



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

**Efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) del
café, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, en
Turrialba, Costa Rica**

por

Donal Fernando López Bravo

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2010

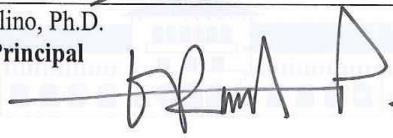
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA TROPICAL

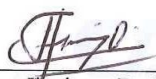
FIRMANTES:



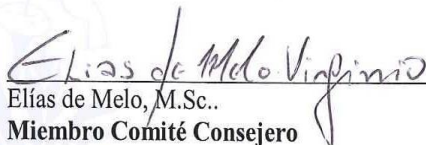
Jacques Avelino, Ph.D.
Consejero Principal



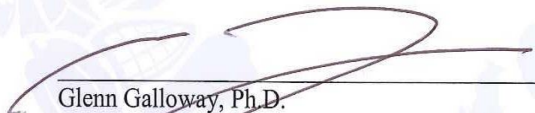
Galileo Rivas, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



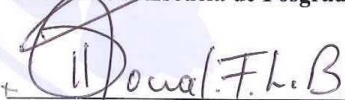
Francisco Jiménez, Dr.Sc.
Miembro Comité Consejero



Elías de Melo, M.Sc..
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Donal Fernando López Bravo
Candidato

DEDICATORIA

En primera instancia a **DIOS** que me dio la vida, fortaleza, sabiduría, paciencia y humildad para poder culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mi esposa Meyling de los Ángeles Baltodano Ramírez por ser la compañera idónea, que me brindo su apoyo y comprensión durante los buenos y malos momentos, a nuestros hijos Fernando Esaú y Marina Fernanda que son la razón de mi existir.

A mis padres Simeón López Martínez y Angelina Bravo Pavón que me apoyaron y estuvieron siempre conmigo en sus oraciones y pensamientos, gracias por darme la vida.

A mis hermanos Isabel, Modesto, Petrona, Juanita, Sonia, Francisco, José, María y Noel (q.e.p.d), que apoyaron en los momentos de dificultad.

A mi querida suegra Yelba Ramírez Reyes por ser la amiga incondicional que me apoyó en todos lo momento de dificultad y que estuvo siempre pendiente de mi familia, durante mi ausencia, no tengo como pagarle, mil gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la Organización de **Estados Americanos (OEA)** por su apoyo económico, ya que sin su ayuda no podría haber realizado este proyecto.

A la **Lic. Navi Machado** por su incondicional y desinteresado ayuda durante el proceso de adjudicación de la beca.

A mi profesor consejero **Ph.D. Jacques Avelino** por su apoyo científico – técnico, durante todo el proceso de mi tesis, gracias por hacerme crecer como persona y profesional.

A los miembros del Comité Asesor, **Ph.D. Galileo Rivas, Ph.D. Francisco Jiménez y MSc. Elías Virginio Fillto** por sus aportes y dedicación para enriquecer el documento de tesis.

A mi paisano y colega **Ali Romero**, por su apoyo en la etapa de campo y por sus conocimientos brindados.

A mis estimados amigos trabajadores del Ensayo Agroforestal CATIE, **Luis Romero y Cesar López**, por su ayuda durante la etapa de campo.

Un especial agradecimiento al **Centro para la Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD)** y al proyecto **OMEGA 3**, por brindarme apoyo económico y equipos climatológicos utilizados en los ensayos experimentales, de igual forma agradezco al proyecto **CAFNET/CATIE**, por su aporte económico en la etapa de campo.

A todos y todas los colegas de la promoción **CATIE 2008-2009**, gracias por su amistad y gratos momentos compartidos, siempre estarán en mi mente y corazón, les deseo lo mejor en el futuro.

A todo el personal **docente y administrativo del CATIE**, por sus enseñanzas y apoyó durante las diferentes etapas de la maestría.

BIOGRAFÍA

El autor es originario de la república de Nicaragua, nació en el departamento de Masaya el 04 de febrero de 1972. En 1993 se graduó como Técnico Superior en Agronomía, en la Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería (EIAG), posterior en 1998 se graduó de Ingeniero Forestal en la Universidad Nacional Agraria (UNA). A partir de 1999 inicia su etapa laboral como docente de la UNA, posterior en los años 2000 al 2005 labora como formulador de proyectos (desarrollo y investigación) y responsable de proyecto de investigación en el organismo no gubernamental Asociación de Cooperación Rural en África y América Latina (ACRA) en San Carlos, Río San Juan.

Finalmente durante los años 2006 y 2007 labora para la Dirección General de Protección y Sanidad Agropecuaria (DGPSA), del Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), como Analista Agropecuario. En el 2008 inicia estudios de maestría en Agroforestería Tropical en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), finalizando en el año 2010.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	XI
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XVIII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Hipótesis del estudio.....	3
2 MARCO REFERENCIAL.....	4
2.1 Aspectos generales del cultivo de café.....	4
2.2 Fisiología de la producción de café.....	4
2.3 Café a pleno sol y bajo sombra.....	6
2.3.1 Producción.....	7
2.3.2 Microclima.....	8
2.3.3 Enfermedades.....	10
2.3.4 Las uredinales: un ejemplo de ciclo completo con la roya del trigo.....	11
2.3.5 La roya anaranjada del café.....	12
2.3.5.1 Ciclo de vida de la roya del café.....	13
2.3.5.1.1 Diseminación y germinación de las uredosporas de <i>H. vastatrix</i>	14
2.3.5.1.2 Infección de la roya en el hospedero.....	15
2.3.5.2 Epidemiología de la roya.....	16
2.3.5.2.1 Factores que afectan la epidemiología de la roya anaranjada.....	17
2.3.5.2.1.1 La lluvia.....	17
2.3.5.2.1.2 La temperatura.....	17
2.3.5.2.1.3 La carga fructífera.....	18
2.3.5.2.1.4 La cosecha de los frutos.....	18
2.3.5.2.1.5 El inóculo residual.....	18
2.3.5.3 Pérdida en la producción.....	19
2.3.5.4 Razas de roya.....	20
2.3.5.5 Resistencia genética a la roya anaranjada.....	20
2.3.5.6 Control químico.....	21

3	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1	Descripción del área de estudio	22
3.1.1	Localización y topografía	22
3.1.2	El suelo	22
3.1.3	El clima	23
3.1.4	Manejo agronómico	23
3.1.5	Establecimiento de ensayos experimentales	24
3.1.5.1	Realización del croquis o mapa del ensayo	24
3.1.5.2	Delimitación y establecimientos de los ensayos experimentales y parcelas útiles	25
3.1.5.2.1	<i>Conteo de nudos productivos y establecimiento de tratamientos (remoción de nudos productivos)</i>	26
3.1.5.2.2	<i>Selección y codificación de las bandolas o ramas de las plantas de la parcela útil</i>	27
3.1.5.3	Evaluación del crecimiento de la enfermedad y del hospedero	27
3.1.5.4	Establecimiento y ubicación de los sensores de microclima y monitoreo	30
3.1.5.5	Evaluación del porcentaje de sombra	33
3.1.5.6	Variables a evaluadas durante los periodos 2008 y 2009	34
3.1.5.6.1	<i>Descriptorios de la epidemia de roya</i>	34
3.1.5.6.2	<i>Descriptorios del hospedero</i>	35
3.2	Métodos Estadísticos	36
3.2.1	Análisis de datos de incidencia y severidad de la roya de café en los periodos 2008 y 2009	36
3.2.2	Análisis estadísticos de datos de temperatura de aire y hoja, mojadura de hoja, humedad relativa, precipitación y sombra durante los periodos 2008 y 2009	36
4	RESULTADOS	39
4.1	Comportamiento de la roya del café durante el tiempo de evaluación 2008 y 2009	39
4.2	Crecimiento en hojas y área foliar en los periodos 2008 y 2009	40
4.3	Defoliación en hojas y área foliar en los periodos 2008 y 2009	41
4.4	Relación entre incidencia y severidad de la roya en café a pleno sol y con sombra regulada durante los periodos 2008 y 2009	42
4.5	Efectos de la carga fructífera sobre la incidencia y severidad de la roya en café a pleno sol y con sombra regulada en los periodos 2008 y 2009	45
4.6	Temperatura del aire en café a pleno sol y sombra regulada durante los periodos 2008 y 2009	46
4.7	Temperatura de la hoja en café a pleno sol y sombra regulada durante el periodo 2009	48
4.8	Comparación de la temperatura del aire con la temperatura de hoja en café a pleno sol y sombra regulada, durante el periodo 2009	49
4.9	Probabilidades de formación de rocío en café a pleno sol y sombra regulada en el periodo 2009	50
4.10	Mojadura de la hoja en café a pleno sol y sombra regulada durante los periodos 2008 y 2009	52
4.11	Humedad relativa en café a pleno sol y sombra regulada durante los periodos 2008 y 2009	53
4.12	Precipitación en el 2008 y 2009	55

4.13	Valores de cobertura de la sombra en el ensayo café con sombra en 2008 y 2009	56
5	DISCUSIÓN	57
5.1	Relación de la incidencia y severidad de la roya	57
5.2	Efecto de la carga fructífera sobre la incidencia y severidad de la roya bajo dos condiciones microclimáticas	57
5.3	Microclima en café a pleno sol y con sombra regulada.....	58
6	CONCLUSIONES	60
7	RECOMENDACIONES	60
8	LITERATURA CITADA	61
	ANEXOS	70

RESUMEN

Los efectos de la sombra sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) son controvertidos. Algunos autores mencionan niveles más altos de roya bajo sombra que al sol, mientras que otros reportan niveles más bajos. La sombra podría afectar la roya a través de dos mecanismos principales, los cuales son antagonistas, lo que explicaría la controversia: (i) evita que la carga fructífera alcance niveles muy altos, lo cual disminuye la susceptibilidad del cafeto a la roya (ii) propicia condiciones de microclima (humedad relativa, temperatura de hoja y aire, luminosidad), que podrían ser más favorables para el proceso de infección de la roya.

Con el fin de entender mejor el efecto de la sombra sobre la roya, se controló el efecto de la exposición a la luz sobre la productividad, estableciendo manualmente diferentes cargas productivas en plantas escogidas bajo dos condiciones de microclima (una parcela al pleno sol y otra contigua con sombra de *Erythrina poeppigiana*) en una zona a 600 m de altura, óptima para la roya. Los niveles productivos evaluados fueron: 0 nudos productivos por planta (NP); 150 NP; 250 NP y 500 NP. Bajo cada condición, se monitorearon la temperatura del aire, la humedad relativa, la mojadura y la temperatura de la hoja. Se estudió el comportamiento de la enfermedad (incidencia y severidad) durante dos años epidémicos, 2008 y 2009.

En ambos años, se encontró que la relación incidencia - severidad no difería bajo las dos condiciones de luminosidad sugiriendo que la sombra afecta de la misma forma la germinación y la penetración, que determinan la incidencia, y la colonización, de la cual depende mayormente la severidad. Se confirmó que la carga fructífera afecta positivamente la roya del café. Dependiendo de los descriptores de la epidemia y de los años, se cuantificó una reducción de la incidencia de entre 6,4 % y 30,8 %, y de la severidad de entre 37,5 % y 66,1 %, con 0 NP con respecto a 500 NP. Bajo condiciones de carga fructífera controlada, se encontraron mayores incidencias en la parcela bajo sombra que en la parcela expuesta al sol. Dependiendo de los descriptores de la epidemia y de los años, la incidencia se redujo de entre 3,3 % y 27,7 % en la parcela al sol con respecto a la parcela bajo sombra. En cuanto a la severidad, no se encontraron diferencias significativas en 2008 ($P > 0.05$), pero sí en 2009, aunque no para todos los descriptores. Para los descriptores diferentes significativamente, se encontró una reducción de la severidad al sol de entre 37,7 % y 42,2 % con respecto a la

sombra. Se observaron mejores condiciones microclimáticas para el desarrollo de la roya bajo sombra, especialmente durante el día, con menores variaciones de las temperaturas (especialmente menores máximas) y mayor frecuencia de mojadura. Al mediodía, en días sin lluvia, se registraron así temperaturas de la hoja en promedio de 34,3 °C al sol, mientras que bajo sombra sólo alcanzaron 28,6 °C. En días con lluvias mayores a 5 mm, al mediodía, se registró, en 2009, una frecuencia de mojadura de la hoja de 65,6 % bajo sombra mientras que sólo se obtuvo 34,1 % al sol. Se interpreta que los efectos positivos de la sombra sobre la roya se deben a las características del microclima bajo sombra, aunque también pudiera deberse a un efecto de dilución de la enfermedad ya que se observó un mayor crecimiento de las ramas al sol que bajo sombra.

Los resultados indican que el efecto regulador de la sombra sobre la roya que se ha reportado anteriormente se debe posiblemente a su efecto regulador de la productividad. Al nivelar la carga productiva al sol y bajo sombra, la sombra, al contrario, favorece la roya. Esto sugiere que el mejorar la productividad bajo sombra, hasta niveles similares a los obtenidos al sol, podría desembocar sobre ataques de roya más severos que los observados al sol.

Palabras claves: *Coffea arabica*, área foliar, área bajo la curva de progreso de la enfermedad, porcentaje de infección y radiación solar transmitida.

SUMMARY

Effects of shade on coffee rust (*Hemileia vastatrix*) vary. Some authors report higher rust levels under shade than in the sun, while others report lower levels. These two antagonistic mechanisms can explain the controversy: under shade (i) fruit load reaches lower levels, which decreases the rust susceptibility of coffee plants (ii) microclimate conditions (relative humidity, leaf and air temperatures, light intensity) might be more favorable for the rust infection process.

We studied the effect of light exposure on coffee rust by establishing manually different fruit load levels, under two microclimate conditions (one plot at full-sun exposure and a contiguous one under shade of *Erythrina poeppigiana*). The experiment was conducted in a region ideal for rust at 600 m a.s.l. Production levels evaluated were: 0 fruiting nodes per plant (FN), 150 FN, 250 FN and 500 FN. Air temperature, relative humidity, leaf wetness and temperature were monitored under both microclimate conditions. Disease incidence and severity were studied during two epidemic years, 2008 and 2009.

In both years, we found that the incidence-severity relationship did not differ under the two light exposure conditions. This suggests that shading affects germination and penetration, which defines incidence, in the same way as colonization on which severity mostly depends. It was confirmed that fruit load affected coffee rust in a positive way. Depending on epidemic descriptors and years, incidence was reduced by 6.4% to 30.8%, and severity by 37.5% to 66.1%, from 500 FN to 0 FN. Under controlled fruit load conditions, there were higher incidences under shade than in full-sun exposure. Depending on epidemic descriptors and years, incidence decreased by 3.3% to 27.7% in the full-sun plot with regard to shaded plot. Differences in disease severity between shade and full-sun plots were not significant ($P > 0.05$) in 2008 but disease severity was found 37.7% to 42.2% lower, for some descriptors only, at full-sun exposure than under shade in 2009. Microclimatic conditions were more conducive to rust development under shade, especially during the day; there were lower temperature variations (particularly lower maximum temperatures) and higher frequency of leaf wetness. At noon on days without rain, leaf temperatures reached an average of 34.3 ° C in the sun but only 28.6 ° C under shade. On days with rainfall higher than 5 mm, leaf wetness frequency at

noon was 65.6% under the shade but only 34.1% in the sun. We infer that greater rust incidence and severity on coffee grown under shade were due to the microclimate characteristics, although it could also be due to a disease dilution effect since a higher coffee branch growth was found at full-sun exposure comparing with shade.

The previously reported control effect of shade on rust may be due to the effect of shade on plant productivity and fruit load. By controlling fruit load on coffee plants under both full-sun and shade conditions, we demonstrated, on the contrary, that shade promoted rust development. We conclude that with fruit loads in coffee grown under shade equivalent to those obtained at full-sun exposure, coffee rust epidemics would be more severe under shade than at full-sun exposure.

Keywords: *Coffea arabica*, leaf area, area under the disease progress curve, infection rate and transmitted solar radiation.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Registros históricos promedios (1949 - 2009) de la estación meteorológica del CATIE.....	23
Cuadro 2. Ubicación de los sensores de temperatura del aire y mojadura de la hoja, en cada ensayo del estudio de roya en café..	30
Cuadro 3. Resultados de las dos pruebas de calibración de mojadura de hojas en campo (% de mojadura indicado por el sensor en la transición seco-mojado).	32
Cuadro 4. PMCA en hojas y área foliar en función de la carga fructífera y de la exposición al sol (valores promedios)..	41
Cuadro 5. PMDAI y PMDAF (valores promedios).....	41
Cuadro 6. Valores e intervalos de confianza de las constantes y pendientes de las regresiones lineales entre los diferentes descriptores de incidencia (variable independiente) y severidad (variable dependiente) bajo dos condiciones de exposición al sol, (2008)..	44
Cuadro 7. Valores e intervalos de confianza de las constantes y pendientes de las regresiones lineales entre los diferentes descriptores de incidencia (variable independiente) y de severidad (variable dependiente) bajo dos condiciones de exposición al sol, periodo 2009...	44
Cuadro 8. Efecto de la carga fructífera en la epidemia roya bajo dos condiciones de luminosidad durante los periodos 2008 y 2009 (valores promedios de diferentes descriptores de incidencia y severidad)..	45
Cuadro 9. Comparación de la temperatura del aire en los periodos 2008 y 2009, en tres horas diferentes, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar).	47
Cuadro 10. Temperatura de la hoja en tres horas diferentes para el periodo 2009, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y en dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar)..	49
Cuadro 11. Comparación de la temperatura de la hoja con la temperatura del aire en periodo 2009, en tres horas diferentes, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y en dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar)	50

Cuadro 12. Comparación de la frecuencia promedio de mojadura de la hoja en los periodos 2008 y 2009, en tres horas diferentes, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar).. 53

Cuadro 13. Comparación de la humedad relativa en los periodos 2008 y 2009, en tres horas diferentes, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar).. 55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales enfermedades del cultivo café.	10
Figura 2. Ciclo patológico de la roya del trigo (<i>Puccinia graminis</i>) (Agrios 1998).	12
Figura 3. Ciclo de vida de la roya anaranjada del café (Avelino <i>et al.</i> 1999).	13
Figura 4. Diagrama de flujos representando el ciclo de vida de la roya anaranjada del café y los principales factores que lo afectan (Avelino <i>et al.</i> 2004).	15
Figura 5. Ubicación topográfica del área de estudio.	22
Figura 6. Ubicación en el mapa de los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada.	24
Figura 7. Ubicación en campo de los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada.	25
Figura 8. Arreglos de los tratamientos en las parcelas útiles de los ensayos café a pleno sol (A) y con sombra regulada (B) en 2009. Cada color representa una combinación de tratamientos aplicados a cada una de las dos plantas que componen el punto de siembra o golpe.	26
Figura 9. Método para evaluar el crecimiento de la roya y del hospedero (Kushalappa 1981). La primera línea representa el total de hojas en cada nudo (2 palos verticales es un par, un palo vertical es una hoja cuya ubicación está dada por la ubicación del palo en el cuadro); la segunda línea representa la enfermedad (2 palos verticales es un par de hojas enfermas, un palo vertical es una hoja enferma cuya ubicación está dada por la ubicación del palo en el cuadro).	27
Figura 10. Método para evaluar el crecimiento de la roya y del cafeto (Kushalappa 1981). El primer número representa el área total de hojas en cada nudo (en decenas de cm ²), el segundo número representa el porcentaje de área afectada.	28
Figura 11. Crecimiento de las lesiones de la roya en un patrón de área foliar de 50 cm ² en base a la metodología de Kushalappa y Chávez 1980.	29

Figura 12. Levantando información en las parcelas útiles de los ensayos experimentales.	29
Figura 13. Sensores Hobo utilizados en los ensayos de roya del café.....	30
Figura 14. Data logger Campbell y sensor de temperatura de hoja instalado en campo.....	31
Figura 15. Recopilando información de los data logger Hobo y Campbell.	31
Figura 16. Ubicación de los puntos de muestreo de sombra en el ensayo café con sombra.....	33
Figura 17. Curvas de progreso de la roya en 2008, expresadas en hojas afectadas (A y C) y en área foliar afectada (B y D), en el experimento al sol (A y B) y en el experimento a la sombra (C y D). Porcentajes instantáneos, PII (azul), porcentajes acumulados instantáneos, PIAI (rosado), y porcentajes acumulados “final”, PIAF (amarillo). En rojo se señalan los valores máximos.....	39
Figura 18. Curvas de progreso de la roya en 2009, expresadas en hojas afectadas (A y C) y en área foliar afectada (B y D), en el experimento al sol (A y B) y en el experimento a la sombra (C y D). Porcentajes instantáneos, PII (azul), porcentajes acumulados instantáneos, PIAI (rosado), y porcentajes acumulados “final”, PIAF (amarillo). En rojo se señalan los valores máximos.....	40
Figura 19. Relación entre incidencia y severidad expresadas en PMII, (2009).	42
Figura 20. Relación entre incidencia y severidad expresadas en PMIAI, (2008 y 2009).....	42
Figura 21. Relación entre incidencia y severidad expresadas en PMIAF, (2009).....	43
Figura 22. Relación entre incidencia y severidad expresada en AUDPC-AI (valores transformados por raíz cuadrada), (2008 y 2009).....	43
Figura 23. Relación entre incidencia y severidad expresadas en AUDPC-AF (valores transformados por raíz cuadrada), (2009).....	43
Figura 24. Comportamiento de la temperatura del aire (4 sensores) en días sin lluvia y con lluvias (< 5 mm y > 5 mm) en los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada, durante los periodos 2008 y 2009.....	46

Figura 25. Comportamiento de la temperatura de la hoja (4 sensores) en días sin lluvia y con lluvias (< 5 mm y > 5 mm) en los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada, durante el periodo 2009..	48
Figura 26. Comparación de la temperatura de la hoja (línea continua) y el punto de rocío (línea discontinua) en la condición sin lluvia, para los ensayos sol y sombra, en el periodo 2009.	51
Figura 27. Comparación de la temperatura de la hoja (línea continua) y el punto de rocío (línea discontinua) en las condiciones con lluvias (< 5 mm y > 5 mm), para los ensayos sol y sombra, en el periodo 2009.	51
Figura 28. Comportamiento de la mojadura de la hoja (5 sensores) en días sin lluvia y con lluvias (< 5 mm y > 5 mm) en los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada, durante los periodos 2008 y 2009..	52
Figura 29. Comportamiento de la humedad relativa (1 sensor) en días sin lluvia y con lluvias (<5 mm y >5 mm) en los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada, durante los periodos 2008 y 2009..	54
Figura 30. Precipitación mensual ocurrida durante los periodos de evaluación 2008 y 2009..	55
Figura 31. Porcentajes de sombra encontrados durante los periodos de evaluación 2008 y 2009 en el ensayo café con sombra de poró.	56

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

AUDPC-AI: área bajo la curva de progreso de la enfermedad del acumulado instantáneo

AUDPC-AF: área bajo la curva de progreso de la enfermedad del acumulado final

GPS: sistema global de navegación satelital (Global Navigation Satellite System)

ha: hectárea

ha⁻¹: plantas por hectárea

km/h: kilómetro por hora

m: metro

mm: milímetro

mm/hora: milímetro por hora

msnm: metros sobre el nivel del mar

PMII: porcentaje máximo de infección instantánea

PMIAI: porcentaje máximo de infección acumulada instantánea

PMIAF: porcentaje máximo de infección acumulada final

PMCA: porcentaje máximo de crecimiento acumulado

PMDAI: porcentaje máximo defoliación acumulada instantánea

PMDAF: porcentaje máximo defoliación acumulada final

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

°C: grados centígrados

1 INTRODUCCIÓN

Centroamérica es la cuarta región cafetalera más importante a nivel mundial, después de Brasil, Vietnam e Indonesia (FAO 2008). El café es uno de sus principales productos de exportación; por lo tanto está estrechamente ligado al desarrollo socioeconómico del Istmo. El café bajo sombra constituye el 74,4 % del territorio centroamericano (Castro *et al.* 2004). Para el año 2006 el área sembrada con café en Costa Rica era de 90 000 ha, de las cuales 27 029 ha se encuentran establecidas en el cantón de Turrialba, del cual el 32 % del área establecida en Turrialba corresponde al sistema de manejo café con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*) y laurel (*Cordia alliodora*) (ICAFE y INEC 2007).

Las principales enfermedades del cultivo de café en América Central son: ojo de gallo (*Mycena citricolor*), roya (*Hemileia vastatrix*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), antracnosis (*Colletotrichum sp*), derrite (*Phoma costarricensis*) y mal de hilachas (*Corticium koleroga*) (Guharay 2001). La roya, a nivel mundial, está considerada como una de las enfermedades más peligrosas del cultivo de café. Esta ataca especialmente plantas productivas, provocando defoliación de las bandolas, reducción de crecimiento y baja producción de frutos al año siguiente (Avelino *et al.* 1999). Los factores principales que inciden en el desarrollo de las epidemias de roya son:

- Las precipitaciones: el agua líquida es necesaria para completar el ciclo de vida del hongo.
- La temperatura: el óptimo es de 23 °C para la germinación y la infección en general.
- La carga fructífera: existe una relación positiva con la infección; a mayor carga fructífera, mayor infección.
- El periodo de cosecha: existe probablemente un efecto de diseminación de la enfermedad por los recolectores.
- El inóculo residual: este es responsable del mantenimiento de la enfermedad a través de los años.

Los efectos de la sombra sobre el cafetal son muy variados y controvertidos; Aldazábal y Alarcón (1994 a) encontraron, que los frutos de café son de mayor tamaño bajo sombra que a pleno sol. De igual forma, el tamaño de las hojas es mayor en café con sombra que a pleno sol (Aldazábal y Alarcón (1994 b). La sombra también reduce la amplitud del ciclo bienal de

producción del café; bajo sombra no se dan picos de producción tan altos como al sol, pero tampoco se tienen niveles tan bajos (Cannell 1975). Además, la sombra y el mulch producido por los árboles reducen el crecimiento de plantas arvenses, lo cual disminuye los costos de producción (ICAFFE 1989). La sombra afecta el microclima de la plantación: la temperatura de la hoja y del aire, la velocidad del viento, la humedad del suelo, la mojadura de las hojas son algunas de las características del microclima modificadas por la sombra (Avelino *et al.* 2004).

Algunos autores mencionan niveles más altos de roya bajo sombra que al sol (Machado y Matiello, 1983; Staver *et al.* 2001; Avelino *et al.* 2004; Avelino *et al.* 2006), mientras que otros reportan niveles más bajos (Soto - Pinto *et al.* 2002). Avelino y colaboradores (2004, 2006) sugieren que los diferentes resultados obtenidos podrían explicarse por diferencias de cargas fructíferas. La sombra podría afectar la roya a través de dos mecanismos principales, los cuales son antagonistas:

- La sombra evita que la carga fructífera alcance niveles muy altos, lo cual disminuye la susceptibilidad del cafeto a la roya.
- La sombra propicia condiciones de microclima (humedad relativa, temperatura de hoja y aire, luminosidad), que podrían ser más favorables para el proceso de infección de la roya.

El efecto de la sombra sobre la roya es la suma de estos efectos antagonistas. Estos no pueden desligarse en condiciones naturales. A través del presente estudio, se controló el efecto de la exposición a la luz sobre la productividad, estableciendo manualmente diferentes niveles de producción en plantas escogidas bajo dos condiciones de microclima (pleno sol y con sombra) y se estudió el comportamiento (incidencia y severidad) de la roya en las plantas seleccionadas.

El presente estudio contribuirá al esclarecimiento de las relaciones que existen entre sombra y roya del café. Los resultados obtenidos en este estudio podrían utilizarse como insumo para entender el comportamiento de la roya, bajo sol y con sombra, la cual podría tener mucha importancia al momento de diseñar una estrategia de manejo integrado de la roya.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la carga fructífera de la planta de café sobre la enfermedad de la roya, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, en Turrialba, Costa Rica

1.1.2 Objetivos específicos

- ❖ Relacionar la incidencia y severidad de la roya, bajo condiciones diferentes de microclima, al sol y bajo sombra.
- ❖ Evaluar los efectos de la carga fructífera sobre la incidencia y severidad de la roya.
- ❖ Caracterizar las condiciones de temperatura (hoja y aire), mojadura de hoja y humedad relativa a pleno sol y con sombra.

1.2 Hipótesis del estudio

- ✓ Existen diferentes relaciones entre incidencia y severidad de roya dependiendo de las condiciones de microclima. La incidencia depende de los procesos previos a la infección hasta la penetración de la hoja, mientras que la severidad incluye también la colonización de la hoja. Incidencia y severidad podrían responder en forma diferente a las condiciones de microclima.
- ✓ Existe un efecto positivo de la carga fructífera del café sobre la incidencia y severidad de la roya.
- ✓ Existen diferencias de temperatura (hoja y aire), mojadura de hoja y humedad relativa entre café a pleno sol y café bajo sombra; estas diferencias pueden explicar los comportamientos diferentes de la roya al sol y bajo sombra.

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Aspectos generales del cultivo de café

El cultivo de café es un sistema productivo que ha sido objeto de muchas investigaciones, y esta tendencia continúa, mediante la búsqueda de mejores alternativas para una producción sostenible a largo plazo. El café bajo sombra es una práctica común en Centro América, Colombia y México (Carvajal 1985). Estos agroecosistemas, en las últimas décadas, han reducido su diversidad biológica, como resultado del uso excesivo de fertilizantes, control intensivo de plantas arvenses con herbicidas y eliminación de los árboles de sombra, con la finalidad de elevar la productividad por unidad de área. No obstante, en los últimos años, los bajos precios del café, junto con los altos costos de producción del modelo y la demanda cada vez mayor de café orgánico, están revirtiendo esta situación (Muschler y Bonnemann, 1997).

Según Fischersworing y Robkamp (2001), para el buen desarrollo y producción del café se requiere de un microclima fresco, con altitudes de 1 200 a 2 000 msnm, dependiendo de la latitud, con semi sombra y suficiente humedad, propiciada por especies arbóreas. Se necesitan, de preferencia, suelos de buen drenaje, profundos, ricos en nutrientes (especialmente potasio y materia orgánica), con textura franca, con el fin de obtener producciones de mejor calidad. El ICAFE (1998), en Costa Rica, considera como condiciones climáticas ideales para este cultivo, zonas con temperaturas medias anuales entre 17 °C y 23 °C, precipitaciones medias anuales entre 1 600 y 2 800 mm por año, con una distribución anual mínima entre 145 y 245 días, aunque dichas condiciones parecen no ser limitantes para la producción en zonas como Turrialba, donde se localizan plantaciones de café bajo condiciones más cálidas y con mayor precipitación, con resultados aceptables.

