; Cardoso, A; Zambolim, L; Pereira A; Sakiyama, N. 2001. Avaliação da Resistência genética à ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. Et. Br.) Em Caffeiros F1 de RC1 oriundos do cruzamento híbrido de Timor x Catuaí. Revista Ceres, 48 (280): 649-657.

Guerreiro, O; Penna, H; Goncalves, W; Carvalho, A. 1990. Melhoramento do cafeeiro: XLIII. seleção de cafeeiros resistentes ao bicho-mineiro. Bragantia, Campinas. 49 (2): 291-304.

Guerreiro, O; Carvalho, A; 2006. Resistência do cafeeiro ao bicho-mineiro. Plant Physiology. vol.18 no.1 Londrina Jan-Mar. 2006

ICAFE. 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo de café. San José, Costa Rica. 193p.

Instituto del Café de Costa Rica Centro de Investigaciones en Café (CICAFE) Informe Anual de Investigaciones Café 2006 Barva Heredia Setiembre 2008.

Lara, L. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var. Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Tesis Msc. Turrialba, CR, CATIE. 92 p.

Lima, E; Ambrogi, B; Costa, F; Saraiva, R. 2003. Empleo de Semioquímicos no Manejo de Pragas do Café. Produção Integrada do Café. Universidade Federal de Vicosa. Minas Gerais, BR. 708 p.

Martínez, M. 2004. La Roya del Cafeto. CIGET Pinar del Río, CU. Vol.6 No.1 enero-marzo.

Mercadal, R.; Portillo, C. 1990. Plagas y Enfermedades más comunes del Cafeto (*Coffea arabica*.L). Catacamas, HN, ENA. 22 p.

Merlo Caballero, M.E. 2007. Comportamiento productivo del café (*Coffea arabica var caturra*), el poró (*Erythrina poeppigiana*) el Amarillón (*Terminalia amazonia*) y el Cashá (*Chloroleucon sp.*) en sistemas agroforestales bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica. Tesis Msc. Turrialba. CR. CATIE. 92 p.

Montenegro, E. 2005. Efecto del aporte de nutrientes de la biomasa de tres tipos de árboles de sombra en sistemas de manejo de café orgánico y convencional. Tesis Msc. Turrialba. CR.CATIE. 90 p.

Montenegro, J; Ramírez G. 1997. Evaluación del establecimiento y crecimiento inicial de 4 especies maderables asociadas con café.

Mora, O. 2007. Estudio del efecto del ph alcalino en la atomización para el control del ojo de gallo (*Mycena citricolor*). Simposio Latinoamericano de Caficultura. ICAFE. San José, CR. 393-399 p.

Moreno, G. 2002. Nueva variedad de café de porte alto resistente a la roya del cafeto. *Cenicafé* 53 (2): 132-143.

Muschler, R. 2000. Shade Improves Coffee in a Sub-Optimal Zone of Costa Rica. ICAFE. Simposio Latinoamericano de Caficultura. 109-123 p.

Piotto, D. 2005. Growth of native tree plantations in open pastures, young secondary forest, and mature forest in humid tropical Costa Rica. Yale University, US. School of Forestry and Environmental Studies. 40 p.

Ramírez, J. 2000. Fertilización de café a plena exposición solar y con sombra regulada. ICAFE. Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, CR. 183-190 p.

Rodríguez, R. Monroig, M. 2007. Manejo de la Roya del Cafeto. En Línea Disponible en: <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id22.h> Consultado el 22 de junio de 2010.

Salgado, B.G; *et al.* 2007. Progreso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevílea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras - MG / Progress of rust and coffee plant cercosporiose mixed with grevílea, with ingazeiro and in the full sunshine in Lavras – MG. *Ciência e agrotecnologia*. 31(4): 1067 – 1074.

Samayoa Juárez, J.O. 1999. Desarrollo de enfermedades en café bajo manejo orgánico y convencional en Paraíso, Costa Rica. Tesis Msc. Turrialba, CR, CATIE. 72 p.

Samayoa, J.O; 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) p. 34-36

Sandri, A; Texeira, E; Zambolim, E. Zambolim, L. 2009. Herança da resistência do Híbrido de Timor UFV 443-03 à ferrugem-do-cafeeiro. *Pesq. agropec. bras*, Brasília, v.44, n.3, p. 276-282

Santos, F. da S. 2002. Progreso da ferrugem e da cercosporiose em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado. Dissertação (Mestrado em Fitopatología) - Universidade Federal de Lavras, 71 p.