2.2 Fisiología de la producción de café

La productividad de una planta, en términos ecofisiológicos, es la cantidad de materia orgánica acumulada en un período, en relación a una determinada área foliar. La productividad depende fundamentalmente de la fotosíntesis y por ende, requiere un suministro óptimo de agua, luz, temperatura y sales minerales, además de un adecuado funcionamiento del resto de los procesos fisiológicos de la planta, tales como: respiración, transpiración, síntesis de

proteínas, absorción y traslado (agua, sales minerales y sustancias metabólicas), crecimiento y diferenciación, entre otros (Fournier 1988).

Los factores que determinan la producción de café, son los que afectan el área foliar disponible para la interceptación de la luz, la absorción del CO_2 y distribución de la materia seca en los frutos y otras partes de la planta. Cannell (1976) considera que una manera de aumentar la productividad del cafeto es incrementando el área de follaje iluminada adecuadamente por unidad de área cultivada; esto mejoraría la relación entre área foliar y carga fructífera. De igual manera, indica que las plantas de café tienen el potencial para producir un dosel grande y bien estructurado y que las plantas jóvenes invierten del 40 al 45 % de su materia seca por año en la producción de nuevas hojas.

Fournier (1988) manifiesta que es importante determinar la sombra que produce un dosel, con capacidad de transmisión de luz y un adecuado índice de área foliar (IAF). Valencia (1973) sugiere que el IAF óptimo para la variedad de café Caturra es de ocho, y que este se puede obtener en tres años con 10 000 plantas ha^{-1} o en cuatro años con 5 000 plantas ha^{-1} . Cannell (1976) indica que es importante que las ramas superiores de la planta sean erectas y que las hojas se extiendan de manera vertical a una distancia adecuada. Esto permite en la planta una arquitectura en la que la mayoría de las hojas reciban sombra moderada, y la radiación lumínica y térmica se aprovecha en la mayoría del área del follaje. Esto es un rasgo de importancia para las plantas que están adaptadas a la sombra, ya que sus hojas fotosintetizan más eficientemente en sombra que a pleno sol. En esta última condición, la saturación es rápida y la planta empieza a fotorespirar (Fournier 1988). Se estima que en condiciones favorables de tiempo, el área mínima foliar necesaria para mantener un fruto y permitir un crecimiento vegetativo satisfactorio para el año siguiente, es de alrededor de 20 cm^2 (Cannell 1971).

Fournier (1988) concluye que la temperatura y la luminosidad, son dos factores claves en la regulación de la fotosíntesis neta del café, que actúan diferente en condiciones de pleno sol y con sombra. Sin embargo, ambos factores no sólo interaccionan entre sí para definir el

nivel óptimo de condiciones ambientales propicias para este proceso fisiológico, sino que su acción depende del estado hídrico de la planta.

2.3 Café a pleno sol y bajo sombra

A mediados del siglo XX, la recuperación del mercado internacional estimuló la aplicación de mayores cantidades de agroquímicos (fertilizantes, insecticidas, herbicidas, nematocidas etc.). El uso de variedades de café de porte bajo, con densidades de siembra más altas y reducción de sombra facilitó el proceso de intensificación (Bertrand y Rapidel 1999).

La producción de café a plena exposición solar o bajo sombra, ha sido objeto de discusión desde el siglo anterior (Beer *et al.* 1998). Pérez (1977) menciona que, según estudios llevados a cabo desde 1956, en los que se comparó la producción a pleno sol y con sombra regulada, combinando diferentes sistemas de siembra y de poda, para las condiciones de Costa Rica, el cultivo al sol, en comparación con sombra balanceada, produjo apenas un 10 % más de cosecha por hectárea; a pleno sol se encontró chasparria (*Cercospora coffeicola*) con mayor frecuencia y mayor presencia de plantas arvenses, lo que aumentó el costo de manejo. Montealegre (1954) analizó varias experiencias negativas de cultivo de café a pleno sol en diferentes sectores de Costa Rica, concluyendo que dichos fracasos se debieron a que el café es una especie que se desarrolla bajo la sombra y sólo en esas condiciones es posible obtener una planta sana, de alta producción y buena calidad, por un mayor periodo de tiempo.

La importancia y los efectos generales de las diferentes interacciones entre los árboles de sombra y el cultivo del café, dependen de las condiciones del sitio (suelo - clima), selección de los componentes (especie, variedad etc.), características de las partes aéreas y subterráneas y prácticas de manejo, tanto de la sombra como del cultivo (Beer *et al.* 1998). Los cafetos con sombra densa, comparados con los sembrados a pleno sol, presentan menores tasas de transpiración y fotosíntesis, mayor crecimiento en altura, menor número de ramas plagiotrópicas y hojas grandes (Morais *et al.* 2003). La presencia de árboles dentro de los cafetales tiende a incrementar la biodiversidad del agrosistema, incluyendo los enemigos naturales de las plagas y enfermedades (Altieri y Letourneau 1982).

Los árboles también afectan la ocurrencia de enfermedades a través de la modificación del microclima. Muchas enfermedades se desarrollan mejor en las condiciones protegidas y húmedas que existen alrededor de los árboles (Kort 1988; Peterson 1988). Sin embargo, la reducción del viento también tiende a disminuir la propagación de muchas enfermedades que se diseminan por el viento (Pasek 1988; Peterson 1988).

2.3.1 Producción

En café a pleno sol, la floración es estimulada, favoreciendo altas productividades en el año. Sin embargo, esto provoca muerte de ramas o bandolas, bajando la producción en el año siguiente, lo cual nos indica, que existe una producción bienal muy marcada (Cannell 1975). En café con sombra la floración y número de nudos son menores, lo cual incide en una menor productividad y una variación de la producción con menos amplitud. Un modelo hipotético de producción de café al sol o bajo sombra, razonado por Muschler (1997), sugiere que dichas modalidades de producción, están en función de la fertilidad y la altitud sobre el nivel del mar; así, en las plantaciones localizadas en suelos sin limitaciones de nutrientes, humedad y sin barreras para enraizamiento, la mayor producción se inclina hacia la producción al sol, condicionado por el efecto de la inducción floral; sin embargo, en plantaciones localizadas fuera de las condiciones óptimas (elevaciones menores), la producción al sol declina a causa del estrés por las altas temperaturas.

En sitios con elevaciones mayores, la producción al sol también declina, debido a temperaturas más bajas y, posiblemente, a daños por el viento. De igual manera, menciona que en condiciones sub - óptimas, la asociación con árboles para proyectar una sombra intermedia y moderar los extremos microclimáticos, puede aumentar la producción con respecto a los cafetales a pleno sol, siempre y cuando la competencia por nutrientes o agua no sea significativa. Aunque la sombra en cafetales, en zonas óptimas, redujera la producción, los beneficios ecológicos de los árboles asociados, a través del reciclaje de nutrientes y la adición de materia orgánica, causarían que la reducción en el sistema arbolado fuera mínima, por ende los árboles asumirían una importancia más determinante en este sistema de producción.

Acorde a Carvajal (1985), los sistemas intensivos de producción a pleno sol, demandan un adecuado plan de fertilización, que compense la mayor demanda de nutrimentos que tiene

la planta al incrementar su producción. Para Turrialba, Costa Rica (zona sub - óptima de baja altitud), Ramírez (1993) reportó, en el promedio de ocho años de producción, en parcelas de café sin fertilización bajo sombra de poró, rendimientos sobre el 60 % más que las establecidas a pleno sol sin fertilización.

2.3.2 Microclima

En cafetales a pleno sol, la energía retenida por las plantas de café presentó un valor promedio de 88 % del balance de radiación diaria (Jaramillo y Gómez 1989). Los valores de transmisividad e intercepción de la radiación solar están modificados por las ramas y frutos existentes en el árbol de café, los cuales retienen una proporción que aun no se conoce perfectamente. En *Coffea arabica* L. (variedad caturra) la relación entre la radiación global y la radiación neta presentó un coeficiente de correlación altamente significativo con un $r = 0,98$ ($p < 0.01$) y con un coeficiente de regresión igual a 0,74 (Jaramillo y Gómez 1989). El coeficiente de regresión entre la radiación neta y la radiación global varía además con las condiciones de nubosidad, con las diferentes elevaciones solares, la temperatura de la planta, emisión de hojas nuevas y la especie (Jaramillo 1984).

Las diferencias de temperatura entre el aire del cultivo y la hoja dependen en primer lugar de la cantidad de radiación incidente durante el día. Ocurren mayores diferencias en tiempo cálido y seco. En tiempo lluvioso y frío, las temperaturas tienden a igualarse (Jaramillo y Gómez 1989). Orozco y Jaramillo (1978), encontraron que las diferencias entre la temperatura de la hoja y la del aire dependen de la especie y el contenido de agua de la hoja. En *C. canephora*, las diferencias son mayores (1 a 3 °C) que en *C. arabica*. Esto podría explicarse por diferencias morfológicas, anatómicas y fisiológicas entre los tipos de hojas tales como: área foliar, grosor de lámina, contenido de clorofila, tasa de transpiración, cantidad de agua en la hoja e intercambio de calor (Zahner 1968).

Las ramas y hojas están más calientes durante el día y más frías durante la noche (remoción de calor por convección y evaporación foliar insuficiente para equipar su temperatura a la del aire), que el aire de la plantación; la temperatura mínima del aire se presenta después de la mínima de las hojas y de las ramas (aproximadamente 15 minutos). Las ramas presentan un calentamiento y enfriamiento intermedio entre la hojas y el aire dentro de

la plantación. La temperatura de los frutos fue similar a la registrada por las ramas (Jaramillo y Gómez 1989). El comportamiento turbulento del viento dentro de la plantación está determinado por la misma velocidad del viento, arquitectura del árbol, el índice de área foliar, la distancia de siembra, las prácticas del cultivos y orientación de surcos entre otras. La velocidad del viento (1,5 - 4 km/h) tiende a aumentar con la altura, en la forma logarítmica debido a la disminución de la rugosidad de la superficie y por menor fricción.

En café bajo sombra, las variaciones diarias del microclima son menores que a pleno sol. La sombra disminuye evidentemente la radiación solar (Jaramillo - Robledo y Gómez - Gómez 1989). También se reducen las diferencias entre temperaturas mínimas y máximas diarias, y se incrementa probablemente la duración de mojadura de la hoja (Barradas y Fanjul 1986; Jaramillo - Robledo y Gómez - Gómez 1989; Caramori *et al.* 1996). Las temperaturas del aire en el interior de un cafetal bajo sombra, difieren con la altura sobre el nivel del suelo: permanecen más frías las capas inferiores. Las mayores diferencias se encuentran entre la superficie del suelo y un metro de altura; estas diferencias son hasta de 4 °C en las horas de mayor radiación solar. Entre 2 y 4 metros de altura las diferencias en temperatura son más pequeñas que 1,0 °C y 1,5 °C. La temperatura del aire registrada a un metro de altura en medio de los árboles y dentro del follaje es similar, aunque en las horas de mayor radiación en el interior del follaje la temperatura del aire tiende a ser menor (Jaramillo 1976).

La evaporación dentro del cafetal con sombra es menor en un 50 % en relación a la registrada en una estación meteorológica, la velocidad del viento es inferior (1,5 - 3 km/h) en relación a un café a pleno a sol (1,5 - 4 km/h) (Orozco y Jaramillo 1978).

La sombra también intercepta la lluvia (Imbach *et al.* 1989; Jaramillo - Robledo & Chaves - Córdoba, 1998). Cuando la intensidad y duración de la lluvia son ligeras (0,25 a 1mm/hora), puede que el agua no alcance los cafetos cuando estos se encuentran bajo sombra. Cuando, al contrario, la lluvia es intensa y larga, la sombra canaliza el agua. Se forman entonces grandes gotas (hasta de 9 mm de diámetro) de agua que caen esparcidamente en el cafetal (Avelino *et al.* 2004).

2.3.3 Enfermedades

La presencia y severidad de una enfermedad es el producto de las interacciones entre un ambiente favorable, un hospedero susceptible, un parásito agresivo y la intervención del productor (Zadoks y Schein, 1979). Dentro del ambiente, está el ambiente físico y también el ambiente biológico, como la flora y fauna benéficas (Altieri y Letorneau 1982). Entre las prácticas del productor, el manejo de la sombra es especialmente importante.

La sombra no afecta de la misma manera a todas las enfermedades del café. Con más sombra, mayor presencia de ojo de gallo (*Mycena citricolor*) (Avelino *et al.* 2007). Otra enfermedad conocida por ser favorecida por la sombra es el mal de hilachas causado por *Corticium koleroga*¹ (Figura 1). Sin embargo la sombra en café contribuye a la reducción de los niveles de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) (Staver *et al.* 2001), ya que esta enfermedad está relacionada con deficiencias nutricionales más frecuentes al sol. El derrite, causado por *Phoma costarricensis*, es otra enfermedad desfavorecida por los árboles de sombra. Los vientos (especialmente los vientos fríos), pueden causar las heridas en las hojas jóvenes del cafeto a través de las cuales el hongo penetra².



Figura 1. Principales enfermedades del cultivo café.

El efecto de la radiación puede manifestarse aún dentro de la misma planta; la roya (*Hemileia vastatrix*) prospera mejor en las ramas inferiores, donde hay menos luz, así como más inóculo residual (Avelino *et al.* 1991). Al contrario, la mancha de hierro desarrolla mejor en ramas altas que reciben mayor cantidad de radiación. Los hongos que causan antracnosis (*Colletotrichum spp*) se adaptan tanto a condiciones sombreadas como a pleno sol. El hongo *Lecanicillium lecanii*, que regula de forma natural a los inóculos de roya en café, crece mejor

¹ Avelino, J. 2009. Comunicación personal. Turrialba, Costa Rica.

² Avelino, J. 2009. Comunicación personal. Turrialba, Costa Rica.

bajo condiciones de alta humedad y sombra, pero no tiene respuesta específica a la cantidad de luz (Guharay *et al.* 2001).

En cafetales bajo manejo orgánico y convencional, Samayoa y Sánchez (2000) evaluaron importantes efectos de sombra en la incidencia de enfermedades, encontrando menores niveles de incidencia de chasparria (*C. coffeicola*) en cafetales bajo manejo orgánico; sin embargo, el ojo de gallo (*M. citricolor*) fue ligeramente mayor (aunque no limitante) bajo manejo orgánico que bajo manejo convencional. Roya (*H. vastatrix*) y otras enfermedades fueron menos incidentes y no presentaron diferencias entre manejos. Ellos concluyeron que la sombra debe mantenerse en un nivel que reduzca el daño de chasparria, pero que no incremente los daños causados por ojo de gallo. La roya y mancha de hierro no cuentan con hospederos alternos, mientras que los hongos que causan antracnosis, ojo de gallo, mal de hilachas tienen muchos hospederos alternos y dispersos dentro de los cafetales y sus alrededores (Schroth *et al.* 2000).

2.3.4 Las uredinales: un ejemplo de ciclo completo con la roya del trigo

Aunque el ciclo de la roya del café sea relativamente simple (ver adelante), algunos ciclos de royas pueden alcanzar un grado de complejidad muy elevado, formando una gran diversidad de esporas infecciosas sobre diferentes hospederos. Este es el caso de la roya del trigo causada por *Puccinia graminis* (Agrios 1998). Esta se desarrolla en base a las siguientes etapas (Figura 2):

- I) Hacia mitad del verano, formación de telios, sobre hojas y tallos de trigo que producen teliósporas (n+n): bicelulares, binucleadas, color negro. Caen al suelo y permanecen latentes todo el invierno.
- II) Al inicio de primavera, teliósporas sufren cariogamia y meiosis, producen un tubo de germinación al que migran los 4 núcleos, el tubo se septa en 4 compartimentos uninucleados originando así un basidio. Cada compartimiento produce un esterigma con una basidióspora (n).
- III) Las basidiósporas que caen sobre agracejo (*Berberis vulgaris*) germinan dando micelio primario y éste origina, en el haz de las hojas, espermogonios (picnidios) con spermacios (n)

(picnidiosporas) e hifas receptoras (n), se produce plasmogamia entre espermacios e hifas receptoras originando micelio secundario.

VI) Este micelio atraviesa la hoja y produce, en el envés, ecidios con ecidiosporas (n+n) amarillentas.

V) Las ecidiosporas que caen sobre trigo, germinan dando micelio dicariótico, que produce uredos con uredosporas (n+n) de color pardo rojizo. Las uredosporas reinfectan el trigo.

IV) A mediados del verano, el mismo micelio deja de producir uredos, y origina telios.

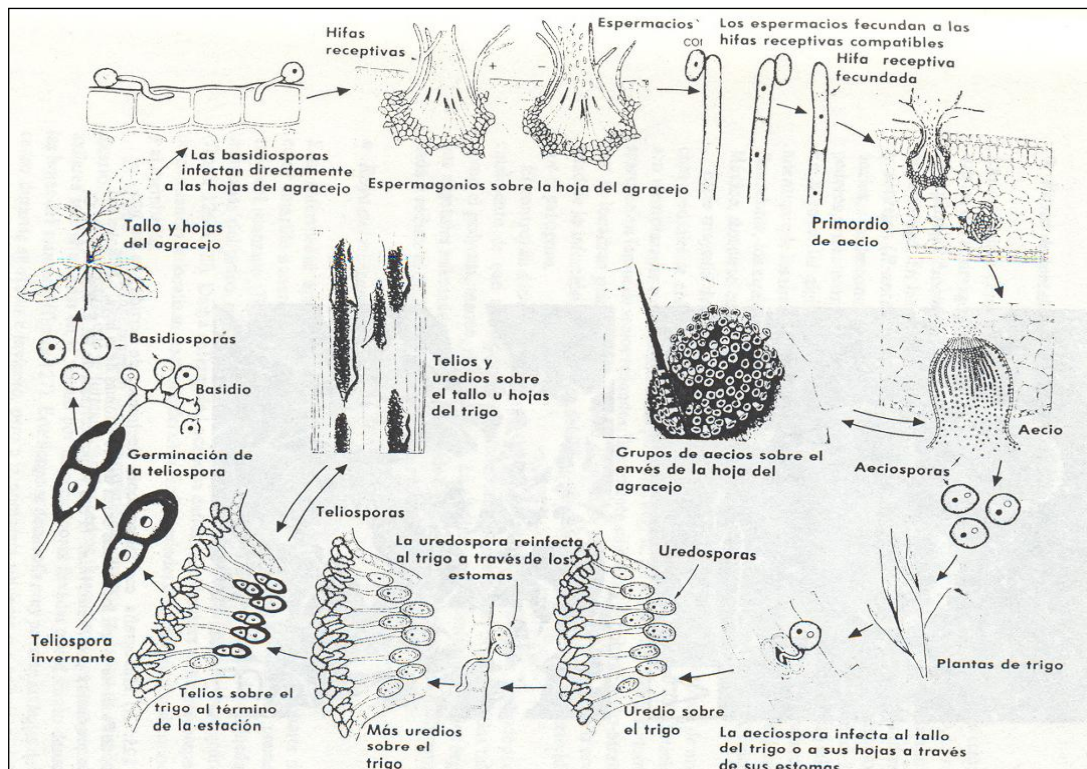


Figura 2. Ciclo patológico de la roya del trigo (*Puccinia graminis*) (Agris 1998).

2.3.5 La roya anaranjada del café

“La roya anaranjada fue reportada formalmente por primera vez en 1869 en una plantación de la isla asiática de Ceilán (hoy Sri Lanka).” Sin embargo, el hongo posiblemente se originó en África Central, donde el *Coffea arabica* se diversificó. La roya fue probablemente introducida accidentalmente a Ceilán desde África Central (Butler 1918). A Brasil la roya llegó en 1971, llevada por los vientos alisios de África del Oeste (Bowden *et al.* 1971). “Posteriormente, en menos de 20 años la roya se hizo presente en todos los países latinoamericanos productores de café.”

La roya es un hongo de la clase *Basidiomycetes*, del género *Hemileia* (que significa mitad liso por la característica de las uredosporas), presenta ocasionalmente teliosporas y basidiosporas, siendo la principal forma de reproducción uredosporas. “*La roya es un parásito obligatorio que afecta hojas vivas de las especies de género Coffea. De las especies cultivadas la C. arábica es la más afectada. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en la cara inferior de la hoja, por donde penetra el hongo, consistentes en pequeñas lesiones amarillentas que con el tiempo se vuelven coalescentes y producen uredosporas con un color anaranjado característico*” (Avelino *et al.* 1999). En la actualidad no se ha reportado ningún hospedero alterno de la roya, sin embargo, el hecho que las basidiosporas sí germinen sobre el cafeto, pero no logren infectarlo, indica que el hongo probablemente necesite otro hospedero para completar su ciclo, por lo cual se considera a la roya como heteroica.

2.3.5.1 Ciclo de vida de la roya del café

Básicamente, el ciclo de vida de un hongo fitopatógeno puede dividirse en las etapas siguientes: diseminación, germinación, penetración, colonización y esporulación (Figura 3).

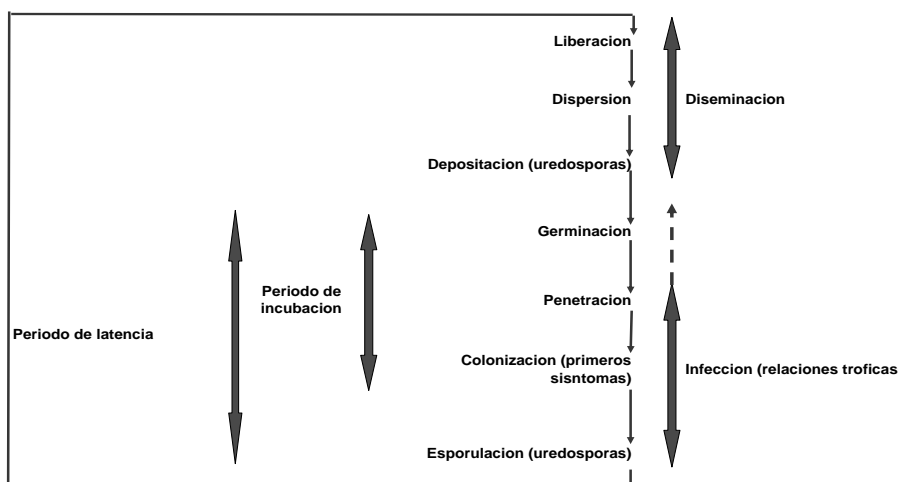


Figura 3. Ciclo de vida de la roya anaranjada del café (Avelino *et al.* 1999).

La diseminación se divide en liberación (la propágula se desprende), dispersión y depositación sobre los órganos por infectar. La germinación constituye el inicio del proceso infeccioso. Cuando se da la penetración del hongo, empiezan a establecerse relaciones tróficas entre el hongo y el hospedero. La colonización del órgano infectado lleva a la formación de los primeros síntomas visuales. El periodo comprendido entre el inicio de la germinación y la

expresión de los primeros síntomas, constituye el periodo de incubación (no se ha producido ninguna entidad infecciosa nueva). La emergencia posterior de nuevas propágulas infecciosas, constituye la etapa de la esporulación. El tiempo transcurrido entre el inicio de la germinación y la esporulación (periodo de latencia), representa la variable más importante. “*Cuanto más corto sea este, más rápido podrá repetirse el ciclo y más grave será la epidemia*” (Avelino et al. 1999).

Los factores que afectan las diferentes etapas del ciclo de vida de *H. vastatrix* están representados en la Figura 4 (Avelino et al. 2004) y se explican en los párrafos siguientes

2.3.5.1.1 Diseminación y germinación de las uredosporas de H. vastatrix

“*Es admitido generalmente que la liberación de uredosporas solamente es posible en presencia de agua líquida (Nutman et al. 1960). Una vez desprendidas, estas pueden viajar de diferentes formas: a pequeñas distancias a través de las salpicaduras provocadas por la lluvia (Nutman et al. 1960; Rayner 1961 a y b; Bock 1962; Nutman y Roberts 1963), a pequeñas y medianas distancias por los insectos (Crowe 1963; Amante et al. 1971) y los hombres (Waller 1972; Kushalappa 1989 b), a medianas y grandes distancias por el viento (Bowden et al. 1971). Cuando la cara superior de la hoja es normalmente alcanzada por las lluvias, transportan las esporas hacia la cara inferior de las hojas (Rayner 1961 a; Bock 1962; Nutman y Roberts 1963), aunque si las lluvias son muy violentas, estas pueden eliminar las esporas por lavado*” (Kushalappa 1989 b).

“*Durante el transporte por el viento, la viabilidad de las uredosporas puede verse afectada por el secamiento y las bajas temperaturas (Kushalappa 1989 b) y después de la depositación por una mojadura insuficiente para completar la germinación (Bock 1962; Nutman y Roberts 1963) o una exposición prolongada a los rayos del sol (Kushalappa 1989 b). La eficiencia contaminadora óptima es alcanzada cuando se tienen de 15 a 30 esporas por cm² (Bock 1962). Las condiciones óptimas para la germinación son bien conocidas: temperatura de 22 °C (Nutman y Roberts 1963) a 23 °C (Akutsu 1981), oscuridad (Rayner 1961 b; Nutman y Roberts 1963), agua líquida durante todo el proceso hasta la penetración*” (Rayner 1961 b, Nutman y Roberts 1963; Kushalappa et al. 1983).

“La germinación puede ocurrir en un tiempo de 5 horas y con mayor frecuencia por la noche (Rayner 1961 b), aunque también podría realizarse de día en cafetales cultivados bajo sombra y/o con un autosombramiento importante (Nutman y Roberts 1963). La formación de un apresorio sobre el estoma parece necesario para que se realice la penetración (6 horas). Temperaturas frescas entre 14 °C y 16 °C son favorables a esta formación” (De Jong et al. 1987).

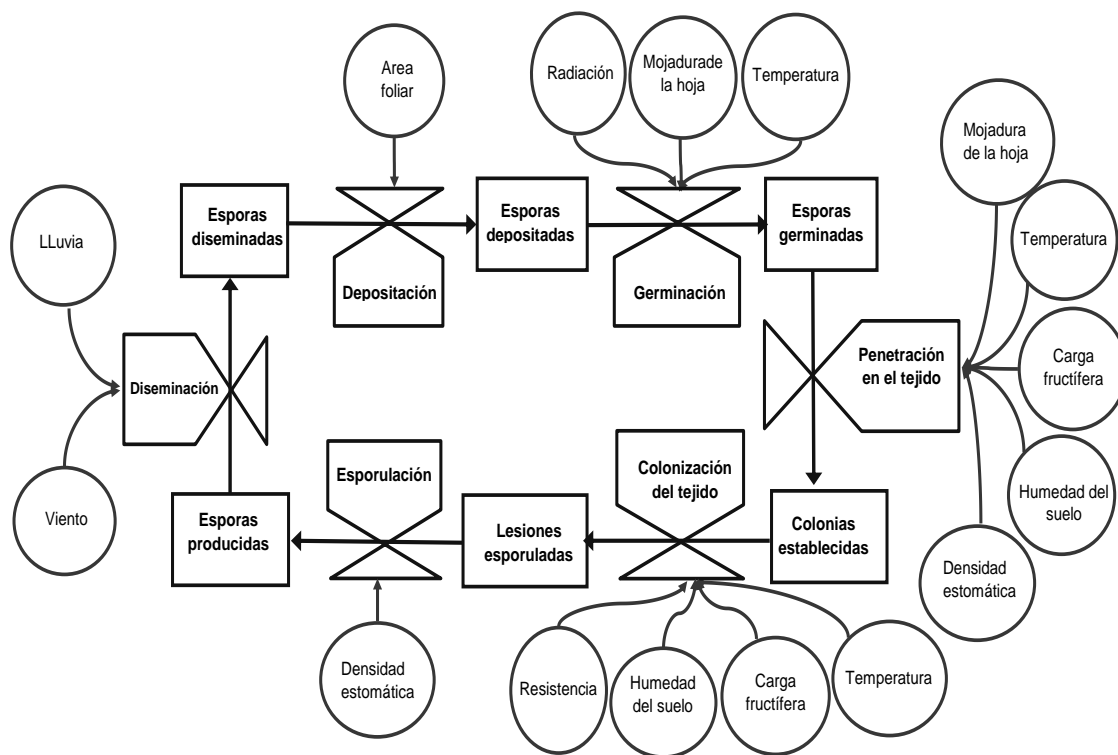


Figura 4. Diagrama de flujos representando el ciclo de vida de la roya anaranjada del café y los principales factores que lo afectan (Avelino et al. 2004).

2.3.5.1.2 Infección de la roya en el hospedero

“La penetración del hongo se efectúa por un estoma bien formado. Lo anterior permite explicar que las hojas muy jóvenes cuya maduración de los estomas es incompleta son menos receptivas que las hojas adultas (Kushalappa 1989 b). Al contrario, algunos factores de estrés como una fuerte intensidad lumínica, antes de la depositación (acompañada de una fuerte temperatura) (Eskes 1982 a) o una gran carga de frutos (Eskes y Souza 1981) aumentan la predisposición de las hojas a la infección por roya”.

“Después de la penetración se establecen las relaciones tróficas entre el hongo y la planta. Las resistencias genéticas, el potencial hídrico del suelo (Hoogstraten et al. 1983) y la temperatura de la hoja (Ribeiro et al. 1978) la cual, al sol, puede superar en 10 °C o más la temperatura del aire (Butler 1977), son factores que actúan sobre la colonización de la hoja por el hongo. McCain y Hennen (1984) han descrito con precisión las diferentes etapas que siguen la penetración. Se forman hifas intercelulares pioneras, posterior alimenticias y colonizadoras. De las hifas nacen haustorios intracelulares, los cuales extraen de las células invadidas los elementos necesarios para el crecimiento del hongo. Lo anterior conduce a la aparición de los primeros síntomas (leve amarillamiento). Unas cuantas hifas invaden posteriormente una cámara subestomatica y producen un agregado de células esporógenas o protosoro. Algunas de ellas emergen por la apertura del estoma y producen un esporóforo. Rayner (1972) evidenció que una lesión puede producir 400 000 esporas en tres meses. La longevidad de una lesión puede alcanzar de 4 - 5 meses (periodo contagioso), en dependencia del ciclo de vida de las hojas”.

2.3.5.2 Epidemiología de la roya

La epidemia de roya empieza con la formación del inóculo primario, el cual es el inóculo responsable del desarrollo inicial de la epidemia. *“La mayor fuente de inóculo primario es el inóculo residual (Mayne 1930), inóculo constituido por las lesiones necrosadas y/o latentes llevadas por las hojas del café que sobrevivieron después de la época seca (Muthappa 1980). La cantidad de inóculo residual depende de la intensidad de defoliación. Paradójicamente, las aplicaciones de fungicidas pueden aumentar la cantidad de inóculo residual porque prolongan la vida de las hojas” (Nutman y Roberts 1962).* La primera fase de la epidemia inicia con las primeras lluvias del año, las cuales reactivan la esporulación sobre las lesiones necrosadas y / o latentes y se forma el inóculo primario (Muthappa 1980; Muller 1980). *“La segunda fase consiste en la repetición del ciclo (policiclo) y la formación del inóculo secundario, cuya cantidad puede verse reducida también por la defoliación del café (natural o causada por la misma enfermedad)”.*

2.3.5.2.1 Factores que afectan la epidemiología de la roya anaranjada

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

2.3.5.2.1.1 La lluvia

Se indicó que el agua líquida actúa a nivel de esporulación (transporte), depositación, germinación y penetración de las uredosporas en las hojas. *“Esto explica que la epifitía se desarrolla durante la época de lluvias y que su descenso se observa cuando el periodo de lluvias se detiene”* (Gálvez et al. 1982; Santacreo et al. 1983; Holguín 1985).

2.3.5.2.1.2 La temperatura

“La germinación es muy dependiente de las condiciones de temperatura. La formación del apresorio y la progresión del hongo en la hoja dependen de esta variable también”. El periodo de incubación se acorta extremadamente en los meses con temperaturas favorables para la germinación (entre 22 y 23 °C). *“En Honduras, a 750 msnm, de febrero de 1982 a enero de 1983, los periodos de latencia fluctuaron entre 29 y 62 días* (Santacreo et al. 1983). *Los periodos más cortos se observaron en agosto y septiembre, meses en que la temperatura se mantuvo entre 18 °C y 27 °C. A una altitud de 1 200 msnm, los periodos de latencia se alargaron debido a las temperaturas más bajas, estos oscilaron entre 40 y 80 días”*.

Lo anterior explica que los máximos de infección y la forma de la curva de progreso de la epidemia varíen en función de la altitud, la cual está relacionada de manera inversa a la temperatura. En México, en el periodo de marzo de 1988 a abril de 1989 se observó que a menor altitud (460 msnm) los niveles de infección alcanzados eran mayores (Avelino et al. 1991). Las epidemias eran también más precoces.

2.3.5.2.1.3 La carga fructífera

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

2.3.5.2.1.4 La cosecha de los frutos

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

2.3.5.2.1.5 El inóculo residual

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

Avelino *et al.* 1995 en Guatemala, en un experimento de comparación de calendarios de aspersión, llevado a cabo durante 1991 y 1992, observaron que los tratamientos que habían

sido más eficaces en 1991, habían conservado mayor número de hojas y por lo tanto, mayor cantidad de inóculo residual en 1992, e inducido epidemias muy precoces en ese último año. Al contrario la epidemia del testigo (sin ningún control químico) se atrasó considerablemente al principio, ya que había conservado una menor cantidad de hojas con inóculo residual, debido a la defoliación severa que se había presentado en 1991. Lo anterior muestra que la defoliación juega un papel de regular la epidemia. Se entiende entonces, que una época seca muy marcada, al acentuar la defoliación, no permite el desarrollo de epidemias muy graves (Avelino *et al.* 1991).

Sin embargo, debido a que la roya es policíclica, la cantidad de inóculo residual no es determinante en el desarrollo de la epidemia (cada lesión puede producir hasta 400 000 esporas en tres meses). Fuertes epidemias pueden desarrollarse aún con niveles bajos de inóculo residual. Lo que es más importante es el periodo de latencia (Kushalappa *et al.* 1984).

2.3.5.3 Pérdida en la producción

El paralelismo observado entre la infección y la producción, en ocasiones puede conducir a subestimar el efecto de la enfermedad, pues después de un año de alta cosecha, se espera un año de baja producción, con o sin roya (Avelino *et al.* 1993). Sin embargo la enfermedad sí causa pérdidas, y el control es necesario, aunque éste no sea tan útil en las fases menos productivas del cafeto (plantas recién sembradas y recién podadas). *“En Honduras, Palma y sus colaboradores (1990) en un experimento de productos químicos de una duración de 2 años, reportaron pérdidas de producción de al menos el 40 %, ocasionados por infecciones de 68 %, con respecto a infecciones inferiores a 21 %. En Guatemala, (Avelino et al. 1993), en un experimento específico de pérdidas de producción, encontraron pérdidas de 21 % como resultado de una infección acumulada del 16 % de las hojas jóvenes enfermas, en comparación con plantas totalmente sanas. La defoliación de las bandolas enfermas redujo el crecimiento de estas, por ende, el número de frutos llevados al año siguiente. Lo anterior evidencia que la roya anaranjada acentúa el ritmo bienal de la producción”.*

2.3.5.4 Razas de roya

Según Céu Silva *et al.* 2006 se han identificado 45 razas de roya. Estas son el resultado de las diferentes combinaciones de nueve factores de virulencia. “*Hasta 1997, todas las muestras de roya anaranjada procedente de América Central que fueron evaluadas por el Centro de Investigacao das Ferrugens do Caffeiro (CIFC) (Portugal), muestras de los años 1977, 1984, 1992, 1993 y 1994 originarias de Nicaragua, Honduras, Guatemala y Costa Rica, fueron identificadas, como muestras de raza II únicamente, la raza de roya más sencilla (un solo factor de virulencia, v5)*” (reportado por Avelino *et al.* 1999). Hace 10 años, sin embargo, el CIFC identificó la raza I (v2 v5) en unas muestras del lago Yojoa, Honduras, región muy favorable al desarrollo de la enfermedad (reportado por Avelino *et al.* 1999). La raza de roya II se caracteriza por ser la más sencilla de todas las razas, pero constituye la raza mejor adaptada a las condiciones del hospedero y de clima (gran capacidad para mutar).

2.3.5.5 Resistencia genética a la roya anaranjada

De los nueve factores (SH1 hasta SH9) de resistencia genética conocidos, cuatro han sido identificados en *Coffea arabica* (SH1, SH2, SH4 y SH5). La mayoría de los arabica cultivados poseen el factor de resistencia SH5, el cual es vencido por el factor de virulencia v5 que está presente en la raza II de la roya. El factor de resistencia SH3 proviene del *C. liberica*. Los otros cuatro factores de resistencia SH6, SH7, SH8 y SH9 provienen del *C. canephora*. “*En América Central, a través del programa PROMECAFE, se han seleccionado localmente, diferentes variedades resistentes a la roya anaranjada a partir de genotipos híbridos llamados Catimor (Caturra x Híbridos de Timor), originarios de Portugal o Brasil (Echeverri 1988). Todas las selecciones locales de Catimor (Catrenic, Ihcafé 90 y Costa Rica 95) han sido realizadas sobre criterios de productividad y de resistencia a la raza II de la roya*” (Avelino *et al.* 1999). Lamentablemente, sus deficiencias en materia de calidad han hecho que su expansión no haya sido lo esperado. La gran mayoría (arriba del 90 %) de las áreas sembradas con café en Centroamérica tienen todavía variedades susceptibles a la roya. En la última década, se han creado híbridos F1 cruzando materiales procedentes de Etiopía con materiales comerciales (incluyendo Catimores) con el fin de aprovechar el vigor híbrido. Estos híbridos

poseen características de resistencia a la roya, de productividad y de calidad. El proceso de multiplicación está apenas empezando³.

2.3.5.6 Control químico

Los métodos de control de la roya más utilizados son el químico, con generalmente la aplicación de productos a base de cobre. Palma *et al.* (1990), en Honduras, encontraron que con 3 - 4 aspersiones (1 - 2 meses entre cada aplicación), iniciando las lluvias con dosis de 2 kg/ha de hidróxido de cobre, era suficiente para controlar la roya. Hay también productos sistémicos, entre ellos los triazoles (triadimefon, hexaconazol, ciproconazol). Las aspersiones de productos cúpricos pueden realizarse en base a resultados de muestreos (mensuales) o calendarios de aspersiones. La incidencia crítica propuesta para realizar aspersiones cúpricas es generalmente del 5 %.

³ Avelino, J. 2009. Comunicación personal. Turrialba, Costa Rica.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización y topografía

El área de estudio se encuentra ubicada entre las coordenadas de 9°53'44" latitud norte; 83°40'7" longitud oeste, con una elevación de 600 msnm. El terreno, presenta poca pendiente (3 – 8 %), anteriormente estuvo dedicado al cultivo de caña de azúcar (De Melo *et al.* 2002). El estudio se realizó en un área de borde de 0,18 hectárea, ubicado en el costado suroeste del ensayo agroforestal CATIE (contiguo al bloque 3) (Figura 5).



Figura 5. Ubicación topográfica del área de estudio.

3.1.2 El suelo

Debido a la proximidad de los ensayos del estudio, al bloque 3 del ensayo CATIE, se podría considerar que los suelos son similares a los del CATIE, los cuales se clasifican entre los órdenes Ultisol e Inceptisol. La parte Ultisol (parte baja de los bloques 1 y 3), se caracteriza por la acumulación de arcilla en el horizonte B y baja saturación de bases 1, con texturas entre franco y franco - arcilloso (primeros horizontes), caracterizados por ser químicamente pobres, de color rojizo, ácidos, lixiviados, sin reservas de minerales meteorizables, con saturación de bases menores al 35 %, susceptibles a la compactación,

comunes en clima húmedo y sin largas épocas secas. Estos suelos fijan P y complejos de Al y Fe, considerados poco favorables para el desarrollo de los cultivos, ya que son suelos de baja fertilidad (Niuwenhuysse 2005). La parte Inceptisol (parte baja de bloque 2) no presenta acumulación de arcilla. La principal limitante encontrada durante el establecimiento del ensayo fue el mal drenaje, que en capas inferiores (20 a 30 cm) presenta condiciones de redoximorfismo (De Melo *et al.* 2002).

3.1.3 El clima

La zona en estudio se caracteriza por presentar un clima cálido y húmedo, de la cual se cuenta con registros históricos climatológicos a partir de 1949 a 2009 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Registros históricos promedios (1949 - 2009) de la estación meteorológica del CATIE.

Factores de clima	Enr	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
Precipitación (mm)	185,20	140,80	84,80	131,60	245,10	281,10	276,90	257,30	256,10	252,30	274,50	306,30	2692,00
Temperatura (°C)	20,50	20,80	21,50	22,10	22,60	22,50	22,20	22,20	22,40	22,20	21,70	20,90	21,80
Humedad (%)	87,60	86,50	85,30	86,00	87,90	89,00	98,70	89,20	88,50	88,90	89,70	89,10	88,90

Fuente: Registros históricos de la estación meteorológica del CATIE

En el cuadro 1 se observa que los meses con menor precipitación están comprendidos entre enero y abril, siendo marzo el mes con menor cantidad de lluvia; el período presenta un rango de 15 a 18 días con lluvias (≥ 1 mm) por mes. Del período lluvioso, diciembre es el mes con mayor precipitación (306,30 mm); en este período se presentan de 21 a 25 días de lluvia por mes. La temperatura promedio anual se registra en 21,80 °C, siendo los meses lluviosos donde se presentan los promedios más altos. La humedad relativa promedio anual asciende a 88,10 %, siendo los meses de enero a abril los que registran los promedios más bajos, que oscilan entre 85,30 y 87,60 %.

3.1.4 Manejo agronómico

Los ensayos experimentales están sembrados con café de la variedad caturra (susceptible a la roya), de 9 años de edad a una densidad de 5 000 plantas / ha (2 m x 1 m). La sombra es de poró (*Erythrina poeppigiana*), plantado a una densidad de 417 plantas / ha (6 m x 4 m).

Las actividades de manejo que se realizaron en los ensayos experimentales durante los periodos de evaluación 2008 y 2009 fueron podas del poró, eliminación de rebrotes del poró,

podas y deshierbe del café, control de malezas, fertilización granulada al suelo, aplicación de insecticidas, trampas para brocas y recolecciones de cosechas, en el Anexo 1 se detallan las fechas, cantidad, dosis y momento de realización de cada actividad, durante los dos periodos de evaluación.

3.1.5 Establecimiento de ensayos experimentales

Se establecieron dos experimentos, uno al sol y el otro bajo sombra, para estudiar el efecto de la carga fructífera sobre la roya bajo dos condiciones microclimáticas. Para eso se aplicaron varios niveles de producción removiendo nudos fructíferos en las plantas de cada experimento. En el estudio, se desarrollaron dos periodos de evaluación, el primer periodo comprendió de agosto del 2008 a enero del 2009 y el segundo de mayo a diciembre del 2009. En el Anexo 2 se describen las actividades y fechas de realización en cada periodo de evaluación. A continuación, se describen las actividades para el establecimiento de los ensayos experimentales.

3.1.5.1 Realización del croquis o mapa del ensayo

Esta actividad consistió en realizar un recorrido por el área seleccionada, en donde se inventarió todas las plantas de café y poró, posterior se levantó con un GPS las coordenadas de los linderos y ubicación de los ensayos experimentales, con los datos recabados en el GPS se elaboró el mapa del área experimental en el programa ArcGis (Figura 6).

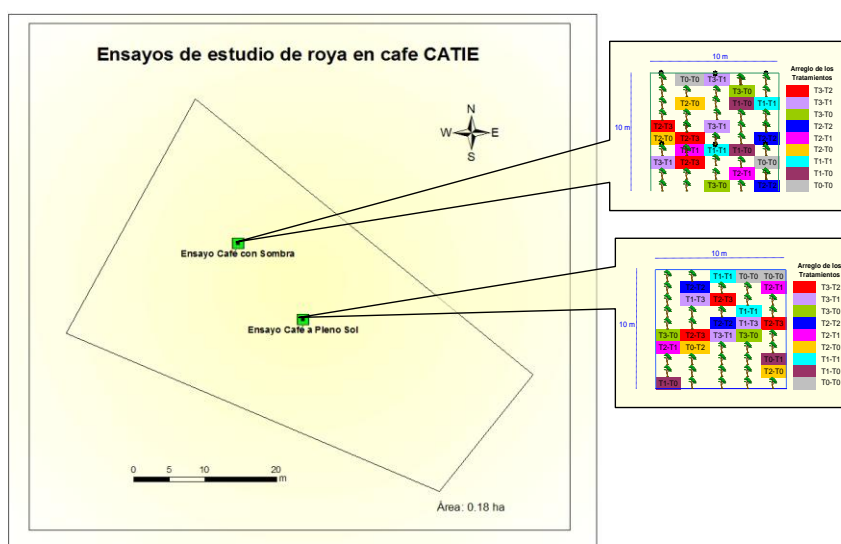


Figura 6. Ubicación en el mapa de los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada.

3.1.5.2 Delimitación y establecimientos de los ensayos experimentales y parcelas útiles

Estas actividades durante el periodo de evaluación 2008 fueron realizadas en la primera quincena de julio y en el 2009 se realizó en la primera quincena de mayo. Básicamente consistió en dividir el área seleccionada en dos ensayos de 100 plantas (10 surcos de 10 plantas) cada uno (Figura 7). El ensayo ubicado al costado oeste se le designó como café con sombra regulada (417 árboles /ha de poró) y el que está al costado este como café a pleno sol. Dentro de cada ensayo se estableció una parcela útil de 100 m² compuesta de 5 surcos de 10 puntos de siembra o golpe, dentro del cual se seleccionaron 20 puntos de siembra (cada punto de siembra compuesto por 2 plantas), para un total de 40 unidades de muestreo. Para el año 2008 se realizó una poda total de los porós que estaban dentro del ensayo sol, con finalidad de exponer las plantas de café al pleno sol.

La selección de las plantas para las parcelas útiles se realizó bajo los siguientes criterios: buena vigorosidad, tres a cuatro tallos por punto de siembra, sin daños físicos y sin deformación, desarrollo similar y con buena presencia de frutos, con la finalidad de reducir al máximo la heterogeneidad entre plantas.



Figura 7. Ubicación en campo de los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada.

3.1.5.2.1 *Conteo de nudos productivos y establecimiento de tratamientos (remoción de nudos productivos)*

El conteo de nudos productivos se realizó con la finalidad de conocer el potencial productivo de cada planta y de esa forma aplicarle el tratamiento más adecuado. Esta actividad se realizó con contímetros de mano y consistió en contar todos los nudos productivos de la planta, iniciando de la parte inferior hasta culminar en las bandolas de la parte superior de la planta. Una vez que se realizó el conteo de los nudos productivos se realizó un diseño de la ubicación de cada tratamiento en cada ensayo. Se definieron cuatro tratamientos cero nudos productivos (T1), 150 nudos productivos (T2), 250 nudos productivos (T3) y 500 nudos productivos (T4). Una vez seleccionado el tratamiento, se realizó la remoción de los excedentes de nudos productivos, dejando a la planta con el número de nudos productivos necesario en cada tratamiento. El nivel de 250 nudos fructíferos ha sido descrito como un posible umbral arriba del cual la planta se vuelve más susceptible a la roya (Avelino *et al.* 2006).

Para obtener una mejor distribución de los tratamientos en cada ensayo experimental, éstos se establecieron de tal forma que las combinaciones de tratamientos obtenidas (2 tratamientos por punto de siembra) estén repetidas dos o tres veces en cada experimento (Figura 8). Sólo faltó la combinación de 500 con 500 nudos fructíferos, debido a la falta de plantas con altas producciones en el mismo punto de siembra. Como consecuencia, se obtuvieron para los tratamientos cero nudos productivos, 150 y 250 nudos productivos 11 plantas y para el tratamiento 500 nudos productivos solamente 7 plantas.

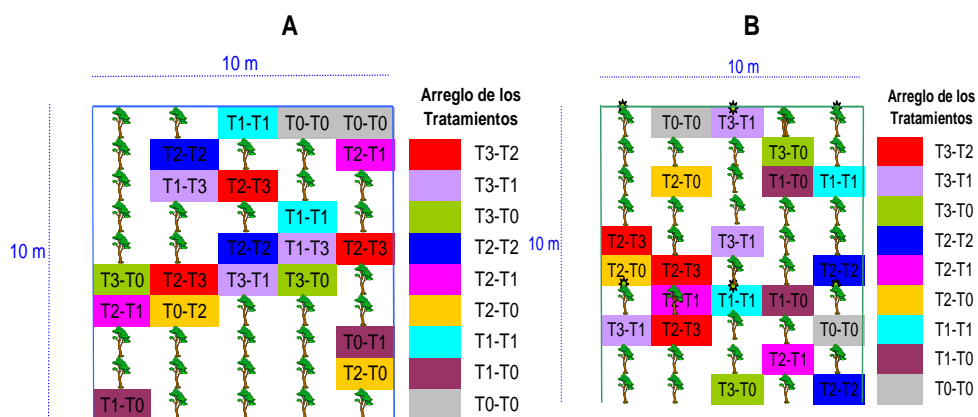


Figura 8. Arreglos de los tratamientos en las parcelas útiles de los ensayos café a pleno sol A) y con sombra regulada (B) en 2009. Cada color representa una combinación de tratamientos aplicados a cada una de las dos plantas que componen el punto de siembra o golpe.

En el segundo año de trabajo, las plantas se cambiaron y se repitió el procedimiento.

3.1.5.2 Selección y codificación de las bandolas o ramas de las plantas de la parcela útil

En cada planta de las parcelas útiles se seleccionaron cuatro bandolas (sentido opuesto), dos en la parte media y dos en la parte alta (mayor producción de frutos), a las cuales se les codificó con taye eléctrico. Cada código estaba compuesto por un número de planta y un número de tratamiento. Para esta actividad, se utilizaron 4 colores diferentes (rojo, blanco, amarillo y azul). En cada periodo se seleccionaron y codificaron 160 bandolas por ensayo. A cada bandola se le evaluó la incidencia y severidad de la roya, crecimiento y defoliación.

3.1.5.3 Evaluación del crecimiento de la enfermedad y del hospedero

Para evaluar la infección instantánea y acumulativa de la roya en el tiempo se utilizó el método propuesto por Kushalappa (1981). Este método permite cuantificar entre mediciones el crecimiento de la enfermedad, del hospedero (hojas de café), las pérdidas de hojas enfermas o sanas, ya que cada hoja de las bandolas codificadas queda identificada en los formatos de las mediciones (Figura 9).

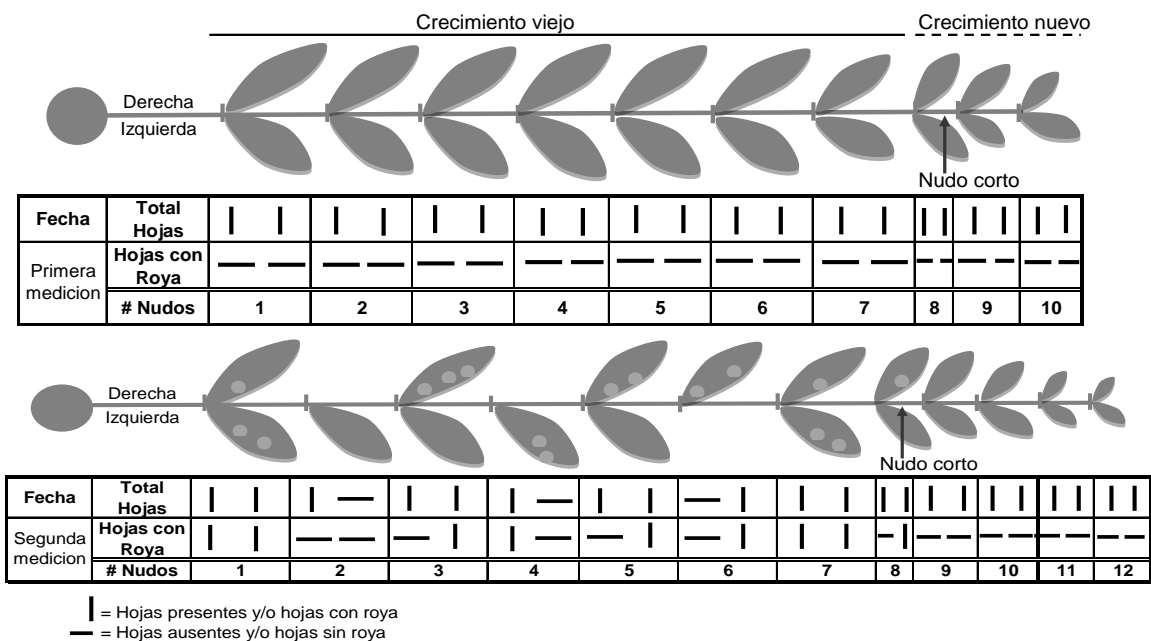


Figura 9. Método para evaluar el crecimiento de la roya y del hospedero (Kushalappa 1981). La primera línea representa el total de hojas en cada nudo (2 palos verticales es un par, un palo vertical es una hoja cuya ubicación está dada por la ubicación del palo en el cuadro); la segunda línea representa la enfermedad (2 palos verticales es un par de hojas enfermas, un palo vertical es una hoja enferma cuya ubicación está dada por la ubicación del palo en el cuadro).

La enfermedad no solamente se describió a través de su presencia en las hojas, sino también a través de la evaluación de la severidad en una submuestra de la parcela útil. En 2008, para severidad se recabaron datos provenientes de 20 plantas por ensayo y dos ramas por planta. En el periodo de evaluación del 2009, para severidad, también se recabaron datos de 20 plantas por ensayo, pero tomando el 100 % de las bandolas o sea 80 bandolas por ensayo.

Se utilizó la escala de severidad propuesta por Kushalappa y Chaves (1980), la cual permite estimar el área foliar (1 a 100 cm²) de cada una de las hojas evaluadas y el porcentaje (0 a 100 %) de su área afectada por la roya (Figura 10).

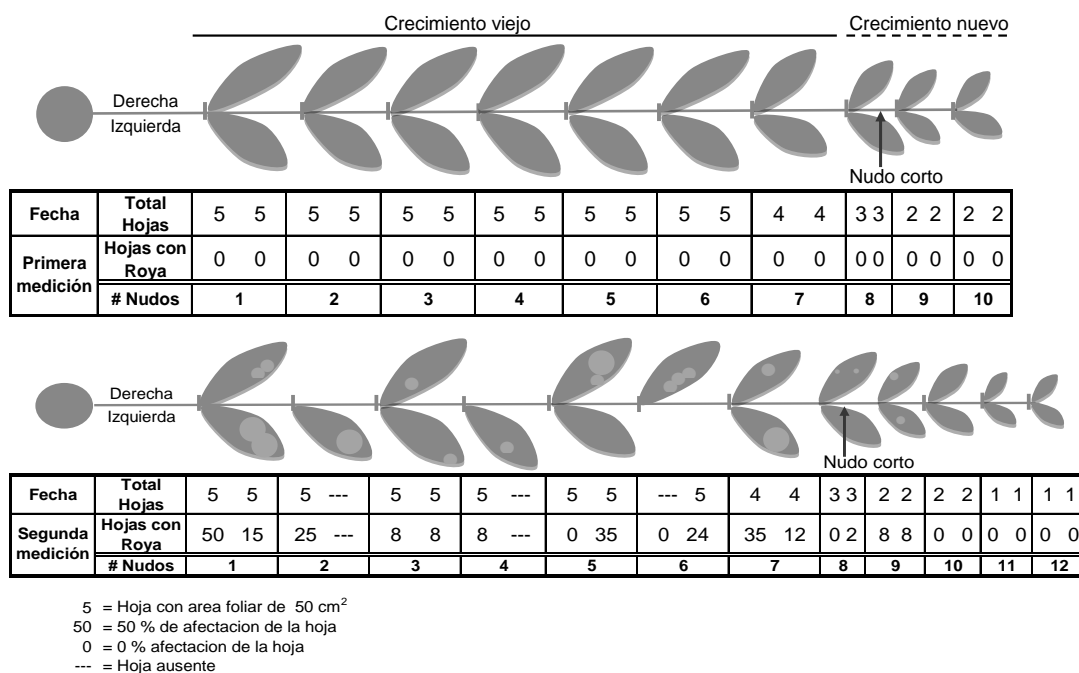


Figura 10. Método para evaluar el crecimiento de la roya y del café (Kushalappa 1981). El primer número representa el área total de hojas en cada nudo (en decenas de cm²), el segundo número representa el porcentaje de área afectada.

Para medir la severidad de la roya se crearon un total de 15 patrones de área foliar (10 - 100 cm²) y de tamaño de lesión; los cuales se utilizaron en cada medición. Estos nos permitieron ver el crecimiento de las hojas y de las lesiones de la roya a través del tiempo (Figura 11).

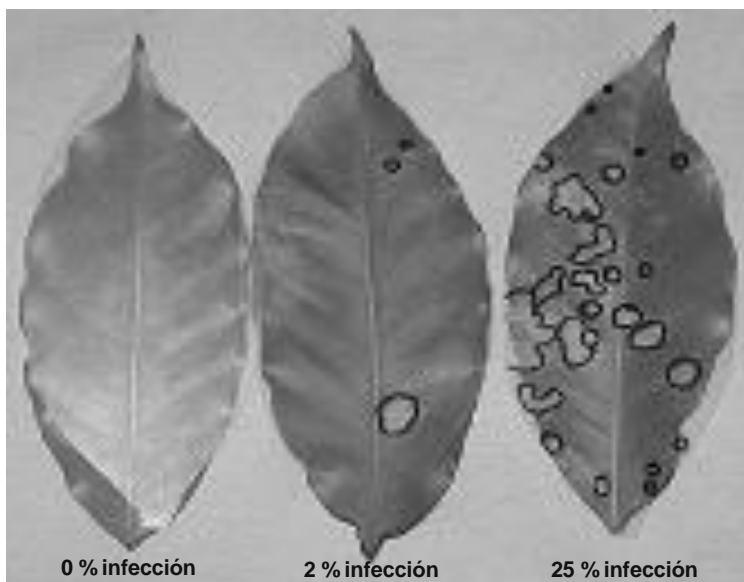


Figura 11. Crecimiento de las lesiones de la roya en un patrón de área foliar de 50 cm² con base a la metodología de Kushalappa y Chávez 1980.

Al inicio de las mediciones, en cada bandola, se ubicó el entrenudo corto que separa las diferentes generaciones de hojas de acuerdo a lo reportado por Avelino *et al.* (1991). Las hojas ubicadas entre el tronco y el entrenudo corto se considerarán como hojas viejas (del año anterior). Las hojas ubicadas entre el entrenudo corto y la extremidad de la rama, se considerarán como hojas jóvenes (hojas del año en curso). En cada medición, la información de incidencia, severidad, crecimiento de hojas, defoliación era registrada en formatos de campo. Cada bandola contaba con un formato único. Las lecturas o mediciones se realizaron cada 22 días (Figura 12). En el Anexo 3 se describen fechas específicas de cada medición en los dos periodos estudiados (08/2008-01/2009; 05/2009-12/2009).



Figura 12. Levantando información en las parcelas útiles de los ensayos experimentales.

3.1.5.4 Establecimiento y ubicación de los sensores de microclima y monitoreo

En la primera quincena de septiembre del 2008 se establecieron al centro de cada ensayo (sombra y sol) un data logger (Hobo weather station) y 5 sensores de mojadura de hojas (Leaf wetness smart sensor S – LWA - M003) en un ángulo de 30°(asemejando a la posición de la hoja), 4 sensores de temperatura de aire (Bit temperature smart sensor S – TMB - MOXX) y un sensor de temperatura de aire y humedad relativa (Temperature/RH smart sensor S – THB - M00x) (Figura 13). El último sensor proporciona también los valores del punto de rocío.

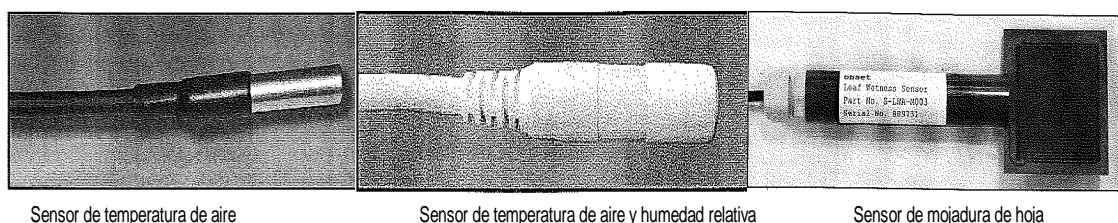


Figura 13. Sensores Hobo utilizados en los ensayos de roya del café.