Sarantes, D. 1998. Antracnosis o muerte descendente del café. Puesto para plantas. Nicaragua. Hoja volante 40. 2 p.

Sequeira, L. 1958. The Host Range of *Mycena citricolor*. Serie: Turrialba. v. 8, no. 4, p. 136-147..

Silva Acuña, R; Rosales Mondragón, M; Tenías Tenías, J. 2000. Aspectos fisiológicos del cafeto: su influencia en el ataque de la roya. FONAIAP DIVULGA. VE. 68 (octubre-diciembre). 44 p.

Silva, A; Fazuoli, C; Braghini, M. 2005. Avaliação e seleção de progênies f3 de cafeeiros de porte baixo com o gene *SH3* de resistência a *Hemileia vastatrix* Berk. et br. Bragantia, Campinas, v.64, n.4, p.547-559.

Staver, C; Guaharay, F; Monterroso, D; Muschler, G. 2001. Designing pest-suppressive multistrata perennial crop systems: shade-grown coffee in Central America. Agroforestry Systems no 53: 151-170 p.

Virginio, E.; Hagggar, J. Staver, C. 2002. Avances y desafíos en el establecimiento de ensayo de largo plazo en sistemas agroforestales en café en zona baja húmeda, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 15 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.

Walyaro, D. 1983. Considerations in breeding for improved yield and quality in Arabica coffee (*Coffea arabica* L.). Doctoral thesis. Wagenin, Netherlands. 120 p.

Zambolim, L; Ribeiro, F; Zambolim, E. 2003. Producao Integrada do Caffeiro: Manejo de Doencas. Producao Integrada do Café. Universidade Federal de Vicosa, Minas Gerais. BR. 708 p.

8. ANEXOS



Anexo 1. Densiómetro esférico utilizado en la determinación de la cantidad de luz que penetra en el ensayo de sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica.

Anexo 2. Datos meteorológicos para los primeros meses del año 2010, según la estación meteorológica CATIE.

Mes	Temp. (°C)	H. Relativa(%)	V. Viento (m/s)	Precip. (mm)	R. Solar (MJ/m ²)	EVP (mm)
Enero	20,899	92,164	0,413	8,248	14,678	2,565
Febrero	21,983	93,161	0,331	9,004	15,452	2,708
Marzo	22,210	92,624	0,417	7,239	16,558	2,938
Abril	23,139	91,900	0,367	5,997	16,926	3,040

Anexo 3. Porcentaje de sombra por tipo de sombra, manejo del suelo y variedad de café, para 4 meses de evaluación en el ensayo de sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Tipo de Sombra	Manejo	Variedad de café	X % Sombra
Amarillón	BO	Caturra	73,55
		F1	65,81
		CR95	64,21
	MC	Caturra	60,93
		F1	53,56
		CR95	65,41
Cashá	MC	Caturra	88,88
		F1	82,25
Cashá-Poró	BO	Caturra	76,71
		F1	58,50
		CR95	74,20
	MC	Caturra	72,31
		F1	78,42
		CR95	74,42
Poró	BO	Caturra	32,66
		F1	38,48
		CR95	27,87
	MC	Caturra	41,70
		F1	36,56
		CR95	33,46

Anexo 4. Porcentaje de nivel crítico para cinco enfermedades y acciones de manejo sistemas agroforestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 2010.

Enfermedad o insecto plaga	Nivel crítico	Acciones de manejo
Antracnosis (<i>Colletotricum coffeannum</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 hemileiae</i> , <i>Cladosporium hemileiae</i> , <i>Glomerella cingulata</i> . Control cultural: Evitar el exceso de sombra (mantener sombra regulada); podas y deshijas del cafeto 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

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 5. Formularios de campo para la toma de datos.

Sombra	Manejo	Bloque																															
Cashá +Poró	BO	1	Número de plantas por sitio de muestreo																														
			1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			
			Tipo de plaga																														
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
			Roya																														
			Mancha de hierro																														
			Antracnosis																														
			Minador																														
			Ojo de gallo																														
			HOJAS TOTALES																														
Nudos productivos																																	
NUDOS TOTALES																																	