Los sensores fueron ubicados a la par de las plantas de café o sea en dirección de los surcos, organizados de la misma forma en cada ensayo experimental, en cuanto a su ubicación, altura del suelo, dirección y ángulo de inclinación (mojadura de la hoja) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ubicación de los sensores de temperatura del aire y mojadura de la hoja, en cada ensayo del estudio de roya en café.

Ensayo café a pleno sol			
Tipo de sensor	Codigo del sensor	Distancia al centro del ensayo (m)	Altura con respecto al suelo (m)
Temperatura del aire y humedad relativa	1229094	0,00	1,20
Mojadura de hoja	1217674	0,00	0,80
Mojadura de hoja	1217679	1,80	0,50
Temperatura del aire	1228030	3,00	1,50
Mojadura de hoja	1217677	1,50	0,80
Temperatura del aire	1228032	3,40	1,50
Mojadura de hoja	1217673	1,35	0,50
Temperatura del aire	1228028	2,80	1,50
Mojadura de hoja	1217682	1,60	0,80
Ensayo café con sombra regulada			
Tipo de sensor	Codigo del sensor	Distancia al centro del ensayo (m)	Altura con respecto al suelo (m)
Temperatura del aire y humedad relativa	1229096	0,00	1,20
Mojadura de hoja	1217684	0,00	0,80
Mojadura de hoja	1217671	1,80	0,50
Temperatura del aire	1228033	3,00	1,50
Mojadura de hoja	1217683	1,50	0,80
Temperatura del aire	1228031	3,40	1,50
Mojadura de hoja	1217680	1,35	0,50
Temperatura del aire	1228029	2,80	1,50
Mojadura de hoja	1217681	1,60	0,80

Durante todo el estudio se mantuvieron instalados los sensores en los ensayos, dándoles mantenimientos de limpieza y cambio de tutores de cada sensor. Los datos del 2009 comenzaron a ser recabados a inicio de febrero. En la segunda quincena de agosto se instalaron en cada ensayo experimental un data logger Campbell (CR23X Micrologger) y 4 sensores termopar de temperatura de hojas (cobre - constantán). Los sensores de temperatura de hoja fueron ubicados a la misma altura que los sensores de temperatura del aire y a menos de 0.5 - 1 m de distancia (Figura 14). En la hoja, los sensores se ubicaron en el envés, cercanos a la nervadura central. Para mantener el contacto permanente del sensor con la superficie de la hoja se utilizó pequeños fragmentos rectangulares de taye eléctrico PVC. Al menos dos veces al día (mañana y tarde) se verificó que existiera un buen contacto entre el sensor y la superficie de la hoja.



Figura 14. Data logger Campbell y sensor de temperatura de hoja instalado en campo.

El data logger (Hobo weather station) fue programado para realizar una lectura cada minuto y registrar un promedio cada media hora. Para la recopilación de la información que registra el data logger Hobo se utilizaba el programa Hobo Ware. El data logger Campbell (CR23X Micrologger) fue programado para realizar una lectura cada minuto y registrar un promedio cada 10 minutos. Cada 8 a 15 días se recolectaba la información generada por los sensores, durante el tiempo que duraron los ensayos de campo (Figura 15).



Figura 15. Recopilando información de los data logger Hobo y Campbell.

En el periodo 2008, se recabaron en campo datos de temperatura del aire, mojadura de hoja y humedad relativa de 150 días (agosto a diciembre 2008 y enero 2009). En el 2009, se recabaron datos de temperatura del aire, mojadura de hoja y humedad relativa de 315 días (febrero a diciembre 2009). Para temperatura de hoja, se recabaron datos de 60 días entre agosto y octubre 2009.

Del 16 al 21 de septiembre del 2009, se realizó un proceso de calibración en campo de los sensores de temperatura de hoja y aire. Los sensores de temperatura de hojas fueron ubicados contiguos a los de temperatura del aire y bajo la misma cubierta o protección. De igual manera el 29 de mayo del 2009 se calibraron en campo los sensores de mojadura de hojas, con la finalidad de conocer el rango de mojadura y definir la condición de seco y mojado. La metodología consistió en mojar los sensores de forma homogénea, a partir de ese momento monitorear los datos que registraba del data logger, una vez que visualmente los sensores estuvieran secos, anotar en ese instante el porcentaje de mojadura registrado por el data logger y tomar ese registro como condición seca, esta prueba se realizó en dos momentos continuos (Cuadro 3). Se puede observar en el cuadro 3 que cualquier sensor marcando más de 15 % de mojadura parecía mojado al ojo. Por tal razón se consideró este valor para determinar la transición de seco a mojado. En Febrero del 2010, se estuvo revisando en varias ocasiones la mojadura real de las hojas de café y las mediciones de los sensores de mojadura. Se confirmó que el umbral de 15 % era adecuado.

Cuadro 3. Resultados de las dos pruebas de calibración de mojadura de hojas en campo (% de mojadura indicado por el sensor en la transición seco - mojado).

Fecha	Ensayo	# del sensor en el data logger	Codigo sensor mojadura de hojas	1era prueba (% mojadura)	2da prueba (% mojadura)	Promedio por sensor	Promedio por ensayo
29/05/2009	Café a pleno sol	1	1217673	8,82	8,82	8,82	7,29
		2	1217674	7,06	6,47	6,77	
		3	1217677	8,82	8,24	8,53	
		4	1217679	7,65	5,29	6,47	
		5	1217682	5,88	5,88	5,88	
29/05/2009	Café a pleno con sombra	1	1217671	13,53	14,61	14,07	12,99
		2	1217680	15,29	15,29	15,29	
		3	1217681	11,76	8,82	10,29	
		4	1217683	13,53	14,71	14,12	
		5	1217684	11,18	11,18	11,18	

Para caracterizar la precipitación del 2008 se utilizó el registro de la estación climatológica del CATIE. A finales de enero del 2009 se instaló en los ensayos un pluviómetro, para monitorear y registrar los datos de precipitación.

3.1.5.5 Evaluación del porcentaje de sombra

Se evaluaron los porcentajes de sombra en el ensayo café con sombra, en 4 momentos diferentes en 2008 - 09 (agosto, octubre y noviembre del 2008 y enero del 2009) y nueve en 2009 (mayo a diciembre), utilizando un densiómetro esférico cóncavo Vertex III. El densiómetro es un aparato provisto de un espejo con una cuadrícula sobrepuesta de 24 cuadritos que reflejan el follaje de los árboles de sombra

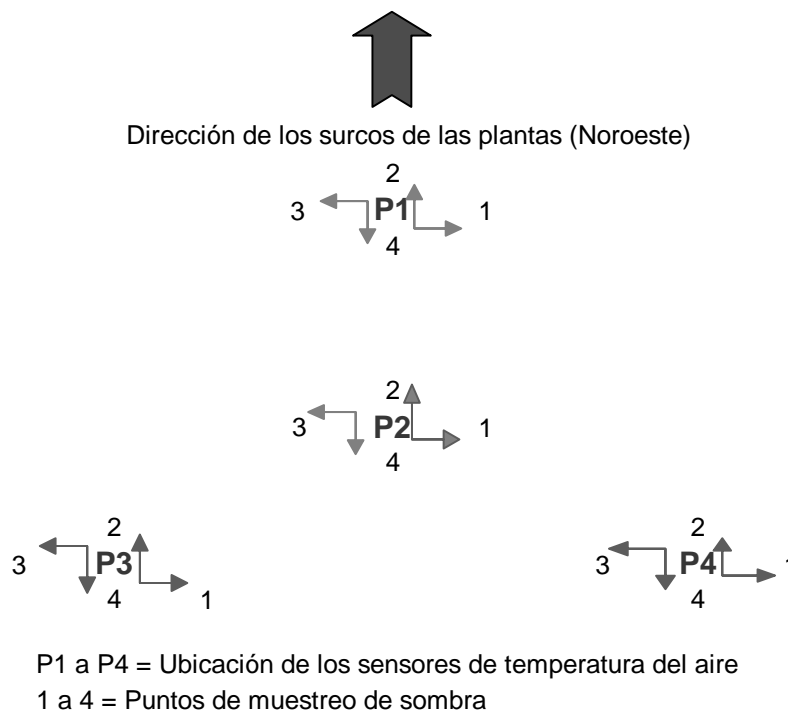


Figura 16. Ubicación de los puntos de muestreo de sombra en el ensayo café con sombra.

El procedimiento consistió en realizar 4 lecturas de sombra en cada medición por punto de muestreo. Se utilizaron como puntos de muestreo las ubicaciones de los cuatro sensores de temperatura de aire (Figura 16). Para obtener el porcentaje de sombra en cada medición, se sumaban las 4 lecturas por punto y promediaban los cuatro puntos de muestreo. Debido a los requerimientos del estudio los árboles de poró se manejaron a una altura aproximada de 7 m, con tres a cuatros ramas de crecimiento horizontal, las cuales se originaban a 4 m de altura, respecto a la base de cada planta.

3.1.5.6 Variables a evaluadas durante los periodos 2008 y 2009

En ambos periodos de evaluación se calcularon cinco descriptores cuantitativos de la epidemia de roya, para infecciones en hojas (incidencia) y en área foliar (severidad). Para el hospedero se calcularon tres descriptores cuantitativos. Para el cálculo de los descriptores se utilizó el programa Excell.

3.1.5.6.1 Descriptores de la epidemia de roya

Los descriptores siguientes pueden calcularse tanto con números de hojas como con áreas foliares. Para simplificar, sólo se presentan los descriptores calculados con números de hojas.

- Porcentaje máximo de infección instantánea (PMII)

El porcentaje de infección instantánea (PII) es la relación de hojas con roya (HR) con el total de hojas (HT) en cada lectura. Se calculó sobre la base de la siguiente fórmula:

$$PII = (HR/HT) \times 100$$

PMII es el valor máximo del PII en cada periodo estudiado.

- Porcentaje máximo de infección acumulada instantánea (PMIAI)

El porcentaje de infección acumulada instantánea (PIAI) es, para cada lectura, la relación del acumulado de hojas con roya (AHR), con el acumulado del total de hojas (AHT), hasta esa lectura. Se calculó sobre la base de la siguiente fórmula:

$$PIAI = (AHR/AHT) \times 100$$

PMIAI es el valor máximo de PIAI en cada periodo estudiado

- Porcentaje máximo de infección acumulada “final” (PMIAF)

El porcentaje de infección acumulada “final” (PIAF) es, para cada lectura, la relación del acumulado de hojas con roya (AHR) hasta esa lectura, con el acumulado del total de hojas al final de cada periodo (AHTF). Se calculó sobre la base de la siguiente fórmula:

$$PIAF = (AHR/AHTF) \times 100$$

PMIAF es el valor máximo de PIAF en cada periodo estudiado. Este valor corresponde al de la última lectura.

- Área bajo la curva del PIAI (AUDPC - AI)

El área se expresa en %.días. Es la suma de los trapecios constituidos por las diferentes fechas y porcentajes de infección a través del tiempo.

Entre dos fechas consecutivas F_{n-1} y F_n , el área de este trapecio vale:

$$(F_n - F_{n-1}) \times (PIAI_n + PIAI_{n-1})/2$$

- Área bajo la curva del PIAF (AUDPC - AF)

Igualmente se puede calcular un área bajo la curva del PIAF.

3.1.5.6.2 Descriptores del hospedero

- Porcentaje máximo de crecimiento acumulado (PMCA)

El porcentaje máximo de crecimiento acumulado (PMCA) es, para cada lectura, la relación del crecimiento acumulado hasta esa lectura (AHT - NH1) con el número de hojas presentes a la primera lectura (NH1). Se calculó sobre la base de la siguiente fórmula:

$$PMCA = ((AHT - NH1)/NH1) \times 100$$

PMCA es el valor máximo de PCA en cada periodo evaluado.

- Porcentaje máximo de defoliación acumulada instantánea (PMDAI)

El porcentaje de defoliación acumulada instantánea (PDAI) es, para cada lectura, la relación del acumulado de hojas caídas (AHC), con el acumulado del total de hojas (AHT), hasta esa lectura. Se calculó sobre la base de la siguiente fórmula:

$$PDAI = (AHC/AHT)*100$$

El PMDAI es el valor máximo de PDAI en cada periodo evaluado.

- Porcentaje máximo de defoliación acumulada “final” (PMDAF)

El porcentaje de defoliación acumulada “final” (PDAF) es, para cada lectura, la relación del acumulado de hojas caídas (AHC) hasta esa lectura, con el acumulado del total de hojas al final de cada periodo (AHTF). Se calculó sobre la base de la siguiente fórmula:

$$PDAF = (AHC/AHTF)*100$$

PMDAF es el valor máximo de PDAF en cada periodo estudiado. Este valor corresponde al de la última lectura.

3.2 Métodos Estadísticos

3.2.1 Análisis de datos de incidencia y severidad de la roya de café en los periodos 2008 y 2009

- Análisis de la relación entre incidencia y severidad

En 2008, se tomaron solamente los datos de 30 plantas, de las 40 para las que se evaluó severidad, ya que para 10 plantas no se tuvieron suficientes hojas evaluadas (menos de 10) como para estimar satisfactoriamente la incidencia. En total se analizaron 16 plantas del ensayo sol y 14 plantas del ensayo sombra. En el periodo 2009, se utilizaron todos los datos.

Para conocer la relación entre incidencia y severidad de la roya, bajo las dos condiciones de exposición solar se realizaron análisis de regresión lineal simple para los

cincos descriptores de la epidemia roya, con la finalidad de comparar las pendientes de las regresiones lineales y los interceptos con el eje vertical (Anexo 4). Previo al análisis de regresión lineal a los datos de los descriptores AUDPC - AI y AUDPC - AF se les realizó una transformación a raíz cuadrada con la finalidad de homogenizar los datos. En el análisis estadístico se utilizó como variable regresora el porcentaje de infección en hojas y como variable dependiente el porcentaje de infección en área foliar.

- Análisis del efecto de la carga fructífera sobre la incidencia y severidad de la roya bajo dos condiciones de microclima

Se realizaron análisis de varianza utilizando la prueba LSD Fisher $\alpha= 0.05$ (Anexo 5). Previo al análisis de varianza a los datos de los descriptores AUDPC - AI y AUDPC - AF se les realizó una transformación a raíz cuadrada con la finalidad de homogenizar los datos. En el análisis estadístico se utilizaron dos variables de clasificación, los ensayos y los tratamientos productivos en evaluación. Las variables dependientes son los cinco descriptores del progreso de la epidemia de roya, para incidencia y severidad (10 variables). De igual forma para los datos de los descriptores del hospedero (PMCA, PMDAI y PMDAF) se realizaron análisis de varianza utilizando la prueba LSD Fisher $\alpha= 0.05$ (Anexo 6)

3.2.2 Análisis estadísticos de datos de temperatura de aire y hoja, mojadura de hoja, humedad relativa, precipitación y sombra durante los períodos 2008 y 2009

El equipo presentó algunas fallas puntuales. Para los análisis, se consideraron únicamente los periodos que estuvieron completos para todos los sensores de los dos experimentos. Por tal razón, en el periodo 2008 se analizaron los datos de temperatura del aire, mojadura de hoja y humedad relativa de 139 días solamente. En el 2009 se analizaron datos de temperatura del aire, mojadura de hoja y humedad relativa de 175 días. Para temperatura de hoja se analizaron datos de 50 días.

Se caracterizó la evolución diaria de cada variable en tres condiciones de lluvia (días sin lluvia, días con lluvias menores a 5 milímetros y días con lluvias mayores a 5 milímetros). Para cada condición, se realizó un promedio por sensor y por media hora de las variables cuantitativas (todas excepto la mojadura). Para la mojadura, se calculó el porcentaje de

sensores que presentaron mojadura en cada condición y se promedió por media hora. Se representó gráficamente la evolución diaria de cada variable.

Para visualizar mejor las diferencias entre ensayo sol y sombra, se calculó el error estándar de los promedios en 3 horas diferentes (8:43 am, 12:13 pm y 3:43 pm) en base a la siguiente fórmula:

$$Es_{\mu} = S_{\mu} / \sqrt{n}$$

Es_{μ} : error estándar de los promedios
 S_{μ} : desviación estándar de los promedios
 \sqrt{n} : raíz cuadrada del número de datos

Para conocer las posibilidades de rocío sobre las hojas de café, en cada ensayo se realizó, en forma similar a la anterior, un análisis de los datos de 50 días (11 sin lluvia, 25 con lluvias menores a 5 milímetros y 14 días con lluvias mayores a 5 milímetros).

Para la precipitación se realizaron gráficos de barras en el programa Excel, sumando los datos de lluvia cada 15 días. En el ensayo sombra, con los porcentajes de sombra recabados en cada fecha de medición se elaboraron gráficos de nubes de puntos, con finalidad de describir su comportamiento durante los periodos de evaluación 2008 y 2009.

4 RESULTADOS

4.1 Comportamiento de la roya del café durante el tiempo de evaluación 2008 y 2009

A título ilustrativo, se presenta el comportamiento de la roya en 2008 y 2009, tanto al sol como a la sombra, para los descriptores PII, PIAI, y PIAF (Figura 17 y 18). Se observa que el crecimiento es acelerado hasta alcanzar su nivel máximo alrededor del mes de noviembre. Posteriormente la epidemia decrece. Se observa que la roya en el experimento café con sombra se mantiene en un nivel alto más tiempo.

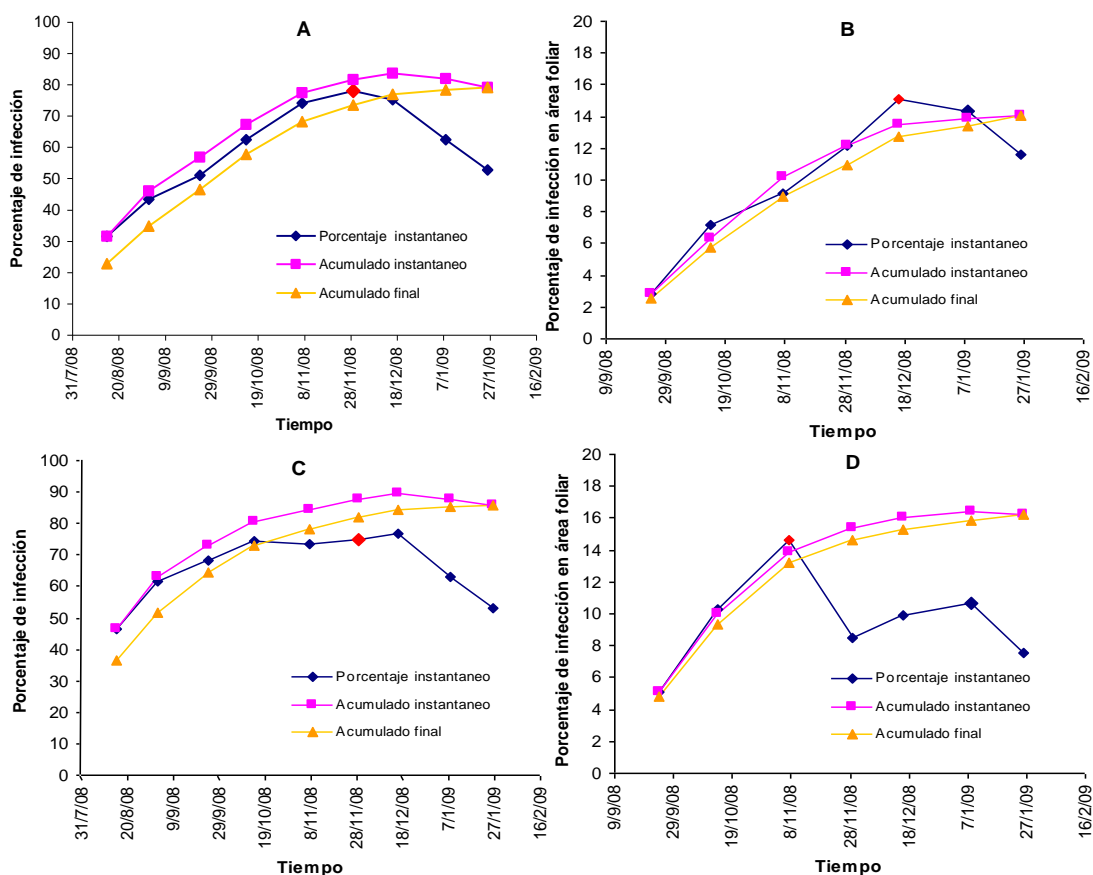


Figura 17. Curvas de progreso de la roya en 2008, expresadas en hojas afectadas (A y C) y en área foliar afectada (B y D), en el experimento al sol (A y B) y en el experimento a la sombra (C y D). Porcentajes instantáneos, PII (azul), porcentajes acumulados instantáneos, PIAI (rosado), y porcentajes acumulados “final”, PIAF (amarillo). En rojo se señalan los valores máximos.

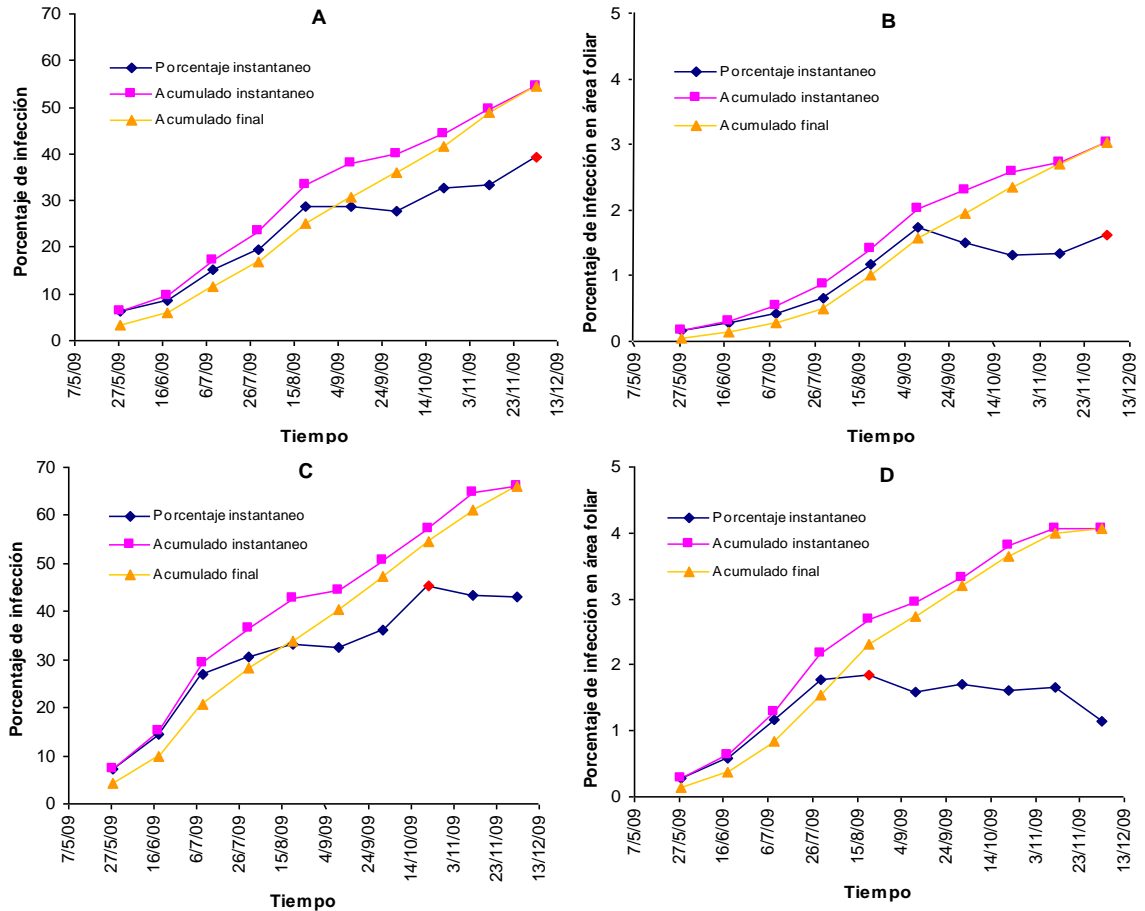


Figura 18. Curvas de progreso de la roya en 2009, expresadas en hojas afectadas (A y C) y en área foliar afectada (B y D), en el experimento al sol (A y B) y en el experimento a la sombra (C y D). Porcentajes instantáneos, PII (azul), porcentajes acumulados instantáneos, PIAI (rosado), y porcentajes acumulados “final”, PIAF (amarillo). En rojo se señalan los valores máximos.

4.2 Crecimiento en hojas y área foliar en los periodos 2008 y 2009

Durante el periodo de evaluación 2009 el crecimiento máximo acumulado (PMCA) de hojas fue lógicamente mayor que en el 2008, ya que las evaluaciones del 2008 iniciaron más tardíamente en el año. El PMCA, para hojas, fue mayor en el ensayo al sol que en el ensayo sombra ($p < 0.05$) en los dos periodos de evaluación (Cuadro 4). En área foliar, solamente se encontraron diferencias significativas entre sol y sombra en el 2009, lo cual pudo visualizarse posiblemente porque las evaluaciones iniciaron antes en ese año (Cuadro 4). El PMCA, para hojas como para área foliar, no fue diferente entre cargas fructíferas. Estos resultados nos indican que el PMCA en hojas es mayor a pleno sol que en sombra y por consiguiente una mayor posibilidad de producción de nudos productivos, flores y frutos en el siguiente año.

Cuadro 4. PMCA en hojas y área foliar en función de la carga fructífera y de la exposición al sol (valores promedios).

Descriptor	Ensayos y tratamientos	Hojas				Área foliar			
		2008		2009		2008		2009	
PMCA	Ensayo café a pleno sol	47,06	b	120,13	b	19,62	ns	201,45	b
	Ensayo café con sombra	33,08	a	84,04	a	12,09	ns	133,95	a
	0 Np	42,37	ns	111,55	ns	12,61	ns	159,62	ns
	150 Np	42,16	ns	105,81	ns	16,9	ns	155,22	ns
	250 Np	34,11	ns	103,03	ns	13,17	ns	187,93	ns
	500 Np	41,64	ns	87,96	ns	20,75	ns	168,01	ns

Prueba LSD Fisher ≤ 0.05 . Letras distintas indican diferencias significativas entre ensayos y entre tratamientos. PMCA = porcentaje máximo de crecimiento acumulado. 0 Np = cero nudos productivos, 150 Np = 150 nudos productivos, 250 Np = 250 nudos productivos y 500 Np = 500 nudos productivos.

4.3 Defoliación en hojas y área foliar en los periodos 2008 y 2009

En el 2008, el PMDAI y PMDAF en hojas fueron mayores a la sombra que al sol ($p < 0.05$). En área foliar, no se encontraron diferencias significativas en ambos periodos de evaluación. Entre cargas fructíferas, se encontraron diferencias significativas a $p < 0.05$ en ambos descriptores, para hojas como para área foliar, y en los dos periodos de evaluación. El tratamiento sin nudos productivos siempre se mantuvo con un menor PMDAI y PMDAF en relación a los otros tres tratamientos con cargas fructíferas de 150, 250 y 500 nudos productivos (Np) (Cuadro 5).

Cuadro 5. PMDAI y PMDAF (valores promedios).

Descriptor	Ensayos y tratamientos	Hojas				Área foliar			
		2008		2009		2008		2009	
PMDAI	Ensayo café a pleno sol	73,00	a	66,03	ns	71,68	ns	66,27	ns
	Ensayo café con sombra	83,22	b	67,26	ns	84,56	ns	70,03	ns
	0 Np	63,45	a	57,31	a	62,43	a	60,80	a
	150 Np	81,10	b	68,49	b	81,29	ab	70,45	ab
	250 Np	84,13	b	68,16	b	86,91	b	67,08	ab
	500 Np	83,75	b	72,62	b	81,85	ab	74,27	b
PMDAF	Ensayo café a pleno sol	70,73	a	65,99	ns	69,93	ns	66,27	ns
	Ensayo café con sombra	81,01	b	66,50	ns	81,40	ns	70,00	ns
	0 Np	62,44	a	57,25	a	62,06	a	60,80	a
	150 Np	78,83	b	68,43	b	79,73	ab	70,45	ab
	250 Np	81,09	b	67,64	b	82,44	b	67,08	ab
	500 Np	81,12	b	71,65	b	78,43	ab	74,21	b

Prueba LSD Fisher ≤ 0.05 . Letras distintas indican diferencias significativas entre ensayos y entre tratamientos. PMDAI = porcentaje máximo de defoliación acumulada instantánea y PMDAF = porcentaje máximo de defoliación acumulada final. 0 Np = cero nudos productivos, 150 Np = 150 nudos productivos, 250 Np = 250 nudos productivos y 500 Np = 500 nudos productivos.

4.4 Relación entre incidencia y severidad de la roya en café a pleno sol y con sombra regulada durante los periodos 2008 y 2009

Se realizaron análisis de regresión lineal entre la incidencia (eje X) y la severidad (eje Y), para los descriptores porcentaje máximo infección instantánea (PMII), porcentaje máximo de infección acumulada instantánea (PMIAI), porcentaje máximo de infección acumulada final (PMIAF), área bajo la curva de progreso de la enfermedad del acumulado instantáneo (AUDPC - AI) y área bajo la curva de progreso de la enfermedad del acumulado final, (AUDPC - AF). En el 2008, sólo se encontraron relaciones significativas para los descriptores PMIAI y AUDPC - AI. En el 2009, se encontraron relaciones significativas para los cinco descriptores (Figuras 19, 20, 21, 22 y 23). De acuerdo a los intervalos de confianza de las pendientes y de los interceptos, no hay diferencias de las relaciones entre incidencia y severidad observadas en el ensayo al sol y en el ensayo a la sombra (Cuadros 6 y 7). Sin embargo, como tendencia general, se observa que el intercepto es generalmente superior para las relaciones al sol que para las relaciones que se obtuvieron bajo sombra

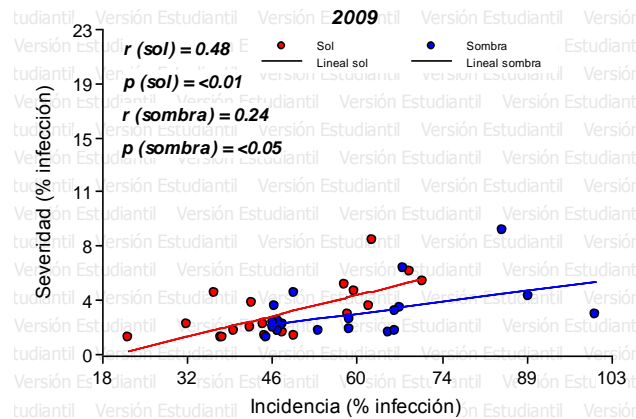


Figura 19. Relación entre incidencia y severidad expresadas en PMII, (2009).

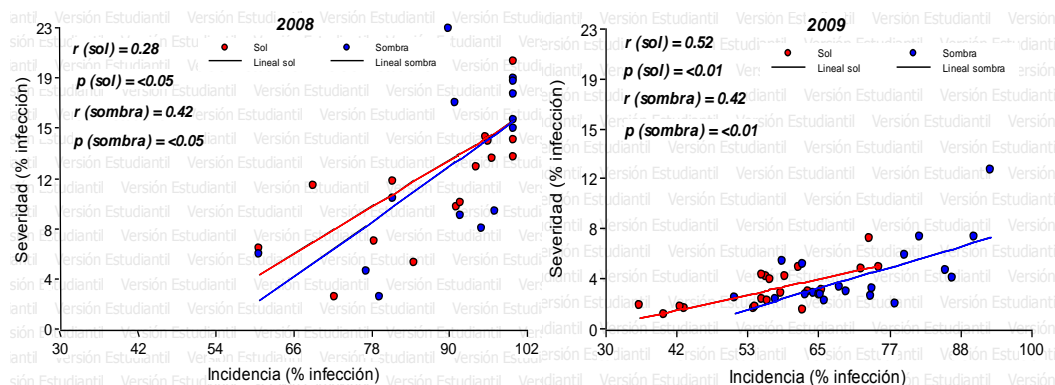


Figura 20. Relación entre incidencia y severidad expresadas en PMIAI, (2008 y 2009).

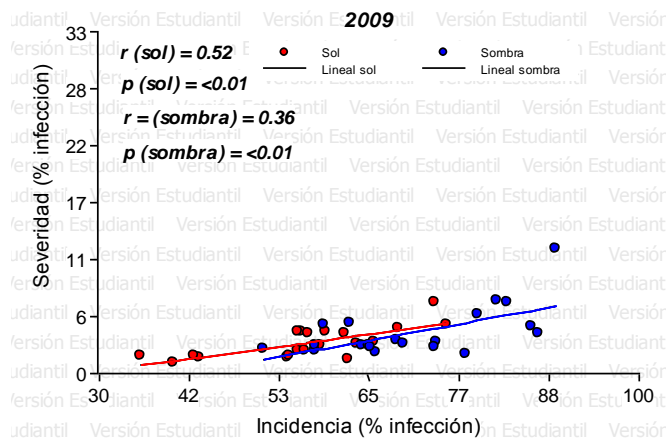


Figura 21. Relación entre incidencia y severidad expresadas en PMIAF, (2009).

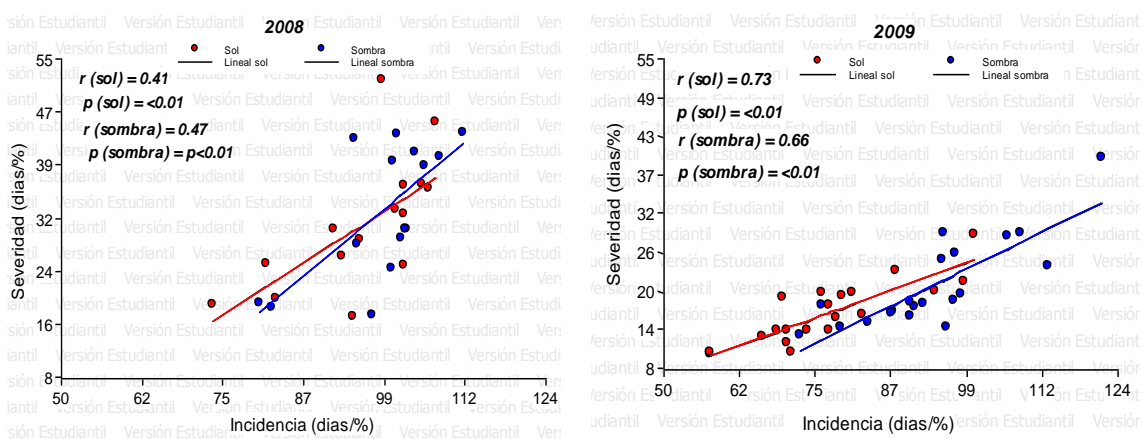


Figura 22. Relación entre incidencia y severidad expresada en AUDPC - AI (valores transformados por raíz cuadrada), (2008 y 2009).

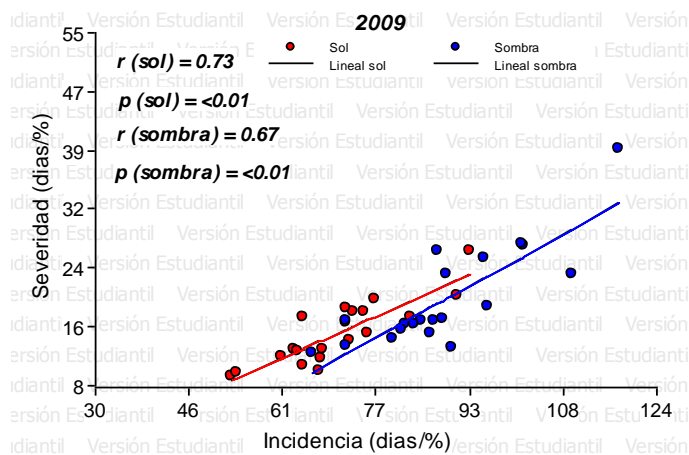


Figura 23. Relación entre incidencia y severidad expresadas en AUDPC - AF (valores transformados por raíz cuadrada), (2009).

Cuadro 6. Valores y intervalos de confianza de las constantes y pendientes de las regresiones lineales entre los diferentes descriptores de incidencia (variable independiente) y severidad (variable dependiente) bajo dos condiciones de exposición al sol, (2008).

Descriptores	Ensayos	Constante		Pendiente	
		Valor	Intervalos de confianza	Valor	Intervalos de confianza
PMIAI	Sol	-13,90	-38,33 10,53	0,30	0,02 0,57
	Sombra	-19,19	-42,99 4,62	0,35	0,09 0,61
AUDPC-AI	Sol	-28,57	-69,04 11,91	0,61	0,20 1,03
	Sombra	-46,78	-99,92 6,36	0,80	0,27 1,34

PMIAI = porcentaje máximo infección acumulada instantanea, AUDPC-AI = área bajo la curva del progreso de la enfermedad del acumulado instantaneo.

Cuadro 7. Valores y intervalos de confianza de las constantes y pendientes de las regresiones lineales entre los diferentes descriptores de incidencia (variable independiente) y de severidad (variable dependiente) bajo dos condiciones de exposición al sol, periodo 2009.

Descriptores	Ensayos	Constante		Pendiente	
		Valor	Intervalos de confianza	Valor	Intervalos de confianza
PMII	Sol	-2,24	-4,91 0,43	0,10	0,05 0,16
	Sombra	-0,63	-3,72 2,47	0,06	0,01 0,11
PMIAI	Sol	-2,86	-5,67 -0,05	0,10	0,05 0,15
	Sombra	-5,83	-11,69 0,02	0,14	0,06 0,22
PMIAF	Sol	-2,84	-5,61 -0,07	0,10	0,05 0,15
	Sombra	-5,58	-11,91 0,75	0,13	0,05 0,22
AUDPC-AI	Sol	-9,84	-17,92 -1,75	0,34	0,24 0,45
	Sombra	-22,26	-37,49 -7,03	0,46	0,30 0,62
AUDPC-AF	Sol	-9,98	-17,52 -2,43	0,35	0,25 0,46
	Sombra	-19,21	-32,64 -5,78	0,44	0,29 0,59

PMII = porcentaje máximo infección instantanea, PMIAI = porcentaje máximo infección acumulada instantanea, PMIAF = porcentaje máximo infección acumulada final, AUDPC-AI = área bajo la curva del progreso de la enfermedad del acumulado instantaneo, AUDPC-AF = área bajo la curva del progreso de la enfermedad del acumulado final.

4.5 Efectos de la carga fructífera sobre la incidencia y severidad de la roya en café a pleno sol y con sombra regulada en los periodos 2008 y 2009

Se encontró un efecto significativo de la carga fructífera en la incidencia (hojas) de la roya con una significancia de $p < 0.05$ para los cinco descriptores PMII, PMIAI, PMIAF, AUDPC - AI y AUDPC - AF durante los periodos 2008 y 2009.

Cuadro 8. Efecto de la carga fructífera en la epidemia roya bajo dos condiciones de luminosidad durante los periodos 2008 y 2009 (valores promedios de diferentes descriptores de incidencia y severidad).

Descriptores	Ensayos y tratamientos	Hojas				Area foliar			
		2008		2009		2008		2009	
PMII	Ensayo café a pleno sol	85,37	ns	46,71	a	17,75	ns	2,92	ns
	Ensayo café con sombra	88,24	ns	53,67	b	15,20	ns	2,81	ns
	0 Np	78,37	a	38,24	a	11,71	ns	1,47	a
	150 Np	87,48	b	53,25	b	15,58	ns	2,81	ab
	250 Np	92,42	b	54,02	b	19,86	ns	2,83	ab
	500 Np	88,93	b	55,25	b	18,75	ns	4,33	b
PMIAI	Ensayo café a pleno sol	85,36	a	54,85	a	12,93	ns	3,08	ns
	Ensayo café con sombra	90,79	b	67,09	b	12,63	ns	4,11	ns
	0 Np	82,24	a	54,01	a	9,48	ns	2,13	a
	150 Np	87,61	b	62,76	b	12,31	ns	3,45	ab
	250 Np	92,24	b	62,83	b	12,74	ns	3,58	ab
	500 Np	90,22	b	64,28	b	16,58	ns	5,23	b
PMIAF	Ensayo café a pleno sol	79,14	a	54,49	a	12,41	ns	3,02	ns
	Ensayo café con sombra	85,70	b	66,15	b	12,03	ns	4,07	ns
	0 Np	78,53	a	53,95	a	9,29	ns	2,13	a
	150 Np	82,21	ab	62,04	b	11,96	ns	3,31	a
	250 Np	85,04	b	62,50	b	12,15	ns	3,57	ab
	500 Np	83,89	ab	62,79	b	15,48	ns	5,17	b
AUDPC-AI	Ensayo café a pleno sol	11310,09	a	6002,16	a	1093,54	ns	300,76	a
	Ensayo café con sombra	12995,31	b	8030,98	b	1187,96	ns	482,53	b
	0 Np	10288,53	a	6081,97	a	710,21	a	227,57	a
	150 Np	12152,61	b	7266,80	ab	1047,66	ab	379,78	ab
	250 Np	13081,52	b	6747,22	ab	1214,7	ab	351,62	a
	500 Np	13088,13	b	7970,29	b	1590,45	b	607,61	b
AUDPC-AF	Ensayo café a pleno sol	9999,26	a	5120,58	a	992,90	ns	252,09	a
	Ensayo café con sombra	11927,69	b	7079,00	b	1110,05	ns	435,87	b
	0 Np	9356,63	a	5246,81	a	673,83	a	196,69	a
	150 Np	11003,15	b	6266,61	ab	978,47	ab	320,87	ab
	250 Np	11852,91	b	5938,69	ab	1129,09	ab	312,77	a
	500 Np	11641,22	b	6947,06	b	1424,50	b	545,58	b

Prueba LSD Fisher ≤ 0.05 . Letras distintas indican diferencias significativas entre ensayos y entre tratamientos. PMII = porcentaje máximo de infección instantánea, PMIAI = porcentaje máximo de infección acumulada instantánea, PMIAF = porcentaje máximo de infección acumulada final, AUDPC-AI= área bajo la curva de progreso de la enfermedad del acumulado instantáneo, AUDPC-AF = área bajo la curva de progreso de la enfermedad del acumulado final. 0 Np = cero nudos productivos, 150 Np = 150 nudosproductivos, 250 Np = 250 nudos productivos y 500 Np = 500 nudos productivos.

El tratamiento sin nudos productivos fue el menos afectado. Por lo contrario, el tratamiento 500 Np fue el más afectado, lo cual se visualiza mejor en 2009 con las variables AUDPC - AI y AUDPC - AF. En sombra, se encontraron mayores incidencias que a pleno sol, durante los dos periodos de evaluación. Para la severidad, en el 2008, no se encontraron diferencias significativas entre cargas fructíferas para los descriptores PMII, PMIAI, PMIAF.

Se observaron diferencias significativas solamente para los descriptores AUDPC - AI y AUDPC - AF. De la misma manera, 0 Np fue el menos afectado, y 500 Np el más infectado. En el 2009 se encontraron diferencias significativas de severidad entre cargas fructíferas para los cinco descriptores. Se marcaron las mismas diferencias: menos roya en 0 Np y más roya en 500 Np. Se observaron también diferencias entre ensayos en 2009, para las variables AUDPC - AI y AUDPC - AF. El ensayo bajo sombra tuvo mayores valores de severidad (Cuadro 8).

4.6 Temperatura del aire en café a pleno sol y sombra regulada durante los periodos 2008 y 2009

Se caracterizó la evolución diaria de la temperatura del aire en los ensayos al sol y bajo sombra bajo tres condiciones de lluvias: días sin lluvia, con lluvias (< 5 mm) y con lluvias (> 5 mm), durante los periodos 2008 y 2009.

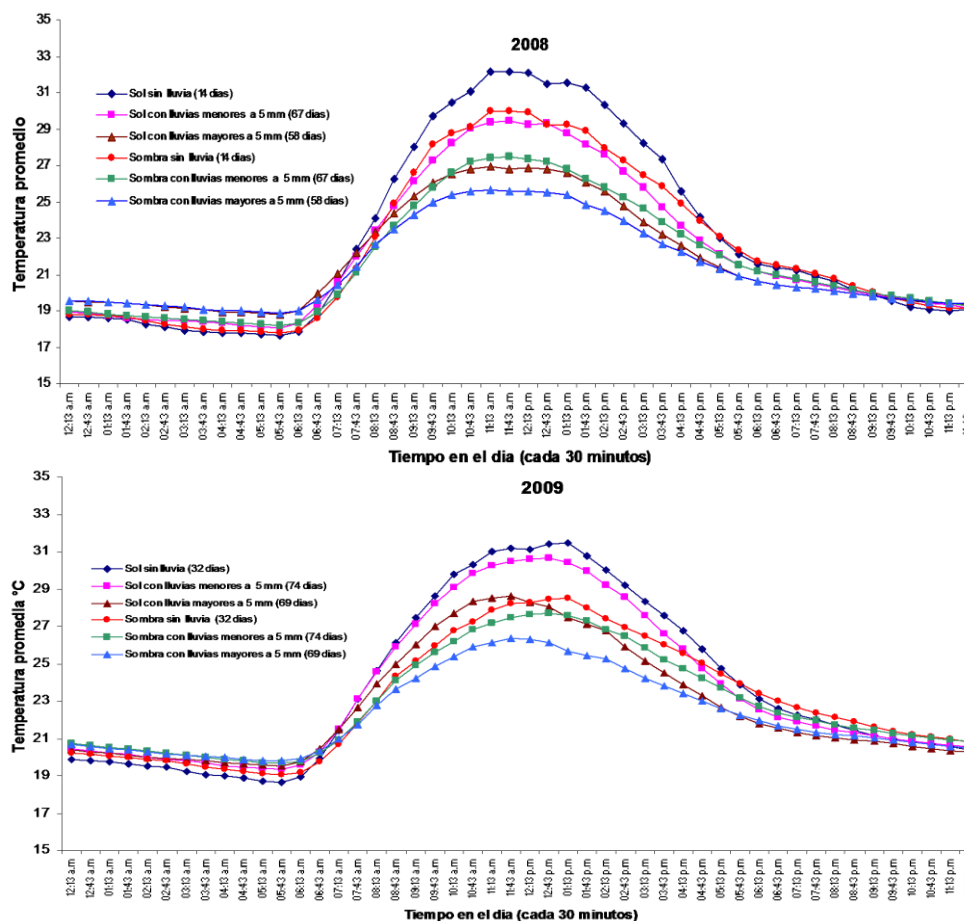


Figura 24. Comportamiento de la temperatura del aire (4 sensores) en días sin lluvia y con lluvias (< 5 mm y > 5 mm) en los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada, durante los periodos 2008 y 2009.

En el 2008, bajo las tres condiciones de lluvia, se encontró mayor temperatura promedio del aire en el ensayo sol (hasta 32 °C) que en sombra (29 °C), durante el periodo de las horas de máximas temperaturas (10:00 am a 2:00 pm). En la noche (temperaturas mínimas) no se encontraron diferencias entre los ensayos. En el 2009, el comportamiento fue similar al 2008 pero con diferencias inferiores en las tres condiciones de lluvias (Figura 24 y Cuadro 9). En los dos años, se observa que las temperaturas alcanzan niveles menos altos los días en los que llueve. Las diferencias entre sol y sombra tienden a disminuir en esos días (Figura 28 y Cuadro 9). En el cuadro 9, se visualizan mejor las diferencias, ya que se presentan los errores estándares. Se observa que a las 8:43 am en los ensayos sol y sombra, los promedios de las temperaturas del aire en días con lluvias (> 5mm) fueron similares en ambos periodos de evaluación. Por lo contrario, las temperaturas fueron más altas al sol a esa hora en los días con lluvias menores a 5 mm en los dos años. Para los días sin lluvia se observó una diferencia similar en el 2008 y 2009. En el 2008 a las 12:13 pm y 3:43 pm en el ensayo sol y sombra se encuentran diferencias de hasta 2 °C en las tres condiciones de lluvias (excepto para la condición de lluvia > 5mm), en 2008, a las 3:43 pm, en la que no hay diferencias entre sol y sombra).

Cuadro 9. Comparación de la temperatura del aire en los periodos 2008 y 2009, en tres horas diferentes, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar).

Horas	Ensayos	Condición	Temperatura aire	
			2008	2009
8:43 AM	Café a pleno sol	Sin lluvia	26,26 ± 0,81	26,08 ± 0,37
		< 5milímetros	24,76 ± 0,39	28,23 ± 0,41
		> 5milímetros	24,35 ± 0,44	24,83 ± 0,28
	Café con sombra	Sin lluvia	24,88 ± 0,75	24,25 ± 0,29
		< 5milímetros	23,65 ± 0,35	25,81 ± 0,32
		> 5milímetros	23,45 ± 0,39	23,47 ± 0,21
12:13 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	32,12 ± 0,61	31,10 ± 0,46
		< 5milímetros	29,26 ± 0,41	30,56 ± 0,33
		> 5milímetros	26,90 ± 0,60	28,14 ± 0,44
	Café con sombra	Sin lluvia	29,92 ± 0,57	28,22 ± 0,38
		< 5milímetros	27,35 ± 0,36	27,58 ± 0,29
		> 5milímetros	25,60 ± 0,52	26,14 ± 0,36
3:43 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	27,34 ± 0,44	27,52 ± 0,36
		< 5milímetros	24,70 ± 0,25	26,52 ± 0,28
		> 5milímetros	23,21 ± 0,29	24,46 ± 0,28
	Café con sombra	Sin lluvia	25,82 ± 0,34	26,00 ± 0,26
		< 5milímetros	23,90 ± 0,22	25,17 ± 0,21
		> 5milímetros	22,69 ± 0,26	23,74 ± 0,22

AM = antes meridiano, PM = pasado meridiano. Los días en evaluación en el 2008 fueron: sin lluvia 14 días, con lluvias < 5 milímetros 67 días y con lluvias > 5 milímetros 58 días. En el 2009 sin lluvias 32 días, con lluvias < 5 milímetros 74 días y con lluvias > 5 milímetros 69 días.

En resumen podemos decir que ocurrieron mayores temperaturas promedio del aire en sol que en sombra, en las tres horas diferentes y en los dos periodos de evaluación, siendo la hora de las 12:13 pm donde se visualiza mejor la diferencia.

4.7 Temperatura de la hoja en café a pleno sol y sombra regulada durante el periodo 2009

En general, durante el periodo de evaluación del 2009 (50 días), se encontraron, al igual que para las temperaturas del aire, temperaturas de hojas mayores durante el día en el ensayo sol (34 °C) que en el ensayo sombra (29 °C), bajo las tres condiciones de lluvias. Durante la noche, no hay diferencias (Figura 25 y Cuadro 10). La temperatura de hoja parece ser bastante independiente de la condición de lluvia, especialmente bajo sombra. Sólo se visualiza una ligera disminución de la temperatura en la tarde en los días en los que llueve más de 5 mm.

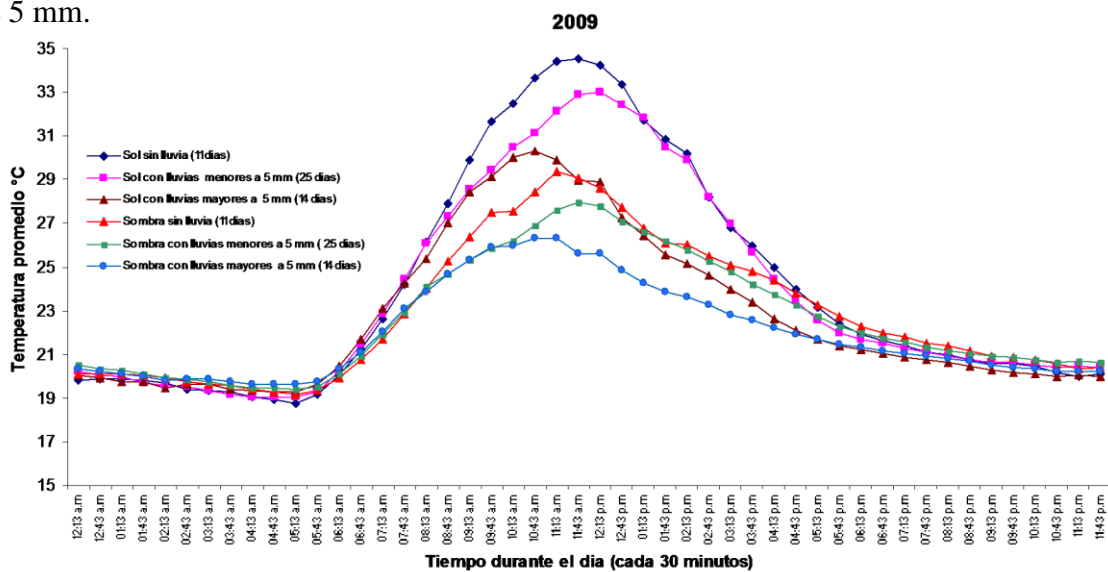


Figura 25. Comportamiento de la temperatura de la hoja (4 sensores) en días sin lluvia y con lluvias (< 5 mm y > 5 mm) en los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada, durante el periodo 2009.

En el cuadro 10, se visualizan mejor las diferencias, ya que se presentan los errores estándares. Se observa que a las 8:43 am, en el ensayo al sol, los promedios de las temperaturas de las hojas son mayores que en el ensayo bajo sombra, bajo las tres condiciones de lluvia. Esta diferencia se acentúa más en la hora 12:13 pm, donde se encuentran diferencias de hasta 5 °C entre sol y sombra en la condición sin lluvia. Sin embargo, a las 3:43 pm se

reducen las diferencias entre las dos exposiciones al sol, en las dos condiciones de lluvias, quedando solamente diferentes significativamente de temperaturas en los días sin lluvia.

Cuadro 10. Temperatura de la hoja en tres horas diferentes para el periodo 2009, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y en dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar).

Horas	Ensayos	Condición	Temperatura hoja
8:43 AM	Café a pleno sol	Sin lluvia	27,88 ± 0,62
		< 5milímetros	27,34 ± 0,48
		> 5milímetros	27,00 ± 0,62
	Café con sombra	Sin lluvia	25,28 ± 0,45
		< 5milímetros	24,70 ± 0,37
		> 5milímetros	24,66 ± 0,51
12:13 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	34,25 ± 0,97
		< 5milímetros	33,00 ± 0,79
		> 5milímetros	28,92 ± 1,23
	Café con sombra	Sin lluvia	28,60 ± 0,62
		< 5milímetros	27,79 ± 0,53
		> 5milímetros	25,63 ± 0,68
3:43 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	25,99 ± 0,48
		< 5milímetros	25,65 ± 0,56
		> 5milímetros	23,42 ± 0,74
	Café con sombra	Sin lluvia	24,80 ± 0,34
		< 5milímetros	24,23 ± 0,34
		> 5milímetros	22,58 ± 0,44

AM = antes meridiano, PM = pasado meridiano. Los días en evaluación fueron: sin lluvia 11 días, con lluvias < 5 milímetros 25 días y con lluvias > 5 milímetros 14 días.

4.8 Comparación de la temperatura del aire con la temperatura de hoja en café a pleno sol y sombra regulada, durante el periodo 2009

En la hora 8:43 am en los ensayos sol y sombra sólo se encontraron pequeñas diferencias significativas entre las temperaturas promedias de la hoja y del aire, y únicamente para los días en los que llovió menos de 5 mm. La temperatura de la hoja tiende a ser más alta que la del aire, tanto al sol como a la sombra. Esta tendencia se acentúa fuertemente a las 12:13 pm en el ensayo al sol, donde se encontraron diferencias significativas entre las temperaturas de las hojas con respecto a las temperaturas del aire, llegando hasta diferencias superiores en 3 °C (sin lluvia). En el ensayo bajo sombra las temperaturas de las hojas y del aire fueron similares. A las 3:43 pm, en el ensayo al sol, las temperaturas de la hoja fueron

mayores en la condición sin lluvia. En las dos restantes condiciones de lluvia, las temperaturas fueron similares. En sombra no se encontraron diferencias entre las temperaturas de las hojas y del aire en las tres condiciones de lluvia (Cuadro 11).

Cuadro 11. Comparación de la temperatura de la hoja con la temperatura del aire en periodo 2009, en tres horas diferentes, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y en dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar).

Horas	Ensayos	Condición	Temperatura hoja	Temperatura aire
8:43 AM	Café a pleno sol	Sin lluvia	28,95 ± 0,96	27,80 ± 0,75
		< 5milímetros	28,31 ± 0,60	27,42 ± 0,59
		> 5milímetros	27,73 ± 0,64	26,78 ± 0,75
	Café con sombra	Sin lluvia	26,05 ± 0,59	25,08 ± 0,40
		< 5milímetros	25,36 ± 0,44	24,78 ± 0,42
		> 5milímetros	24,99 ± 0,62	24,62 ± 0,62
12:13 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	35,68 ± 1,32	32,21 ± 0,72
		< 5milímetros	33,26 ± 0,81	30,75 ± 0,64
		> 5milímetros	30,80 ± 2,41	29,26 ± 0,78
	Café con sombra	Sin lluvia	29,09 ± 0,84	28,70 ± 0,70
		< 5milímetros	27,70 ± 0,51	27,41 ± 0,50
		> 5milímetros	26,53 ± 0,87	26,41 ± 0,64
3:43 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	26,99 ± 0,80	27,51 ± 0,39
		< 5milímetros	25,71 ± 0,70	26,50 ± 0,64
		> 5milímetros	24,19 ± 1,66	24,43 ± 1,84
	Café con sombra	Sin lluvia	25,51 ± 0,44	26,11 ± 0,38
		< 5milímetros	24,38 ± 0,41	25,17 ± 0,42
		> 5milímetros	23,31 ± 1,16	23,53 ± 1,19

AM = antes meridiano, PM = pasado meridiano. Los días en comparación fueron: sin lluvia 5 días, con lluvias < 5 milímetros 15 días y con lluvias > 5 milímetros 3 días.

4.9 Probabilidades de formación de rocío en café a pleno sol y sombra regulada en el período 2009

En la condición sin lluvia y en el periodo de la noche (6:00 pm a 6:00 am), en el ensayo al sol, se observa una estrecha cercanía entre la temperatura de la hoja y el punto de rocío. La temperatura de la hoja pasa frecuentemente abajo del punto de rocío, específicamente en las horas de las 1:13 am a las 5:13 am, lo cual provoca la formación de rocío. En sombra no se visualizan posibilidades de rocío sobre las hojas de café, ya que las temperaturas de las hojas se distancian del punto de rocío. (Figura 26).

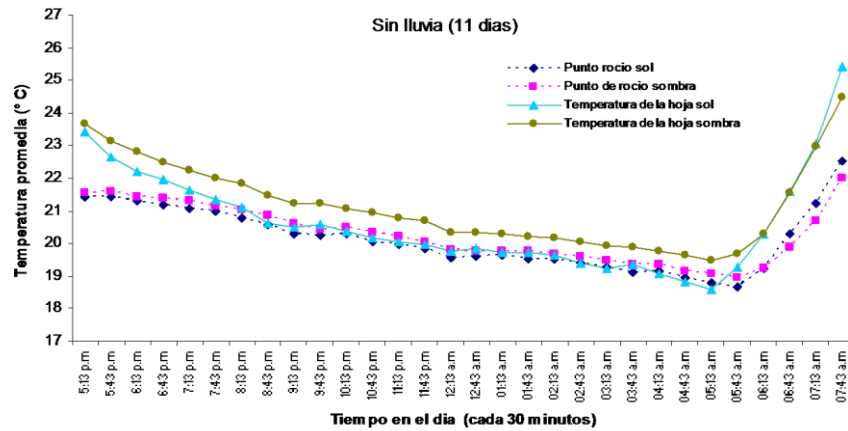


Figura 26. Comparación de la temperatura de la hoja (línea continua) y el punto de rocío (línea discontinua) en la condición sin lluvia, para los ensayos sol y sombra, en el periodo 2009.

Al sol, en los días con lluvia, las posibilidades de rocío se reducen mucho, ya que el punto de rocío es generalmente superior a la temperatura de la hoja. Bajo sombra, como en los días sin lluvia, la temperatura del punto de rocío es muy superior a la de hoja, por lo cual no se deposita rocío. (Figura 27).

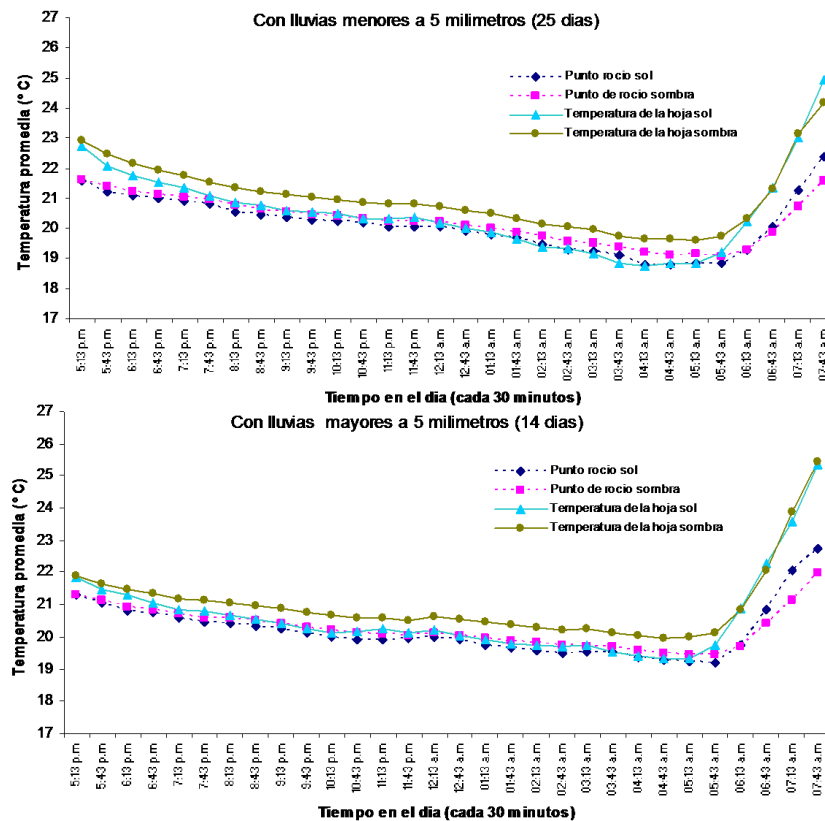


Figura 27. Comparación de la temperatura de la hoja (línea continua) y el punto de rocío (línea discontinua) en las condiciones con lluvias (< 5 mm y > 5 mm), para los ensayos sol y sombra, en el periodo 2009.

4.10 Mojadura de la hoja en café a pleno sol y sombra regulada durante los periodos 2008 y 2009

En el 2008 y 2009, durante la noche (6:00 pm a 6:00 am), no se encontraron diferencias significativas entre los ensayos al sol y bajo sombra con respecto a la mojadura de la hoja. En el 100 % de los casos, los sensores registraron niveles superiores al 15 %, umbral arriba del cual se consideró que las hojas estaban mojadas. La frecuencia de mojadura baja en las horas del día (8:43 am a 3:43 pm) en ambos periodos de evaluación y en ambos ensayos.

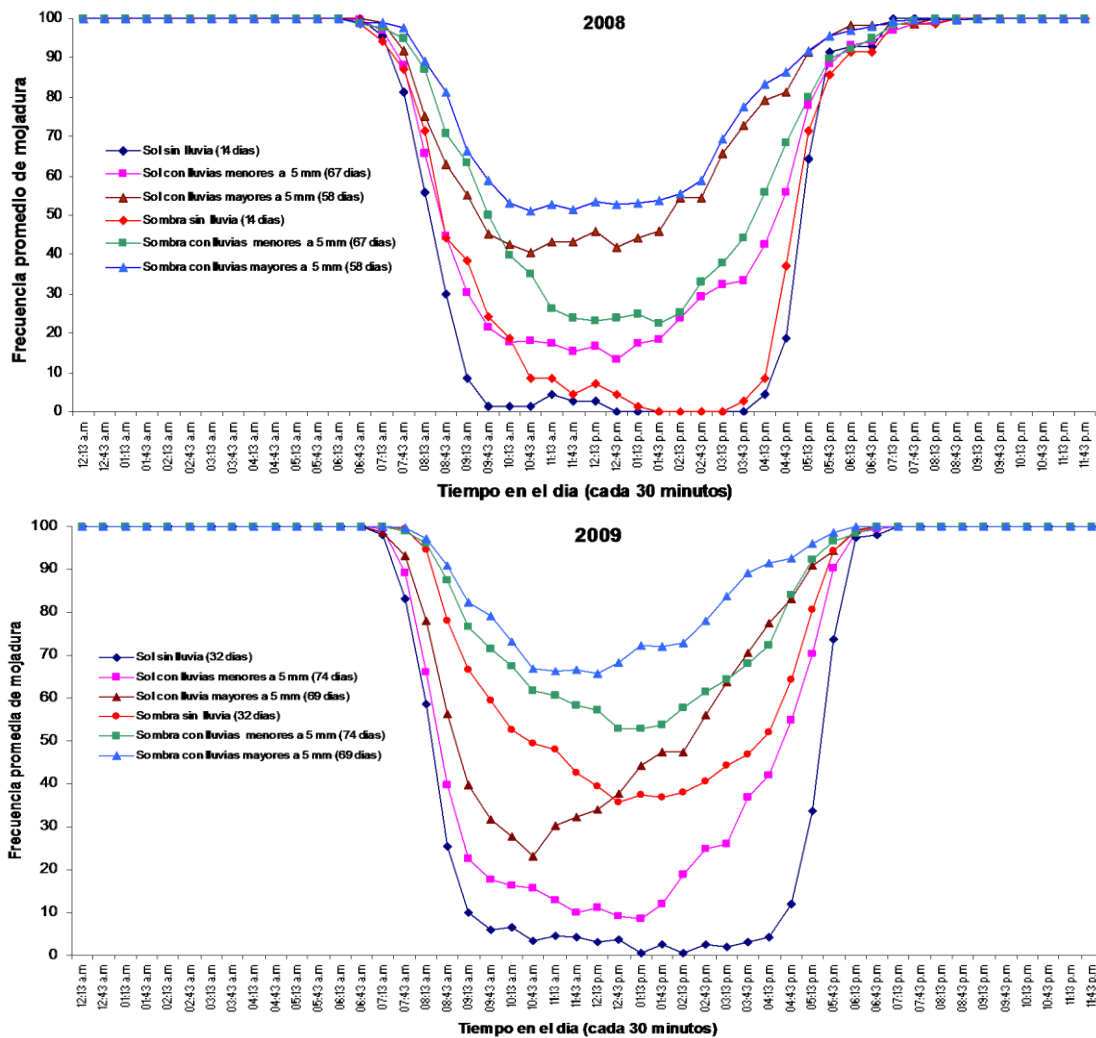


Figura 28. Comportamiento de la mojadura de la hoja (5 sensores) en días sin lluvia y con lluvias (< 5 mm y > 5 mm) en los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada, durante los periodos 2008 y 2009.

En el 2008, se encontró siempre una mayor frecuencia de mojadura de la hoja bajo sombra que al sol en todas las condiciones de lluvia, aunque las diferencias son pequeñas. Sólo se observaron diferencias marcadas entre sol y sombra, en la mañana, en los días con lluvia, como se confirma en el Cuadro 12 para la hora de 8:43 AM. En el 2009 también se encontró mayor frecuencia de mojadura de hoja bajo sombra que al sol, en todas las condiciones de lluvias y en las tres horas diferentes para las cuales se calcularon los errores estándares (Figura 28 y Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación de la frecuencia promedio de mojadura de la hoja en los periodos 2008 y 2009, en tres horas diferentes, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar).

Horas	Ensayos	Condición	Mojadura de hoja	
			2008	2009
8:43 AM	Café a pleno sol	Sin lluvia	30,00 ± 6,55	25,33 ± 5,42
		< 5milímetros	45,55 ± 3,76	39,73 ± 4,43
		> 5milímetros	62,76 ± 4,88	56,18 ± 5,00
	Café con sombra	Sin lluvia	44,29 ± 12,44	78,00 ± 4,11
		< 5milímetros	70,91 ± 4,93	87,57 ± 2,39
		> 5milímetros	81,38 ± 3,93	90,88 ± 2,23
12:13 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	2,86 ± 1,94	3,13 ± 3,13
		< 5milímetros	16,72 ± 4,31	11,20 ± 3,29
		> 5milímetros	45,86 ± 6,28	34,12 ± 5,45
	Café con sombra	Sin lluvia	7,14 ± 3,98	39,38 ± 6,06
		< 5milímetros	22,99 ± 4,47	57,07 ± 4,29
		> 5milímetros	53,45 ± 6,13	65,59 ± 4,64
3:43 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	0,00 ± 0,00	3,13 ± 3,13
		< 5milímetros	33,43 ± 5,18	36,80 ± 5,30
		> 5milímetros	72,76 ± 5,62	70,59 ± 5,17
	Café con sombra	Sin lluvia	2,86 ± 2,86	46,88 ± 6,39
		< 5milímetros	44,18 ± 5,47	68,00 ± 4,54
		> 5milímetros	77,59 ± 5,16	89,12 ± 3,42

AM = antes meridiano, PM = pasado meridiano. Los días en evaluación en el 2008 fueron: sin lluvia 14 días, con lluvias < 5 milímetros 67 días y con lluvias > 5 milímetros 58 días. En el 2009 sin lluvias 32 días, con lluvias < 5 milímetros 74 días y con lluvias > 5 milímetros 69 días.

4.11 Humedad relativa en café a pleno sol y sombra regulada durante los periodos 2008 y 2009

El comportamiento de la humedad relativa es muy similar al de la mojadura de la hoja. Los niveles se mantienen altos en la noche, sin que puedan verse diferencias entre las diferentes condiciones en estudio, y bajan de día. De día, es cuando se observan las diferencias entre sol y sombra. Tanto en 2008 como en 2009, la humedad relativa se mantiene generalmente más alta bajo sombra que al sol (Figura 29 y Cuadro 13).

En el Cuadro 13, se observa que la humedad relativa bajo sombra es siempre superior significativamente a la obtenida al sol para la hora 12:13 pm en 2008 y 2009. Las diferencias son marcadas también a las 3:43 pm (excepto para los días en que llueve más de 5 mm, especialmente en 2008). Por el contrario, a las 8:43 am, no se encuentran diferencias significativas entre sol y sombra, excepto para los días sin lluvia o con lluvias leves (< 5mm) en 2009.

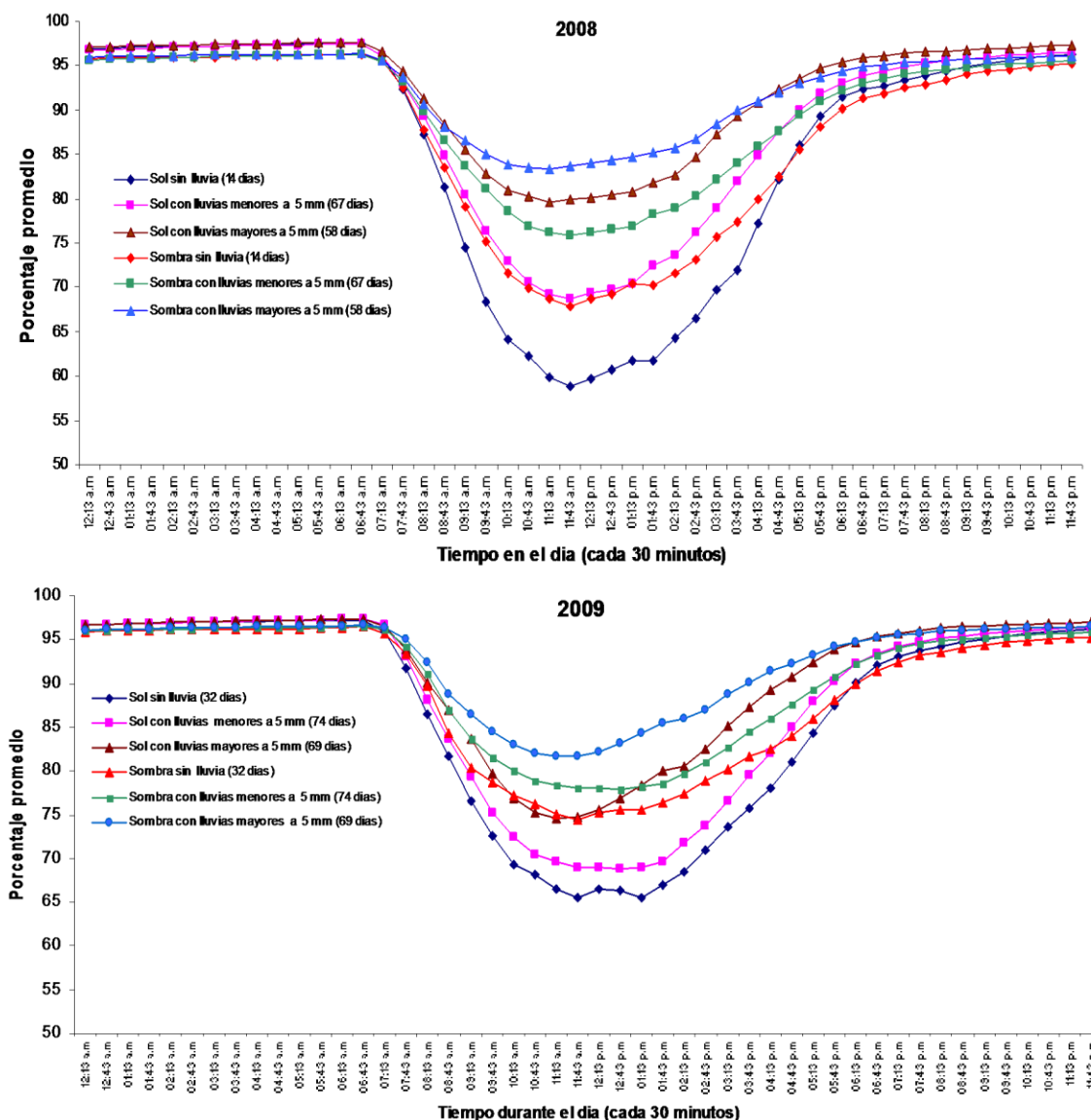


Figura 29. Comportamiento de la humedad relativa (1 sensor) en días sin lluvia y con lluvias (< 5 mm y > 5 mm) en los ensayos café a pleno sol y con sombra regulada, durante los periodos 2008 y 2009.

Cuadro 13. Comparación de la humedad relativa en los periodos 2008 y 2009, en tres horas diferentes, bajo tres condiciones de lluvia (sin lluvia y con lluvias < 5 mm y > 5 mm) y dos condiciones de exposición solar (promedios y error estándar).

Horas	Ensayos	Condición	Humedad relativa	
			2008	2009
8:43 AM	Café a pleno sol	Sin lluvia	81,22 ± 2,03	77,92 ± 1,30
		< 5milímetros	84,92 ± 1,04	83,64 ± 1,00
		> 5milímetros	88,39 ± 1,10	86,96 ± 0,93
	Café con sombra	Sin lluvia	83,46 ± 2,41	81,76 ± 1,17
		< 5milímetros	86,52 ± 1,06	86,88 ± 0,86
		> 5milímetros	88,10 ± 1,15	88,72 ± 0,84
12:13 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	59,74 ± 1,36	66,49 ± 1,66
		< 5milímetros	69,30 ± 1,42	69,00 ± 1,12
		> 5milímetros	80,09 ± 1,82	75,65 ± 1,52
	Café con sombra	Sin lluvia	68,78 ± 0,99	75,31 ± 1,34
		< 5milímetros	76,11 ± 1,11	78,04 ± 0,96
		> 5milímetros	84,01 ± 1,36	82,19 ± 1,19
3:43 PM	Café a pleno sol	Sin lluvia	71,91 ± 1,73	75,69 ± 1,39
		< 5milímetros	81,91 ± 0,87	79,47 ± 1,03
		> 5milímetros	89,20 ± 0,98	87,32 ± 1,02
	Café con sombra	Sin lluvia	77,46 ± 1,13	81,61 ± 0,95
		< 5milímetros	84,03 ± 0,71	84,57 ± 0,75
		> 5milímetros	89,99 ± 0,78	90,15 ± 0,77

AM = antes meridiano, PM = pasado meridiano. Los días en evaluación en el 2008 fueron: sin lluvia 14 días, con lluvias < 5 milímetros 67 días y con lluvias > 5 milímetros 58 días. En el 2009 sin lluvias 32 días, con lluvias < 5 milímetros 74 días y con lluvias > 5 milímetros 69 días.

4.12 Precipitación en el 2008 y 2009

Las precipitaciones ocurridas en el periodo 2009 fueron inferiores a las del periodo 2008. En el mes de noviembre 2008, se presentaron precipitaciones muy abundantes (541,5 mm), favorables al desarrollo de la roya (Figura 30).

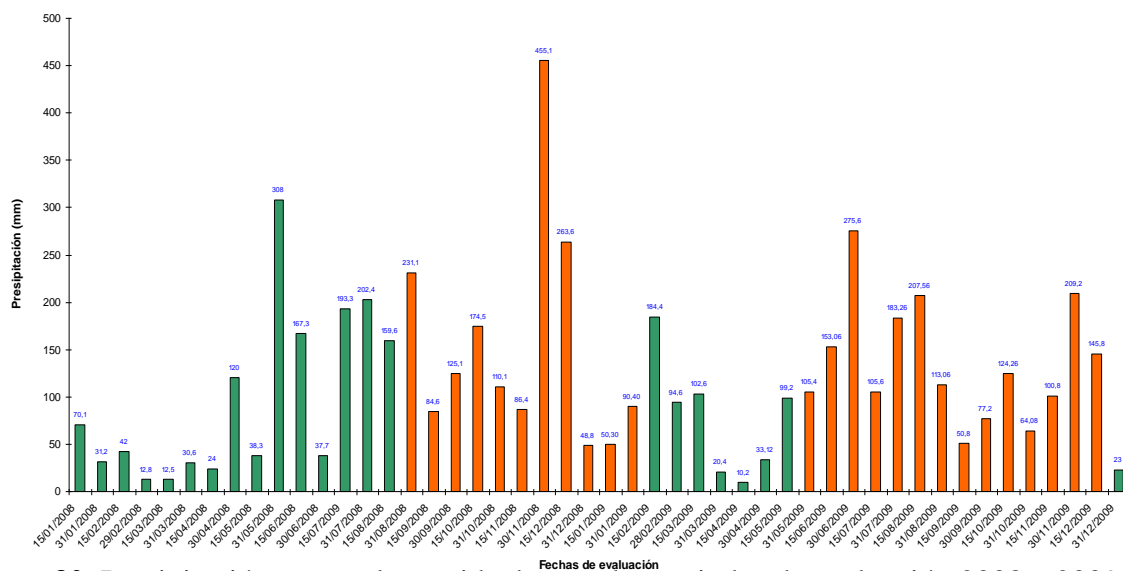


Figura 30. Precipitación mensual ocurrida durante los periodos de evaluación 2008 y 2009.

4.13 Valores de cobertura de la sombra en el ensayo café con sombra en 2008 y 2009

En ambos periodos, los porcentajes de sombra empezaron a un nivel bajo ya que la sombra se podó en época seca para estimular la floración. Después de esa poda drástica a inicios de año, la sombra se manejó muy poco para crear condiciones de exposición al sol contrastantes entre el ensayo bajo sombra y el ensayo al sol. En el periodo de evaluación del 2008 en el ensayo sombra, se inició con un porcentaje de sombra del 8,52 % en agosto. Posterior, siguió incrementándose hasta llegar a 55,90 % al final del periodo 2008. En el periodo 2009, se inició con un porcentaje de sombra 43,42 % en mayo, posterior en junio se le aplicó una poda selectiva (quedando en 22 %), luego continuó incrementándose hasta llegar a un 73,32 % al final del periodo de evaluación 2009 (Figura 31). Las máximas infecciones de roya ocurrieron entre los porcentaje de sombra de 35,23 a 55,90 % en el 2008 y de 59,02 a 73,32 % en el 2009.

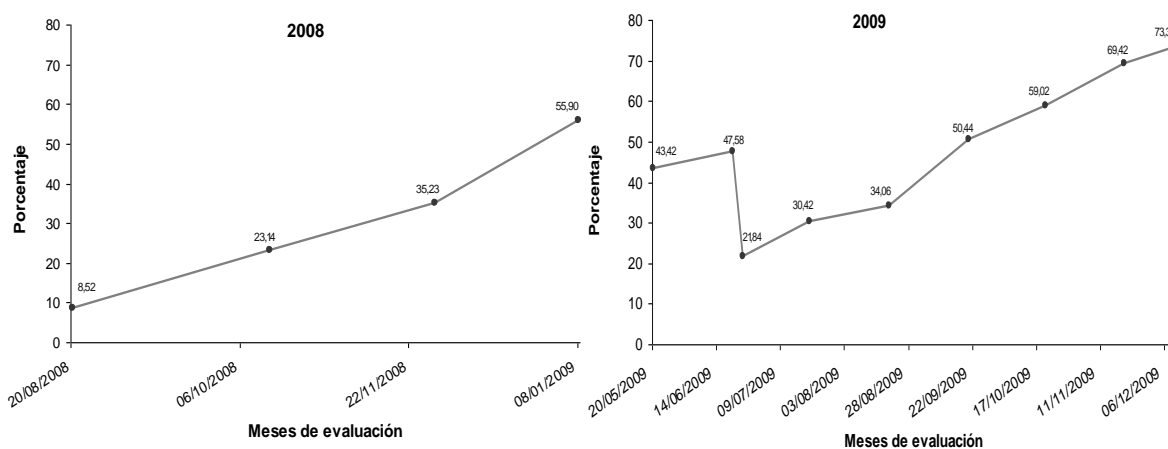


Figura 31. Porcentajes de sombra encontrados durante los periodos de evaluación 2008 y 2009 en el ensayo café con sombra de poró.

5 DISCUSIÓN

5.1 Relación de la incidencia y severidad de la roya

Se encontró una relación positiva entre la incidencia (hojas) y severidad (área foliar) similar para café a pleno sol y café con sombra ($p < 0.01$), en los cinco descriptores (PMII, PMIAI, PMIAF, AUDPC - AI y AUDPC - AF) utilizados para describir el comportamiento de la roya en el tiempo. Aunque una relación similar entre incidencia y severidad ya ha sido reportada para la roya del café (Silva - Acuña *et al.* 1999), a nuestro conocimiento, es la primera vez que se muestra que la relación es idéntica bajo sombra y al sol, a pesar que las condiciones microclimáticas son muy diferentes, cosa que también se describió en nuestro trabajo. Esto sugiere que al pasar de una condición de luz a la otra, los cambios de microclima afectan de la misma forma la incidencia y la severidad, es decir a la vez los procesos preinfectivos así como la fase de colonización de la hoja.

5.2 Efecto de la carga fructífera sobre la incidencia y severidad de la roya bajo dos condiciones microclimáticas

Para los cinco descriptores (PMII, PMIAI, PMIAF, AUDPC - AI y AUDPC - AF) del hospedero se encontró un efecto positivo de carga fructífera sobre la incidencia y la severidad de la roya en hojas en los dos años estudiados. A mayor carga fructífera, mayor incidencia y severidad, lo cual concuerda con observaciones anteriores (Avelino *et al.* 2004; Avelino *et al.* 2006). Como consecuencia posible de los ataques, se observaron niveles de defoliación más elevados en las plantas con cargas fructíferas más importantes, aunque eso también pudo deberse a la misma carga fructífera (Cannell 1975). La relación carga fructífera - nivel de ataque se observa tanto en el ensayo al sol como en el ensayo bajo sombra. Sin embargo, los niveles de ataque observados bajo sombra, especialmente la incidencia, son más elevados que al sol. Esto concuerda con lo encontrado por ciertos autores (Machado y Matiello, 1983; Staver *et al.* 2001; Avelino *et al.* 2004; Avelino *et al.* 2006), pero va en contra de lo observado por otros (Soto - Pinto *et al.* 2002). Ninguno de estos autores, había, sin embargo controlado la carga fructífera. Nuestro trabajo indica que el efecto controlador de la sombra sobre la roya es seguramente a través de la regulación de la productividad de los cafetos. Otros factores son, al contrario, favorables para la roya bajo sombra, razón por la cual, al homogeneizar la carga

fructífera, se alcanzaron niveles más altos de roya bajo sombra. Nuestro trabajo permite señalar dos posibles vías de acción favorables de la sombra para la roya. En primer lugar, observamos que el crecimiento de las ramas era más importante al sol que bajo sombra. Esto pudo haber conducido a una dilución de la enfermedad en el ensayo al sol comparado con el ensayo bajo sombra, y dar la impresión que la roya era más importante bajo sombra. Tales fenómenos de dilución de la roya por el crecimiento acelerado del hospedero ya se han reportado (Kushalappa *et al.*, 1983; Avelino *et al.* 2006). El presente trabajo evidenció también cambios favorables del microclima en la condición de sombra, particularmente de mojadura de la hoja (más frecuente, lo cual favorece la germinación y la penetración), de temperaturas del aire y de la hoja (menos variables, menos elevadas, y siempre más cercanas de los óptimos para la germinación, penetración y colonización), y de humedad relativa (más alta). Además, la condición de luminosidad reducida bajo sombra también pudo haber facilitado la germinación la cual es favorecida por la obscuridad (Avelino *et al.* 2004). La única condición de microclima que parece no ser favorable a la roya bajo sombra es el rocío, el cual se presenta únicamente al sol, de acuerdo a nuestros resultados.

5.3 Microclima en café a pleno sol y con sombra regulada

El comportamiento de la temperatura (aire y hoja), mojadura de la hoja y humedad relativa durante el estudio fueron diferentes en café a pleno sol con respecto a café con sombra de poró. Las máximas temperaturas promedias del aire a las 12:13 pm (días sin lluvias) fueron mayores en 2 °C en café a pleno sol que en café con sombra. Estos resultados son similares a los encontrados por Barradas y Fanjul (1986) en un estudio de caracterización del microclima con sombra y sin sombra en plantaciones de café en México. Ellos encontraron diferencias de hasta 4 °C entre café a pleno sol con respecto a café con sombra, durante las horas de máxima radiación. De igual forma Jaramillo y Gómez 1989; en un estudio de microclima en café a pleno sol y con sombra en Colombia, encontraron diferencias en las máximas temperaturas del aire de 2 °C en café a pleno sol con respecto a sombra. Las temperaturas de las hojas a las 12:13 pm (días sin lluvias) fueron mayores en más de 5 °C en café a pleno sol que en café con sombra, lo que concuerda con lo encontrado por Siles *et al.* (2009) en un estudio del efecto de la *Inga densiflora* en el microclima de café en Costa Rica. Estos autores encontraron diferencias de temperatura de hoja de 5 °C en café a pleno sol con respecto a café con sombra.

De igual forma Barradas y Fanjul 1986; encontraron diferencias mayores (4 a 5 °C) en café a pleno sol con respecto a sombra. Las altas temperaturas alcanzadas por las hojas a pleno sol se explican por el cierre de sus estomas en horas muy calientes. Las hojas no transpiran y se eleva su temperatura. Los procesos de remoción de calor por convección y evaporación en la superficie foliar podrían también ser insuficientes para equilibrar su temperatura con la temperatura del aire (Jiménez 1996).

Lo anterior explica que se encontraron temperaturas de las hojas más altas de hasta de 3 °C (a las 12:13 pm, sin lluvia) con respecto a la del aire, en el ensayo al sol, lo cual concuerda con los resultados encontrados por Gómez y Jaramillo (1974), en un estudio de temperatura en árboles de café al sol, en Colombia. Bajo sombra no se encontraron tales diferencias, lo cual concuerda con lo encontrado por Siles *et al.* (2009) y Jaramillo y Gómez (1989). Estos autores encontraron que las temperaturas de las hojas en café con sombra fueron iguales o menores a la temperatura del aire. Aducimos que la similitud de temperatura de las hojas y del aire bajo sombra, se debe a la menor radiación recibida por las hojas en esta condición comparada con la del sol. La frecuencia de mojadura de la hoja durante el día fue superior en café con sombra en comparación a café a pleno sol, especialmente en los días con lluvias. Este comportamiento lo aducimos al efecto de la sombra de poró sobre la mojadura de los sensores. La sombra puede llegar a reducir la radiación transmitida hasta en un 40 % (Siles *et al.* 2009) y por ende reducir la evaporación del agua existente en los sensores. Además, los porcentajes de humedad relativa durante el día y la noche, fueron mayores en sombra que en sol, lo cual contribuyó probablemente a mantener la mojadura de hoja por más tiempo.

Los porcentajes de humedad relativa durante el día fueron superiores hasta de un 10 % en café con sombra en comparación con café a pleno sol, especialmente en los días con lluvias. Este comportamiento lo aducimos a que en café con sombra existe mayor cantidad de vapor de agua en el aire y por ende una mayor tensión de vapor o condiciones de humedad (Jaramillo y Gómez 1989). Sin embargo se encontraron durante la noche mejores condiciones de rocío sobre las hojas en café a pleno sol que en sombra, porque las temperaturas de las hojas se mantuvieron más altas bajo sombra (arriba del punto de rocío), a pesar de su condición de mayor humedad relativa.

6 CONCLUSIONES

- ❖ La relación entre incidencia y severidad no es diferente para el ensayo al sol que para el ensayo bajo sombra. Existe mayor incidencia y severidad de la roya del café en el ensayo bajo sombra (47 – 65 %) que en el ensayo al sol.
- ❖ Existe un efecto positivo de la carga fructífera sobre la incidencia y severidad de la roya del café (menor afectación de la roya en las plantas sin o con poca producción que en plantas con mucha producción).
- ❖ Durante el día existen: mayores temperaturas del aire y de hoja en el ensayo al sol que en el ensayo bajo sombra; mayor frecuencia de mojadura de hoja y humedad relativa en el ensayo bajo sombra que en el ensayo al sol. En la noche no existen diferencias de temperaturas (aire y de hoja), mojadura de hoja y humedad relativa entre ambos ensayos.

7 RECOMENDACIONES

- ✓ Con base a los resultados obtenidos y bajo condiciones de sombra elevadas, se estima que el mejoramiento de las productividades del café bajo sombra, podría favorecer el desarrollo de esta enfermedad, posiblemente aún más que en las condiciones de alta productividad del pleno sol, debido a las condiciones de microclima idóneas se encuentran bajo sombra.
- ✓ Se sugiere por lo tanto, investigar los porcentajes de sombra óptimos que propicien condiciones de microclima favorables para la producción y para mantener la roya a un nivel manejable. Sabiendo que las condiciones de microclima, especialmente las temperaturas, son dependientes de la altura, se sugiere realizar investigaciones en diferentes estratos altitudinales.
- ✓ Realizar estudios sobre el metabolismo de las hojas en el nivel de laboratorio, lo cual permita explicar la relación positiva entre la carga fructífera y la roya.

8 LITERATURA CITADA

- Agrios, G.N. 1998. Fitopatología. Enfermedades ocasionadas por Basidiomycetes. 2a ed México, DF (México). Limusa. p 413 - 437.
- Amante, E; Vulcano, M.A; Abrahao, J. 1971. Observacoes preliminares sobre a influencia da entomofauna na dispersao dos uredosporos da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*). Tesis M.Sc; Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. p 67.
- Altieri, M. A; Letorneau, D. K. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. Crop protection 1: p 405 - 430.
- Aldazábal – Romero, M; Alarcón – Méndez, O. (1994 a). Fisiología del cafeto en condiciones de montaña. IV. Indicadores físicos del fruto maduro bajo dos condiciones de iluminación. Centro Agrícola. 3/94. Revista del Ministerio de Educación Superior de la Republica de Cuba, Cuba. p 47 - 53.
- Aldazábal – Romero, M; Alarcón – Méndez, O. (1994 b). Fisiología del cafeto en condiciones de montaña. V. Crecimiento de hojas al sol y bajo sombra. Centro Agrícola. 3/94. Revista del Ministerio de Educación Superior de la Republica de Cuba, Cuba. p 53 -57.
- Avelino, J; Muller, R.A; Cilas, C; Velasco, H. 1991. Développement de la rouille orangée dans des plantation em cours de modernisation plantées de variétés naines dans le Sud-Es du Mexique. Café Cacao Thé 35(1): p 21 - 24.
- Avelino, J; Toledo, J.C; Medina, B. 1993. Développement de la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*) dans une plantation du Sud-Ouest du Guatemala et évaluation des dégâts qu'elle provoque. In 15 Colloque Scientifique International sur le café, Montpellier, France, 6-11 juin 993. France, ASIC. p 293 - 302.
- Avelino, J; Toledo, J.C; Medina, B. 1995. Evaluación de épocas y números de aplicaciones de oxido de cobre para el control de la roya anaranjada del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en una finca al suroeste de Guatemala. In 16 Simposio Latinoamericano, Managua, Nicaragua, 25-29 octubre 1993. Honduras, IICA. Sin número de páginas.
- Avelino, J; Muller, R; Eskes, A; Santacreo, R; Holguin, F. 1999. La roya anaranjada del cafeto: mito y realidad. Desafíos de la caficultura de Centroamérica. San José. p 99.
- Avelino, J; Willocquet, L; Savary, S. 2004. Effects of crop management patterns on coffee rust epidemics. Plant Pathology (2004). p 53, 541 - 547.

- Avelino, J., H. Zelaya, A. Merlo, A. Pineda, M. Ordoñez, and S. Savary. 2006. The intensity of a coffee rust epidemic is dependent on production situations. *Ecological Modelling* 197 (3 - 4): p 431 - 447.
- Avelino, J; Zelaya, H; Merlo, A; Pineda, A; Ordóñez, M; Barboza, B; Barquero, M; Alfaro, R; Esquivel, C; Savary, S; Cabut, S; Durand, JF; Cilas, C. 2007. Shade effects on two coffee diseases: leaf rust (*Hemileia vastatrix*) and American leaf spot (*Mycena citricolor*). 10p. In Second International symposium on Multi-Strata agroforestry systems with perennial crops: Making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment. Turrialba; CATIE, 2007.
- Akutsu, M. 1981. Relacao de funcoes climáticas e bióticas com a taxa de infeccao da ferrugen do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk et Br). Tesis de M.Sc; Universidad Federal de Viosa, Minas Gerais, Brasil. p 67.
- Barradas, V.L; Fanjul, L. 1986. Microclimatic characterization of shade and open – grown coffee (*Coffea arabica* L) plantations in Mexico Agricultural and Forest Meteorology. p 38, 101 - 12.
- Bertrand, Benoit; Rapidel, Bruno. 1999. Desafíos de la caficultura de Centroamérica: Introducción. Capitulo ix. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura / Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola. Editores. Costa Rica, 1999. p 496.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*. 38: p 139 – 164.
- Bock, K.R. 1962. Dispersal of uredospores of *Hemileia vastatrix* under field conditions. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45(2): p 63 - 74.
- Bowden, J; Gregory, P.H; Johnson, C.G. 1971. Possible wind transport of coffee leaf rust across the Atlantic ocean. *Nature*. p 229, 500 - 1.
- Butler, E.J. 1918. *Fungi and disease in plants*. Calcutta, Tracker, Spink and Co.
- Butler, D.R. 1977. Coffee leaf temperatures in tropical environment. *Acta Bot. Neer.* 26(2): p 129 - 140.

- Cannell, MGR. 1971. Effect of the presence of fruits on net phoythosynthesis. In Annual Report Coffee Research Station, Ruiru, Kenya 1970 – 71. p 41– 42.
- Cannell, MGR. 1975. Crop physiological aspects of coffee bean yields: a review. *Journal of Coffee Research*. p 5, 7 - 20.
- Cannell, MGR. 1976. Crop physiological aspect of coffee bean yield. *Kenya Coffee* 41: p 245 – 253.
- Carvajal, JF. 1985. Cafeto - cultivo y fertilización. 2da. Edición. Berna, Suiza. Instituto Internacional de la Potasa. p 254.
- Caramori P.H; Androcioni, A; Leal, A.C. 1996. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in southern Brazil. *Agroforestry Sistems*. p 33, 205 - 14.
- Castro, F; Montes, E; Raine, M. 2004. Centroamérica la crisis cafetalera: efectos y estrategias para hacerle frente. San José, CR, Latin America and Caribbean Region Sustainable Development Working Paper. p 23 - 128.
- Céu – Silva, Maria do; Várzea, V; Guerra-Guimarães, L; Gil – Azinheira, H; Fernandez, D; Anne- Sophie, P; Bertrand, B; Lashermes, P; Nicole, M. 2006. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. *Braz. J. Plant Physiol*; 18(1): p 119 - 147.
- Crowe, T.J. 1963. Possible vector of the uredospores of *Hemileia vastatrix* in Kenya. *Trans. Br.Mycol. Soc.* 46(1): p 24 - 26.
- De Jong, E.J; Eskes, A.B; Hoogstraten, J.G.J; Zadoks, J.C. 1987. Temperature requirements for germination, germ tube growth, and appressorium formation of urediospores of *Hemileia vastatrix*. *Neth.J. Plant Path.* p 93: 61 - 71.
- De Melo, EF; Hagggar, JP; Staver, CP. 2002. Sostenibilidad y sinergismo en sistemas agroforestales con café: estudio a largo plazo de interacciones agroecológicas. *Café Cacao* 3(1): p 31 - 35.
- Echeverri, J.H. 1988. Desarrollo y reproducción de variedades con resistencia a la roya de café. In. PROMECAFE: diez años de labores 1978-1988, Costa Rica, IICA. p 85 - 113.

- Eskes, A.B; Souza, E.Z. 1981. Ataque da ferrugem em ramos como sem producao de plantas do cultivar catuai. In. 9 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Sao Lourenzo, Minas Gerais, Brasil, 27 - 30 agosto, 1981. Brasil. IBC. p 186 - 188.
- Eskes, A.B. 1982 a. The use leaf disk inoculation in assessing resistance of coffee to (*Hemileia vastatrix*). Neth. J. Pl. Pathol. 88 (4): p 127 - 141.
- Fischersworrning, BH; Robkamp, RR. 2001. Guía para la caficultura ecológica. Deutsche gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. 3 ed. p 153.
- Fournier, LA. 1988. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico. Agronomía Costarricense. 12(1): p 131 - 146.
- Gálvez, G.C; Montoya, M; Córdoba, M. 1982. Estudio epidemiológico de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) en El Salvador. In 5 Simposio Latinoamericano sobre Caficultura, San Salvador, El Salvador, 20 - 22 octubre, 1982. Costa Rica, IICA. p 121 - 141.
- Gómez-Gómez, L; Jaramillo - Robledo, A. 1974. Temperatura en árboles de café al sol: Nota técnica. Centro Nacional de Investigación de Café (CENICAFE), Caldas, Colombia. p 61 - 62.
- Guharay, F. 2001. ¿Cómo saber cuántas plagas y enfermedades tenemos en una plantación? In. I seminario latinoamericano sobre la broca. San José, Costa Rica, ICAFE, PROMECAFE. p 27 - 32.
- Guraray, F; Monterroso, D; Staver, C. 2001. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. Agroforestería en las América; CATIE, Turrialba, Costa Rica. Vol. 8; N° 29. p 22 - 29.
- Holguin, F. 1985. Epidemiología de la roya del cafeto bajo diferentes condiciones ecológicas. In 2 Reunión Regional del PROMECAFE sobre Control de la Roya del Cafeto, Tegucigalpa, Honduras, 20-23 Agosto, 1985. Honduras, IICA. p 150 - 150.
- Hoogstraten, J.G.J; Toma - Braghini, M; Eskes, A.B. 1983. Influencia da umidade do solo e umidades relativa do ar sobre restencia do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In. 10 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Pocos de Caldas, Minas Gerais, Brasil, 29 de agosto al 1 de septiembre 1983, Brasil, IBC/GERCA. p 110 - 111.

- Imbach, A.C; Fassbender, H.W; Beer, J; Borel, R; Bonnemann, A. 1989. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y café con poro (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica 6. Balances hídricos e ingresos con lluvias y lixiviación de elementos nutritivos. Turrialba. p 39, 400 - 14.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) y Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). 2007. Censo cafetalero: Turrialba y Coto Brus 2003; Valle Central y Valle Central Occidental 2004; Pérez Zeledon, Terrazú y Zona Norte 2006. Principales Resultados. 331p. Consultado el sábado 13/03/2010 y disponible en la Web. www.icafe.go.cr
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. Sexta edición. San José, Costa Rica. ICAFFE.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. San José, CR. p 127 - 137.
- Orozco, C, F.J; Jaramillo - Robledo, A. 1978. Efecto del déficit de humedad en el suelo sobre la temperatura del suelo y de las hojas en plantas de *Coffea canephora* y *Coffea arabica*. Cenicafe (Colombia) 29 (4): 1978. p 121 - 134.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2008. Principales productores de café a nivel mundial. Informe estadístico, Internet, Consultado el lunes 24/11/08, Disponible en la Web. www.faostat/estadistica.
- Jaramillo - Robledo, A.1976. Condiciones metereológicas en un cafetal bajo sombrío. Colombia. Cenicafe; 27 (4). p 180 - 184.
- Jaramillo – Robledo, A. 1984. Flujos de radiación solar y de energía en *Coffea arabica*. L. Cenicafe (Colombia) 34 (4): 1984. p 115 - 126.
- Jaramillo – Robledo, A; Gómez - Gómez, Lucia. 1989. Microclima en cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío. Cenicafe (Colombia); 1989. 40 (3): p 65 - 79.
- Jaramillo – Robledo, A; Chaves – Córdoba, B. 1998. Intercepción de la lluvia en un bosque y en plantaciones de *Coffea arabica* L. Cenicafe 49. p 129 - 34.

- Jiménez, F. 1996. Relación de la temperatura del aire y la temperatura de la hoja mas joven formada del platano (*Musa AAB*). Un análisis aplicado a la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). p 115 - 127.
- Kort, J. 1988. Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture. Ecosystems and environment* 22/23: p 165 - 190.
- Kushalappa, A.C; Chaves, G.M; 1980. An analysis of the developpement of coffee rust in tne field. *Fitopatologia Brasileira* 5: p 95 - 103.
- Kushalappa, A.C. 1981. Linear models aplicad to variation in the date of coffee rust development. *Phytopath.Z.* 101: p 22 - 30.
- Kushalappa, A.C; Akutsu, M; Oseguera, S.H; Chaves, G.M; Melles, C.A; Miranda, J.M; Bartolo, G.F. 1984. Equations for predicting the rate of coffee rust development based on net survival ratio for manocyclic process of *Hemileia vastatrix*. *Fitopatologia Brasileira* 9: p 255 - 271.
- Kushalappa, A.C; Akutsu, M; Ludwing, A; 1983. Application of survival ratio for monocyclic process of *Hemileia vastatrix* in prediction coffee rust infection rates. *Phytopathology.* p 73, 96 - 103.
- Kushalappa, A.C. 1989 b. Biology and Epidemiology. In *Coffe Rust: Epidemiology, Resistance and Management*. Ed. por A.C. Kushalappa y A.B. Eske, Florida, CRC Press. p 16 - 80.
- Machado, J.R.M; Matiolo, J.B. 1983. Curva epidemiológica de ferrugen (*Hemileia vastatrix* B. & Br) em cafeeiros sombreados e a pleno sol, na Ibiapa, noreste do Ceara. In: Simposio sobre ferrugens do cafeeiro, Oeiras, Portugal: CIFC, 282 - 6.
- Mayne, W.W. 1930. Seasonal periodicity of coffee leaf disease (*Hemileia vastatrix* B. & Br). *Bull. Mysore Coffee Exp. Sta.* 4: p 1 - 16.
- McCain, J.W; Hennen, F. 1984. Development of uredinial thallus and sorus in the orange coffee rust fungus *Hemileia vastatrix*. *Phytopathology* 74: p 714 - 721.
- Montealegre, M. 1954. Cafetales a pleno sol versus cafetales a la sombra. *Suelos Tico* 7: p 263 - 275.

- Morais, H; Jamil – Marur, C; Caramori, P.E; Arruda – Ribeiro, A.M; Gomes, J.C. 2003. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesq. Agropec. Brasil, Brasilia*, v. 38, n. 10. 2003. p 1131 – 1137.
- Muller, R.A; 1980. Contribution a la Connaissance de la Phycomycocénose, *Coffea arabica* L; *Colletotrichum coffeanum* Noack sensu Hindorf, *Hemileia vastatrix* Berk & Br. *Hemileia coffeicola* Maublanc et Roger. These de Doctorat d'Etat, Université de Paris VI, 1978. p 174.
- Muschler, RG. 1997. Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. In: *Memorias XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. Costa Rica. IICA-PROMECAFE*. p 157 - 162.
- Muschler, RG; Bonnemann, A. 1997. Potentials and limitations of Agroforestry for changing land- use in the tropics: experiences from Central America. *Forest Ecology and Management*. 91: p 61 - 73.
- Muthappa, B.N. 1980. Behaviour of *Hemileia vastatrix* during unfavourable weather. *J. Coffee Res.* 10 (2): p 31 - 35.
- Niuwenhuyse, A. 2005. Curso de manejo de suelos. Presentación “Taxonomía de suelos”.CATIE. p 60.
- Nutman, F.J; Roberts, F.M; Bock, K.R. 1960. Methods of uredospore dispersal of the coffee leaf rust fungus, *Hemileia vastatrix*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 43(3): p 509 - 515.
- Nutman, F.J; Roberts, F.M. 1962. Coffee berry disease and leaf rust research. *Kenya. Coffee.* 27: p 273 - 279.
- Nutman, F.J; Roberts, F.M. 1963. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk & Br. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46 (1): p 27 - 48.
- Palma, M,R; Suazo, G; Zaldivar, R; Agurcia, R,D. 1990. Período de incubación y generación de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Honduras. In5. *Seminario nacional de investigación y de transferencia en caficultura, Tegucigalpa, Honduras; octubre 1995.* Honduras, IHCAFE. p 165 - 173.

- Pérez, V. 1977. Veinticinco años de investigación sistemática del cultivo de café en Costa Rica. 1950 –1975. *Agronomía Costarricense* 1: p 169 – 185.
- Pasek, J.E. 1988. Influence of wind and windbreaks on local dispersal of insects. *Agriculture. Ecosystems and environment* 22/23: p 539 - 554.
- Peterson, G. W. 1988. Disease management in windbreaks. *Agriculture. Ecosystems and environment* 22/23: p 501 - 512.
- Ramírez, LG. 1993. Producción de café (*Coffea arabica* vars. Caturra) bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de *Erythrina poeppigiana*. In Westley, SB and Powell, MH (eds) *Erythrina in the New and Old Worlds*. Nitrogen Fixing Tree Association, Paia, Hawai. p 121–124.
- Rayner, R.W. 1961 a. Spore liberation and dispersal of coffee rust *Hemileia vastatrix* Berk & Br. *Nature* 191 (4789): p 245.
- Rayner, R.W. 1961 b. Germination and penetration studies on coffee rust *Hemileia vastatrix* Berk & Br. *Ann. Appl. Biol.* 49: 497-505p.
- Rayner, R.W. 1972. *Micología, Historia y Biología de la roya del cafeto*. Costa Rica, IICA-CATIE, Publicación Miscelánea 94. p 68.
- Ribeiro, I.J.A; Monaco, L.C; Tisseli – Filho, O; Sugimori, M.N. 1978. Efeito de alta temperatura no desenvolvimento de *Hemileia vastatrix* em cafeeiro suscetivel. *Bragantia*. p 37, 11 - 6.
- Samayoa, JO; Sánchez, V. 2000. Importancia de la sombra en la incidencia de enfermedades en café orgánico y convencional en Paraíso, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 7(26): p 34 – 36.
- Santacreo, R; Reyes, E; Osegueda, S. 1983. Estudio del desarrollo de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Y su relación con factores biológicos y climáticos en condiciones de campo en dos zonas cafetaleras de Honduras, C.A. In 6 Simposio Latinoamericano sobre Caficultura, Panamá, Panamá, 24-25 noviembre, 1993. Costa Rica, IICA. p 199 - 213.
- Schroth, G; Krauss, U; Gasparrotto, L; Duarte, J; Vohland, K. 2000. Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. *Agroforestry Systems* 50: p 199 - 241.

- Soto – Pinto, L; Perfecto, I; Caballero - Nieto, J. 2002. Shade over coffee: its effects on coffee berry borer, leaf rusts and spontaneous herbs in Chiapas. Mexico. *Agroforestry Systems*. p 55, 37 - 45.
- Siles, P; Harmand, J.M; Vaast, P. 2009. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. *Agroforestry Systems*. p 18.
- Silva-Acuña, R., L. A. Maffia, L. Zambolim, and R. D. Berger. 1999. Incidence-severity relationships in the pathosystem *Coffea arabica* *Hemileia vastatrix*. *Plant Disease* 83 (2): p 186 - 188.
- Staver, C; Guharay, F; Monterroso, D; Muschler, R.G. 2001. Designing pest – suppressive multistrata perennial crop systems: shade – grown coffee in Central America. *Agroforestry Systems*. p 543, 151 - 70.
- Valencia, AG. 1973. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del cafeto. *Cenicafé*: p 79 - 89.
- Waller, J.M. 1972. Coffe rust in Latin America. *PANS* 18 (4): p 402 - 408.
- Zahner, R. 1968. Water deficits and growth of trees. In. Kozlowiski T.T. (Ed). *Water deficits and plant growth*. New York (Estados Unidos), Academy Press, 1968. Vol. 2. p 191 - 254.
- Zadoks, J.C; Schein, R.D. 1979. *Epidemiology and plant disease management*. New York, USA: Oxford University Press.

ANEXOS

Anexo 1. Actividades de manejo agronomico realizados en los ensayos experimentales de roya en cafe durante el 2008 y 2009.

Actividades de manejo agronomico realizadas en los ensayos experimentales de roya en café durante el 2008

Tipo de actividad	Objetivo de la actividad	Fecha de realización	Dosis	Formulación	Observaciones
Eliminación de la sombra de poro del ensayo café a pleno sol	Someter a las plantas de café a las condiciones microclimaticas de a pleno sol	Julio (2da semana)			Poda total
Poda del poro (ensayo sombra)	Inducir el proceso de floración de las plantas de café	15/01/2008			Poda fuerte
	Inducir el proceso de maduración de los frutos de las plantas de café	18/08/2008			Poda fuerte (menos del 10% de sombra)
Poda de café					Ninguna
Deshije del café	Mantener una sucesión racional y ordenada del café en el sitio de producción.	25/03/2008			
Eliminación de rebrotes en el ensayo a pleno sol	Mantener al ensayo a pleno sol en las condiciones microclimaticas de café a pleno sol	Finales de cada mes, correspondiente al periodo de agosto a diciembre 2008			
Control de malezas con herbicidas	Favorecer a las planta de café en la absorcion y utilizacion de los nutrientes	Enero	150 cc randall/16 litros de agua		Se utiliza una bomba para los dos ensayos
		Abril	150 cc randall + 1. 1/2 gr de ally /16 litros de agua		
Fertilización granulada	Mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, que puedan ser absorbidos por el café	Mayo	32 gr nutran/planta		
		Agosto	50 gr completo/planta	18,05,15	
		Diciembre	32 gr nutran/planta		
Fertilización foliares					Ninguna
Trampeos	Reducir las poblaciones de broca del café	Enero	4 trampas en la areas de los dos ensayos	Trampas artesanales (botellas de plasticas) con un difusor de alcohol etílico (ICAFE), que se revisan cada 15 días	
Aplicación de insecticidas	Proteger a los frutos del café de los daño de broca	Marzo	50 cc de endosulfan/16 litros de agua.		Aplicación selectiva a plantas con frutas. Cuando se realiza completa la aplicación de endosulfan se utilizan 3 bombadas de 16 litros
Aplicación de fungicidas					Ninguna
Recoleccion de frutas	Evitar el deterioro y caída al suelo de la fruta madura de café	30/07/2008		Pequeña	
		19/08/2008		Pequeña	
		08/09/2008		Pequeña	
		22/09/2008		Pequeña	
		07/10/2008		Mediana	
		20/10/2008		Mediana	
		28/10/2008		Grande	
		11/11/2008		Grande	
		21/11/2008		Pequeña	
04/12/2008		Pequeña	Corta de frutos maduros y verdes		

Actividades de manejo agronomico realizadas en los ensayos experimentales de roya en café durante el 2009

Tipo de actividad	Objetivo de la actividad	Fecha de realización	Dosis	Formulación	Observaciones
Poda del poro (ensayo sombra)	Inducir el proceso de floración de las plantas de café	13/01/2009			Poda fuerte
	Inducir el proceso de maduración de los frutos de las plantas de café	23/06/2009			Poda selectiva
Poda de café	Renovar tegidos de las plantas productivas	31/01/2009			Poda selectiva
Deshije del café	Mantener una sucesión racional y ordenada del café en el sitio de producción.	30/03/2009			
Eliminación de rebrotes en el ensayo a pleno sol	Mantener al ensayo a pleno sol en las condiciones microclimáticas de café a pleno sol	Finales de cada mes, correspondiente al periodo de enero a octubre del 2009			
Control de malezas con herbicidas	Favorecer a las planta de café en la absorción y utilización de los nutrientes	Enero	150 cc randall/16 litros de agua		Se utiliza una bombada para los dos ensayos
		Abril	150 cc randall + 1. 1/2 gr de ally /16 litros de agua		
Fertilización granulada	Mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, que puedan ser absorbidos por el café	Agosto	50 gr completo/planta	18,05,15	La aplicación del mes de mayo, no se realizo por falta de recursos economicos
Fertilización foliares					Ninguna
Trampeos	Reducir las poblaciones de broca del café	Marzo	4 trampas en los dos ensayos	Trampas artesanales (botellas de plasticas) con un difusor de alcohol etílico (ICAFE), que se revisan cada 15 días	Normalmente se realiza en enero
Aplicación de insecticidas	Proteger a los frutos del café de los daño de broca		50 cc de endosulfan/16 litros de agua.		Aplicación selectiva a plantas con frutas. Cuando se realiza completa la aplicación de endosulfan se utilizan 3 bombadas de 16 litros
Aplicación de fungicidas					Ninguna
Recolección de frutas	Evitar el deterioro y caída al suelo de la fruta madura de café	02/07/2009		Pequeña	Graniteo
		29/07/2009		Pequeña	Graniteo
		19/08/2009		Pequeña	Graniteo
		07/09/2009		Mediana	
		19/09/2009		Grande	
		30/09/2009		Mediana	
		17/10/2009		Mediana	
		03/11/2009		Mediana	
		19/11/2009		Pequeña	
		03/12/2009		Pequeña	Graniteo
15/12/2009			Pequeña	Recoleccion final (frutos verdes y maduros)	

Anexo 2. Actividades de manejo experimental realizadas en los ensayos durante el periodo 2008 y 2009

Actividades de manejo experimental realizadas en los ensayos durante el periodo 2008

Tipo de actividad	Fecha de realización	Observaciones
Realización del croquis o mapa del ensayo	Junio 2008 (4ta semana)	
Delimitación de parcelas café con sombra y pleno sol y parcelas útiles	Julio 2008 (1era semana)	
Conteo de nudos productivos en las plantas de café	Julio 2008 (2da y 4ta semana)	
Poda total de los arboles de poro del area designado para el ensayo café a pleno sol	Julio 2008 (2da semana)	
Diseño y aplicación de los tratamientos (eliminación de frutos)	Julio 2008 (4ta y 5ta semana)	
Codificación de plantas de parcelas utiles	Julio 2008 (5ta semana)	
Realización de mediciones de incidencia y severidad de la roya	12,15 y16/08/08	Incidencia y sombra
	1,2 y 3/09/08	Incidencia
	22,23 y 24/09/08	Incidencia y severidad
	13,14 y15/10/08	Incidencia, severidad y sombra
	03,04 y05/11/08	Incidencia y severidad
	24,25 y26/11/08	Incidencia, severidad y sombra
	15,16 y17/12/08	Incidencia y severidad
	05,06y07/01/09	Incidencia, severidad y sombra
Realización de lectura de % sombra	26,27y28/01/09	Incidencia y severidad
	20/08/2008	Ensayo café con sombra regulada
	14/10/2008	
	29/11/2008	
08/01/2009		
Recolección de frutas de café	30/07/2008	Pequeña
	19/08/2008	Pequeña
	08/09/2008	Pequeña
	22/09/2008	Pequeña
	07/10/2008	Mediana
	20/10/2008	Mediana
	28/10/2008	Grande
	11/11/2008	Grande
21/11/2008	Pequeña	
	04/12/2008	Pequeña (Incluyo la corta de frutos maduros y verdes)

Actividades de manejo experimental realizadas en los ensayos durante el periodo 2009

Tipo de actividad	Fecha de realización	Observaciones
Instalación de pluviometro de 24.6 mm	24/01/2009	Ubicado al suroeste de los ensayos
Cambio de tutores de los sensores (temperatura y mojadura de hojas) en los dos ensayos	28,29 y 30/01/2009	Se utilizo los ejes de café, producto de la poda del café
Limpieza de los desechos de la poda de café	26,27 y 28/02/2009	Desrreme de ejes de café y ubicación en las bases de las plantas
Retiro de sensor de temperatura y humedad relativa del ensayo de café a pleno sol	19/03/2009	Por estar dando fallas en la lecturas y registros de datos. Ubicada al centro del ensayo.
Instalación de sensor de temperatura y humedad relativa del ensayo de café a pleno sol	23/03/2009	
Realización de lectura de % sombra	20/03/2009	Ensayo café con sombra regulada
	20/04/2009	
	20/05/2009	
	20/06/2009	
	24/06/2009	Despues de la poda selectiva del poro, realizada el 23/06/2009
	20/07/2009	
	20/08/2009	
	20/09/2009	
	20/10/2009	
	20/11/2009	
10/12/2009		
Retiro de sensor de temperatura del ensayo de café a pleno sol	20/05/2009	Por estar dando fallas en la lecturas y registros de datos. Ubicada al inicio de la parcela, por el camino de acceso.
Instalación de sensor de temperatura del ensayo de café a pleno sol	25/05/2009	
Delimitación de los ensayos de café a pleno sol y sombra regulada	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27/05/2009	Para el ensayo café con sombra regulada se movio un surco al noreste y dos surcos al sureste (camino de acceso), por falta de plantas con buena producción frutos
Conteo de nudos productivos en las plantas de café		
Establecimiento de tratamientos (remoción de exceso de frutos)		
Codificación de plantas de parcelas útiles		
Prueba de calibración de los sensores de mojadura de la hojas en sol y sombra.	29/05/2009	A las 8-11am
Instalación de base metálica del data logger del ensayo sol y sombra y caja de protección del data logger del ensayo sol	07 y 08/08/2009	
Instalación de la caja de protección del data logger del ensayo sombra	10/08/2009	
Instalación del data logger y 4 sensores de temperatura de la hojas en el ensayo sombra y cambio de baterías del data logger de los sensores de temperatura de aire y mojadura de hojas	12/08/2009	
Instalación del data logger y 4 sensores de temperatura de la hojas en el ensayo café a pleno sol.	17/08/2009	Se instalo a las 1:30 pm, para lectura y analisis de los datos se tomara a partir de las 5 de la tarde.
Cambio de baterías de los data logger de sensores de temperatura de las hojas (sol y sombra)	16/09/2009	Por la mañana
Cambio de baterías del data logger de los sensores de temperatura del aire (sombra)		Funciono hasta el 03 de septiembre del 2009 (mas o menos 21 dias), se bajo la informacion en ambos ensayos. Las baterias inician con 15 voltios y su punto critico es por debajo de 10 voltios, duran con seguridad unos 18 dias.
Quitada de los sensores de temperatura de las hojas y ubicados junto con los sensores de temperatura del aire, para calibrarlos		En ambos ensayos
Se reviso sensor de temperatura del aire (el # 1), por estar dando falla		En el ensayo sol

Colocacion de capa de aislante termico sobre las cajas de data logger de los sensores de temperatura de hojas en los ensayos a pleno y con sombra	17/09/2009	Por la mañana (9-11am)
Bajada y revision de datos de los dos data logger y revision de sensores	18/09/2009	Por la mañana (9-11am)
Revisión de los codigos de los sensores en campo y elaboracion de mapa de ubicacion	19/09/2009	Por la mañana (7-9am)
Actualizacion y elaboracion de mapa de los codigos de los sensores de los ensayos	20/09/2009	Por la mañana (9-11am)
Finalizacion del proceso de calibracion en campo de los sensores de temperatura de hojas	21/09/2009	Por la mañana (9:00 am -1:30pm)
Segundo puesta de los sensores de temperatura de hojas, ubicados en las mismas bandolas (misma direccion) y en hojas opuestas, donde se pusieron la primera vez		
Se realizo lectura de sombra del mes de septiembre		
Cambio de baterias en los dos data logger Campbell (CR23X Micrologger)		
Puesta a funcionar los dos data logger Campbell (CR23X Micrologger) a partir de la 1:00pm		
Se reviso en el ensayo sombra sensor de temperatura del aire # 3.		Para analisis de datos se tomaran a partir de las 5 de la tarde.
Revisión de sensores de temperatura de hojas y bajada de informacion de los data logger Campbell.	23/09/2009	Bateria sol (13.97 voltios, a las 10:45am y sombra (13.79 voltios , a las 10:50am)
Revisión de sensores de temperatura de hojas y bajada de informacion de los data logger Campbell.	25/09/2009	Bateria sol (13.51 voltios, a las 10:25am y sombra (13.33 voltios , a las 10:35am)
Revisión de sensores de temperatura de hojas y bajada de informacion de los data logger Campbell.	28/09/2009	Bateria sol (13.04 voltios, a las 8:40am y sombra (12.91 voltios , a las 8:50am)
Quitada del sensor de temperatura de hoja # 2 del ensayo sombra, por estar dando fallas de lectura y registro		A las 9:00am
Puesta del sensor de temperatura de hoja # 2 del ensayo sombra.		A las 9:50am
Bajada y revision de datos de los dos data logger Hobo y Campbell. Quitada y puestas baterias nuevas en las Campbell, en la Hobos solo en sombra se quito baterias y se colocaron nuevas.	14/10/2009	En la mañana 9:50 a 11:16am
En sol las baterias de la Campbell pudieron llegar hasta el dia martes 13/09/2009 (4pm) en sol, en sombra el dia 12/09/2009.		
Revisión y bajada de informacion de las estaciones Hobo	16/10/2009	En la mañana 9:50 a 10:30am
Quitada definitiva de los sensores de temperatura de las hojas en los dos ensayos de roya en café.	04/11/2009	En la mañana 9:00a 10:00am
Quitada de baterias y puestas nuevas en la HOB0 de sombra, debido a que presentaba mensaje de baterias bajas, sin embargo se puso y continuo con el mismo mensaje, parece que es un problema de contacto.	24/11/2009	En la mañana 6:00a 6:30am
Quitada de sensor de temperatura de hoja del ensayo sombra	09/12/2009	En la mañana 9:00 am
Realizacion de mediciones de incidencia y severidad de la roya	28,29,30 y 31/05/2009	
	18,19, 20 y 21/06/2009	
	09,10,11 y 12/07/2009	
	30y31/07, 1y2/08/2009	
	20,21,22 y 23/08/2009	
	10,11,12 y 13/09/2009	
	01,02,03 y 04/10/2009	
	22,23,24 y 25/10/2009	
	12,13,14 y 15/11/2009	
03,04,05 y 06/12/2009		

Anexo 3. Programa de mediciones de roya en café durante el periodo 2008 y 2009

Programa de medición del estudio de roya en café del periodo 2008

Evaluación #	Fecha	VARIABLES a medir	Fase
1	12,15 y16/08/08	Incendencia y sombra	1
2	1,2 y 3/09/08	Incendencia	1
3	22,23 y 24/09/08	Incendencia y severidad	1
4	13,14 y15/10/08	Incendencia, severidad y sombra	1
5	03,04 y05/11/08	Incendencia y severidad	1
6	24,25 y26/11/08	Incendencia, severidad y sombra	1
7	15,16 y17/12/08	Incendencia y severidad	1
8	05,06y07/01/09	Incendencia, severidad y sombra	1
9	26,27y28/01/09	Incendencia y severidad	1

Programa de medición del estudio de roya en café del periodo 2009

Evaluación #	Fecha	VARIABLES a medir	Fase
1	28,29,30 y 31/05/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
2	18,19, 20 y 21/06/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
3	09,10,11 y 12/07/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
4	30y31/07, 1y2/08/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
5	20,21,22 y 23/08/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
6	10,11,12 y 13/09/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
7	01,02,03 y 04/10/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
8	22,23,24 y 25/10/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
9	12,13,14 y 15/11/2009	Incendencia, severidad y sombra	2
10	03,04,05 y 06/12/2009	Incendencia, severidad y sombra	2

Anexo 4. Resultados de los análisis de regresión lineal simple para la incidencia y severidad durante los periodos 2008 y 2009

ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL PARA LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD SOL Y SOMBRA PERIODO 2008

Análisis de regresión lineal

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sol	PMII-AF	16	0,07	0,01	113,71	121,93	124,24

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-1,21	17,46	-38,66	36,24	-0,07	0,9458	
PMII-H	0,20	0,19	-0,21	0,60	1,05	0,3121	2,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	103,14	1	103,14	1,10	0,3121
PMII-H	103,14	1	103,14	1,10	0,3121
Error	1312,99	14	93,79		
Total	1416,13	15			

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sombra	PMII-AF	14	0,34	0,28	105,67	105,34	107,26

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-18,84	14,01	-49,37	11,69	-1,34	0,2036	
PMII-H	0,39	0,16	0,05	0,74	2,46	0,0298	6,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	500,61	1	500,61	6,07	0,0298
PMII-H	500,61	1	500,61	6,07	0,0298
Error	989,13	12	82,43		
Total	1489,74	13			

Análisis de regresión lineal

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sol	PMIAI-AF	16	0,28	0,22	44,17	106,84	109,16

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-13,90	11,39	-38,33	10,53	-1,22	0,2426	
PMIAI-H	0,30	0,13	0,02	0,57	2,31	0,0366	6,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	195,16	1	195,16	5,34	0,0366
PMIAI-H	195,16	1	195,16	5,34	0,0366
Error	511,57	14	36,54		
Total	706,73	15			

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sombra	PMIAI-AF	14	0,42	0,37	35,55	89,14	91,05

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-19,19	10,93	-42,99	4,62	-1,76	0,1045	
PMIAI-H	0,35	0,12	0,09	0,61	2,92	0,0128	8,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	221,16	1	221,16	8,54	0,0128
PMIAI-H	221,16	1	221,16	8,54	0,0128
Error	310,90	12	25,91		
Total	532,06	13			

Análisis de regresión lineal

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sol	PMIAF-AF	16	0,13	0,07	47,40	108,02	110,34

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-8,03	13,56	-37,12	21,06	-0,59	0,5632	
PMIAF-H	0,25	0,17	-0,12	0,62	1,47	0,1640	3,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	84,86	1	84,86	2,16	0,1640

PMIAF-H	84,86	1	84,86	2,16	0,1640		
Error	550,68	14	39,33				
Total	635,54	15					
Ensayo	Variable	N	R²	R² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sombra	PMIAF-AF	14	0,16	0,09	43,80	92,81	94,73
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados							
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-6,67	12,38	-33,63	20,30	-0,54	0,5999	
PMIAF-H	0,24	0,16	-0,10	0,58	1,51	0,1557	3,19
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)							
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo	77,27	1	77,27	2,29	0,1557		
PMIAF-H	77,27	1	77,27	2,29	0,1557		
Error	404,14	12	33,68				
Total	481,40	13					
Análisis de regresión lineal							
Ensayo	Variable	N	R²	R² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sol	RAIZ_AUDPC-AI-AF	16	0,41	0,37	66,96	113,59	115,91
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados							
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-28,57	18,87	-69,04	11,91	-1,51	0,1524	
RAIZ_AUDPC-AI-H	0,61	0,20	0,20	1,03	3,15	0,0071	10,33
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)							
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo	552,58	1	552,58	9,92	0,0071		
RAIZ_AUDPC-AI-H	552,58	1	552,58	9,92	0,0071		
Error	779,79	14	55,70				
Total	1332,37	15					
Ensayo	Variable	N	R²	R² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sombra	RAIZ_AUDPC-AI-AF	14	0,47	0,43	71,24	100,87	102,79
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados							
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-46,78	24,39	-99,92	6,36	-1,92	0,0792	
RAIZ_AUDPC-AI-H	0,80	0,25	0,27	1,34	3,27	0,0068	10,92
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)							
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo	638,76	1	638,76	10,66	0,0068		
RAIZ_AUDPC-AI-H	638,76	1	638,76	10,66	0,0068		
Error	718,95	12	59,91				
Total	1357,71	13					
Análisis de regresión lineal							
Ensayo	Variable	N	R²	R² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sol	RAIZ_AUDPC-AF-AF	16	0,17	0,11	87,05	116,61	118,93
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados							
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-5,68	20,85	-50,39	39,04	-0,27	0,7894	
RAIZ_AUDPC-AF-H	0,39	0,23	-0,10	0,88	1,69	0,1134	3,73
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)							
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo	191,86	1	191,86	2,85	0,1134		
RAIZ_AUDPC-AF-H	191,86	1	191,86	2,85	0,1134		
Error	942,05	14	67,29				
Total	1133,90	15					
Ensayo	Variable	N	R²	R² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sombra	RAIZ_AUDPC-AF-AF	14	0,32	0,26	93,48	103,16	105,07
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados							
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-26,54	24,65	-80,23	27,16	-1,08	0,3028	
RAIZ_AUDPC-AF-H	0,62	0,26	0,05	1,20	2,36	0,0359	6,23
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)							
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo	393,35	1	393,35	5,58	0,0359		
RAIZ_AUDPC-AF-H	393,35	1	393,35	5,58	0,0359		
Error	846,31	12	70,53				

Total 1239,65 13

ANÁLISIS DE REGRESION LINEAL INCIDENCIA Y SEVERIDAD SOL Y SOMBRA 2009

Análisis de regresión lineal

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sol	PMII-AF	20	0,48	0,46	2,51	74,98	77,97

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-2,24	1,27	-4,91	0,43	-1,76	0,0954	
PMII-H	0,10	0,03	0,05	0,16	4,11	0,0007	17,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34,61	1	34,61	16,90	0,0007
PMII-H	34,61	1	34,61	16,90	0,0007
Error	36,86	18	2,05		
Total	71,47	19			

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sombra	PMII-AF	20	0,24	0,19	3,88	80,46	83,45

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-0,63	1,48	-3,72	2,47	-0,42	0,6769	
PMII-H	0,06	0,02	0,01	0,11	2,36	0,0295	6,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15,05	1	15,05	5,59	0,0295
PMII-H	15,05	1	15,05	5,59	0,0295
Error	48,46	18	2,69		
Total	63,51	19			

Análisis de regresión lineal

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sol	PMIAI-AF	20	0,52	0,50	1,43	63,62	66,61

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-2,86	1,34	-5,67	-0,05	-2,14	0,0466	
PMIAI-H	0,10	0,02	0,05	0,15	4,45	0,0003	19,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22,95	1	22,95	19,79	0,0003
PMIAI-H	22,95	1	22,95	19,79	0,0003
Error	20,88	18	1,16		
Total	43,84	19			

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sombra	PMIAI-AF	20	0,42	0,38	5,29	87,24	90,23

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-5,83	2,79	-11,69	0,02	-2,09	0,0508	
PMIAI-H	0,14	0,04	0,06	0,22	3,58	0,0021	13,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48,49	1	48,49	12,83	0,0021
PMIAI-H	48,49	1	48,49	12,83	0,0021
Error	68,03	18	3,78		
Total	116,53	19			

Análisis de regresión lineal

Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
Sol	PMIAF-AF	20	0,52	0,50	1,37	62,32	65,31

Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
const	-2,84	1,32	-5,61	-0,07	-2,15	0,0450	
PMIAF-H	0,10	0,02	0,05	0,15	4,45	0,0003	19,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21,58	1	21,58	19,85	0,0003
PMIAF-H	21,58	1	21,58	19,85	0,0003
Error	19,57	18	1,09		

Total	41,15	19						
Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC	
Sombra	PMIAF-AF	20	0,36	0,33	5,49	88,42	91,40	
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados								
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	
const	-5,58	3,01	-11,91	0,75	-1,85	0,0804		
PMIAF-H	0,13	0,04	0,05	0,22	3,21	0,0048	10,83	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)								
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor			
Modelo	41,38	1	41,38	10,32	0,0048			
PMIAF-H	41,38	1	41,38	10,32	0,0048			
Error	72,14	18	4,01					
Total	113,53	19						
Análisis de regresión lineal								
Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC	
Sol	RAIZ_AUDPC-AI-AF	20	0,73	0,71	0,71	8,34	98,06	101,05
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados								
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	
const	-9,84	3,85	-17,92	-1,75	-2,56	0,0199		
RAIZ_AUDPC-AI-H	0,34	0,05	0,24	0,45	6,89	<0,0001	46,01	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)								
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor			
Modelo	308,14	1	308,14	47,46	<0,0001			
RAIZ_AUDPC-AI-H	308,14	1	308,14	47,46	<0,0001			
Error	116,87	18	6,49					
Total	425,01	19						
Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC	
Sombra	RAIZ_AUDPC-AI-AF	20	0,66	0,65	0,65	22,25	116,44	119,43
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados								
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	
const	-22,26	7,25	-37,49	-7,03	-3,07	0,0066		
RAIZ_AUDPC-AI-H	0,46	0,08	0,30	0,62	5,96	<0,0001	34,71	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)								
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor			
Modelo	578,18	1	578,18	35,52	<0,0001			
RAIZ_AUDPC-AI-H	578,18	1	578,18	35,52	<0,0001			
Error	292,98	18	16,28					
Total	871,15	19						
Análisis de regresión lineal								
Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC	
Sol	RAIZ_AUDPC-AF-AF	20	0,73	0,72	0,72	6,52	93,37	96,36
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados								
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	
const	-9,98	3,59	-17,52	-2,43	-2,78	0,0124		
RAIZ_AUDPC-AF-H	0,35	0,05	0,25	0,46	7,03	<0,0001	47,86	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)								
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor			
Modelo	253,70	1	253,70	49,40	<0,0001			
RAIZ_AUDPC-AF-H	253,70	1	253,70	49,40	<0,0001			
Error	92,43	18	5,14					
Total	346,14	19						
Ensayo	Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC	
Sombra	RAIZ_AUDPC-AF-AF	20	0,67	0,66	0,66	21,77	115,27	118,26
Coefficientes de regresión y estadísticos asociados								
Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	
const	-19,21	6,39	-32,64	-5,78	-3,00	0,0076		
RAIZ_AUDPC-AF-H	0,44	0,07	0,29	0,59	6,11	<0,0001	36,42	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)								
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor			
Modelo	572,98	1	572,98	37,33	<0,0001			
RAIZ_AUDPC-AF-H	572,98	1	572,98	37,33	<0,0001			
Error	276,29	18	15,35					
Total	849,27	19						

Anexo 5. Resultados de los análisis de varianza para los ensayos y carga fructífera (tratamientos) durante los periodos 2008 y 2009

ANAVAS PARA INCIDENCIA EN CAEE A PLENO Y CON SOMBRA PERIODO 2008

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMII-H	80	0,21	0,13	13,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		2519,82	7	359,97	2,74	0,0140
Ensayo		160,46	1	160,46	1,22	0,2727
Tratamiento		2263,83	3	754,61	5,75	0,0014
Ensayo*Tratamiento		172,63	3	57,54	0,44	0,7264
Error	9455,94	72	131,33			
Total	11975,76	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,10833

Error: 131,3325 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	85,37	40	A
Sombra	88,24	40	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,26800

Error: 131,3325 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	78,37	21	A
150,00	87,48	22	B
500,00	88,93	15	B
250,00	92,42	22	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,28282

Error: 131,3325 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	76,17	10	A		
Sombra	0,00	80,56	11	A	B	
Sol	500,00	85,77	8	A	B	C
Sol	150,00	86,22	11		B	C
Sombra	150,00	88,74	11		B	C
Sombra	250,00	91,55	11			C
Sombra	500,00	92,09	7			C
Sol	250,00	93,30	11			C

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMIAI-H	80	0,30	0,23	8,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		1933,36	7	276,19	4,46	0,0004
Ensayo		573,54	1	573,54	9,25	0,0033
Tratamiento		1167,49	3	389,16	6,28	0,0008
Ensayo*Tratamiento		197,21	3	65,74	1,06	0,3712
Error	4461,90	72	61,97			
Total	6395,25	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,50903

Error: 61,9708 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	85,36	40	A
Sombra	90,79	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,99255

Error: 61,9708 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	82,24	21	A
150,00	87,61	22	B
500,00	90,22	15	B
250,00	92,24	22	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,06350

Error: 61,9708 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	77,46	10	A		
Sol	150,00	83,97	11	A	B	
Sombra	0,00	87,02	11		B	C
Sol	500,00	88,79	8		B	C
Sol	250,00	91,24	11			C
Sombra	150,00	91,26	11			C
Sombra	500,00	91,65	7			C
Sombra	250,00	93,24	11			C

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMIAF-H	80	0,23	0,16	10,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		1585,46	7	226,49	3,15	0,0059
Ensayo		838,03	1	838,03	11,64	0,0011
Tratamiento		501,70	3	167,23	2,32	0,0822
Ensayo*Tratamiento		287,79	3	95,93	1,33	0,2705
Error	5182,80	72	71,98			
Total	6768,26	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,78189

Error: 71,9833 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	79,14	40	A
Sombra	85,70	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,38077

Error: 71,9833 gl: 72

Tratamiento	Medias	n		
0,00	78,53	21	A	
150,00	82,21	22	A	B
500,00	83,89	15	A	B
250,00	85,04	22		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,61276

Error: 71,9833 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	73,47	10	A		
Sol	150,00	77,84	11	A	B	
Sol	500,00	80,48	8	A	B	C
Sombra	0,00	83,58	11		B	C
Sol	250,00	84,75	11		B	C
Sombra	250,00	85,34	11			C
Sombra	150,00	86,57	11			C
Sombra	500,00	87,30	7			C

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC-AI-H80		0,45	0,39	14,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		175597311,57	7	25085330,22	8,32	<0,0001
Ensayo		55252333,63	1	55252333,63	18,31	0,0001
Tratamiento		104586891,11	3	34862297,04	11,56	<0,0001
Ensayo*Tratamiento		18802005,99	3	6267335,33	2,08	0,1107
Error	217211685,39	72	3016828,96			
Total	392808996,95	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=774,22740

Error: 3016828,9637 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	11310,09	40	A

Sombra 12995,31 40 B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1101,54956

Error: 3016828,9637 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	10288,53	21	A
150,00	12152,61	22	B
250,00	13081,52	22	B
500,00	13088,13	15	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1558,48119

Error: 3016828,9637 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n				
Sol	0,00	8798,19	10	A			
Sol	150,00	11105,51	11		B		
Sombra	0,00	11778,88	11		B	C	
Sol	500,00	12485,60	8		B	C	D
Sol	250,00	12851,04	11			C	D
Sombra	150,00	13199,70	11			C	D
Sombra	250,00	13312,00	11				D
Sombra	500,00	13690,66	7				D

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC-AF-H	80	0,38	0,32	17,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	163783523,14	7		23397646,16	6,26	<0,0001
Ensayo	72350702,87	1		72350702,87	19,35	<0,0001
Tratamiento	78275259,07	3		26091753,02	6,98	0,0003
Ensayo*Tratamiento	18255221,03	3		6085073,68	1,63	0,1906
Error	269232854,49	72	3739345,20			
Total	433016377,64	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=861,96766

Error: 3739345,2013 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	9999,26	40	A
Sombra	11927,69	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1226,38400

Error: 3739345,2013 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	9356,63	21	A
150,00	11003,15	22	B
500,00	11641,22	15	B
250,00	11852,91	22	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1735,09796

Error: 3739345,2013 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n				
Sol	0,00	7927,67	10	A			
Sol	150,00	9789,90	11		B		
Sol	500,00	10641,45	8		B	C	
Sombra	0,00	10785,59	11		B	C	D
Sol	250,00	11638,03	11			C	D
Sombra	250,00	12067,78	11			C	D
Sombra	150,00	12216,41	11			C	D
Sombra	500,00	12640,98	7				D

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA SEVERIDAD SOL Y SOMBRA PERIODO 2008

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMII-AF	30	0,23	0,00	62,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo	682,85	7	97,55	0,96	0,4862
Ensayo	44,86	1	44,86	0,44	0,5143
Tratamiento	332,03	3	110,68	1,08	0,3764
Ensayo*Tratamiento	297,33	3	99,11	0,97	0,4242
Error	2245,97	22	102,09		
Total	2928,82	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,65995

Error: 102,0895 gl: 22

Ensayo	Medias	n	
Sombra	15,20	14	A
Sol	17,75	16	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,97030

Error: 102,0895 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	
0,00	11,71	9	A
150,00	15,58	7	A
500,00	18,75	5	A
250,00	19,86	9	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=15,59824

Error: 102,0895 gl: 22

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	10,16	5	A	
Sol	150,00	13,25	4	A	B
Sombra	0,00	13,25	4	A	B
Sombra	500,00	14,17	2	A	B
Sombra	250,00	15,47	5	A	B
Sombra	150,00	17,91	3	A	B
Sol	500,00	23,33	3	A	B
Sol	250,00	24,25	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMIAI-AF	30	0,24	3,1E-03	52,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		302,08	7	43,15	1,01	0,4493
Ensayo		0,62	1	0,62	0,01	0,9054
Tratamiento		160,12	3	53,37	1,25	0,3148
Ensayo*Tratamiento		96,29	3	32,10	0,75	0,5322
Error	937,35	22	42,61			
Total	1239,43	29				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,94852

Error: 42,6070 gl: 22

Ensayo	Medias	n	
Sombra	12,63	14	A
Sol	12,93	16	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,08710

Error: 42,6070 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	
0,00	9,48	9	A
150,00	12,31	7	A
250,00	12,74	9	A
500,00	16,58	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,07687

Error: 42,6070 gl: 22

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	8,49	5	A	
Sol	150,00	10,40	4	A	B
Sombra	0,00	10,47	4	A	B
Sol	250,00	12,61	4	A	B
Sombra	250,00	12,88	5	A	B

Sombra	500,00	12,94	2	A	B
Sombra	150,00	14,22	3	A	B
Sol	500,00	20,21	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMIAF-AF	30	0,22	0,00	53,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		247,22	7	35,32	0,89	0,5286
Ensayo		1,03	1	1,03	0,03	0,8732
Tratamiento		122,13	3	40,71	1,03	0,3988
Ensayo*Tratamiento		88,58	3	29,53	0,75	0,5358
Error		869,96	22	39,54		
Total		1117,17	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,76730

Error: 39,5434 gl: 22

Ensayo	Medias	n	
Sombra	12,03	14	A
Sol	12,41	16	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6,82755

Error: 39,5434 gl: 22

Tratamiento	Medias	n	
0,00	9,29	9	A
150,00	11,96	7	A
250,00	12,15	9	A
500,00	15,48	5	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,70783

Error: 39,5434 gl: 22

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	8,49	5	A	
Sombra	0,00	10,09	4	A	B
Sol	150,00	10,12	4	A	B
Sombra	500,00	11,94	2	A	B
Sol	250,00	12,02	4	A	B
Sombra	250,00	12,27	5	A	B
Sombra	150,00	13,80	3	A	B
Sol	500,00	19,02	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC-AI-AF	30	0,32	0,10	55,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		3660309,22	7	522901,32	1,46	0,2338
Ensayo		61564,29	1	61564,29	0,17	0,6828
Tratamiento		2633993,09	3	877997,70	2,45	0,0909
Ensayo*Tratamiento		486432,30	3	162144,10	0,45	0,7187
Error		7897888,32	22	358994,92		
Total		11558197,53	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=454,23358

Error: 358994,9235 gl: 22

Ensayo	Medias	n	
Sol	1093,54	16	A
Sombra	1187,96	14	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=650,53716

Error: 358994,9235 gl: 22

Tratamiento	Medias	n		
0,00	710,21	9	A	
150,00	1047,66	7	A	B
250,00	1214,70	9	A	B
500,00	1590,45	5		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=924,97333

Error: 358994,9235 gl: 22

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	579,58	5	A	
Sombra	0,00	840,84	4	A	B
Sol	150,00	842,69	4	A	B
Sol	250,00	1172,45	4	A	B
Sombra	150,00	1252,62	3	A	B
Sombra	250,00	1256,95	5	A	B
Sombra	500,00	1401,43	2	A	B
Sol	500,00	1779,46	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC-AF-AF	30	0,27	0,04	56,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2639471,51	7	377067,36	1,18	0,3541
Ensayo	94790,03	1	94790,03	0,30	0,5916
Tratamiento	1961306,13	3	653768,71	2,04	0,1369
Ensayo*Tratamiento	304062,26	3	101354,09	0,32	0,8129
Error	7034004,62	22	319727,48		
Total	9673476,13	29			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=428,67195

Error: 319727,4826 gl: 22

Ensayo	Medias	n	
Sol	992,90	16	A
Sombra	1110,05	14	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=613,92871

Error: 319727,4826 gl: 22

Tratamiento	Medias	n		
0,00	673,83	9	A	
150,00	978,47	7	A	B
250,00	1129,09	9	A	B
500,00	1424,50	5		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=872,92120

Error: 319727,4826 gl: 22

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	557,72	5	A	
Sol	150,00	775,29	4	A	B
Sombra	0,00	789,93	4	A	B
Sol	250,00	1117,45	4	A	B
Sombra	250,00	1140,74	5	A	B
Sombra	150,00	1181,65	3	A	B
Sombra	500,00	1327,87	2	A	B
Sol	500,00	1521,13	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD SOL Y SOMBRA PERIODO 2009

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMII-H	80	0,24	0,17	29,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5146,86	7	735,27	3,33	0,0040
Ensayo	953,88	1	953,88	4,32	0,0412
Tratamiento	3792,19	3	1264,06	5,72	0,0014
Ensayo*Tratamiento	482,29	3	160,76	0,73	0,5386
Error	15898,57	72	220,81		
Total	21045,43	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6,62378

Error: 220,8135 gl: 72

Ensayo	Medias	n
--------	--------	---

Sol	46,71	40	A
Sombra	53,67	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,40560

Error: 220,8135 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	38,24	20	A
150,00	53,25	22	B
250,00	54,02	22	B
500,00	55,25	16	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=13,30153

Error: 220,8135 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	33,25	10	A		
Sombra	0,00	43,23	10	A	B	
Sol	250,00	49,84	11		B	C
Sol	500,00	49,87	8		B	C
Sombra	150,00	52,63	11		B	C
Sol	150,00	53,87	11		B	C
Sombra	250,00	58,19	11			C
Sombra	500,00	60,63	8			C

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMII-AF	40	0,29	0,13	62,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		38,95	7	5,56	1,85	0,1109
Ensayo		0,12	1	0,12	0,04	0,8412
Tratamiento		36,43	3	12,14	4,04	0,0152
Ensayo*Tratamiento		2,48	3	0,83	0,28	0,8426
Error		96,07	32	3,00		
Total		135,02	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,11609

Error: 3,0022 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sombra	2,81	20	A
Sol	2,92	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,58647

Error: 3,0022 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	
0,00	1,47	10	A
150,00	2,81	10	A
250,00	2,83	12	A
500,00	4,33	8	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,24360

Error: 3,0022 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	1,24	5	A		
Sombra	0,00	1,70	5	A	B	
Sombra	150,00	2,51	5	A	B	C
Sol	250,00	2,68	6	A	B	C
Sombra	250,00	2,99	6	A	B	C
Sol	150,00	3,11	5	A	B	C
Sombra	500,00	4,02	4		B	C
Sol	500,00	4,64	4			C

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMIAI-H	80	0,29	0,22	20,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		4420,67	7	631,52	4,18	0,0007

Ensayo	2945,63	1	2945,63	19,50	<0,0001
Tratamiento	1290,52	3	430,17	2,85	0,0435
Ensayo*Tratamiento	231,87	3	77,29	0,51	0,6756
Error	10878,77	72	151,09		
Total	15299,44	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,47920

Error: 151,0941 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	54,85	40	A
Sombra	67,09	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,78032

Error: 151,0941 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	54,01	20	A
150,00	62,76	22	B
250,00	62,83	22	B
500,00	64,28	16	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,00304

Error: 151,0941 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	47,41	10	A		
Sol	250,00	55,55	11	A	B	
Sol	500,00	56,98	8	A	B	C
Sol	150,00	59,46	11		B	C
Sombra	0,00	60,61	10		B	C
Sombra	150,00	66,05	11			C
Sombra	250,00	70,12	11			D
Sombra	500,00	71,58	8			D

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMIAI-AF	40	0,34	0,19	53,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		57,95	7	8,28	2,34	0,0474
Ensayo		10,51	1	10,51	2,97	0,0942
Tratamiento		43,01	3	14,34	4,06	0,0150
Ensayo*Tratamiento		4,32	3	1,44	0,41	0,7488
Error		113,04	32	3,53		
Total		171,00	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,21066

Error: 3,5326 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sol	3,08	20	A
Sombra	4,11	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,72089

Error: 3,5326 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	
0,00	2,13	10	A
150,00	3,45	10	A
250,00	3,58	12	A
500,00	5,23	8	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,43370

Error: 3,5326 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	1,69	5	A	
Sombra	0,00	2,56	5	A	B
Sol	250,00	2,79	6	A	B
Sol	150,00	3,44	5	A	B
Sombra	150,00	3,46	5	A	B
Sombra	250,00	4,36	6	B	C

Sol	500,00	4,40	4	B	C
Sombra	500,00	6,07	4		C

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMIAF-H	80	0,28	0,21	19,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		3935,48	7	562,21	4,00	0,0009
Ensayo		2671,88	1	2671,88	19,03	<0,0001
Tratamiento		1079,70	3	359,90	2,56	0,0614
Ensayo*Tratamiento		182,76	3	60,92	0,43	0,7294
Error	10108,55	72	140,40			
Total	14044,03	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,28167

Error: 140,3966 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	54,49	40	A
Sombra	66,15	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,49984

Error: 140,3966 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	53,95	20	A
150,00	62,04	22	B
250,00	62,50	22	B
500,00	62,79	16	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,60638

Error: 140,3966 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n				
Sol	0,00	47,41	10	A			
Sol	250,00	55,34	11	A	B		
Sol	500,00	56,56	8	A	B	C	
Sol	150,00	58,66	11		B	C	D
Sombra	0,00	60,49	10		B	C	D
Sombra	150,00	65,43	11			C	D
Sombra	500,00	69,02	8				D
Sombra	250,00	69,66	11				E

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMIAF-AF	40	0,34	0,20	53,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		56,61	7	8,09	2,37	0,0451
Ensayo		10,86	1	10,86	3,19	0,0837
Tratamiento		41,64	3	13,88	4,07	0,0147
Ensayo*Tratamiento		3,98	3	1,33	0,39	0,7613
Error	109,05	32	3,41			
Total	165,66	39				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,18911

Error: 3,4079 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sol	3,02	20	A
Sombra	4,07	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,69026

Error: 3,4079 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	
0,00	2,13	10	A
150,00	3,31	10	A
250,00	3,57	12	A
500,00	5,17	8	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,39039

Error: 3,4079 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	1,69	5	A		
Sombra	0,00	2,56	5	A	B	
Sol	250,00	2,79	6	A	B	
Sol	150,00	3,26	5	A	B	
Sombra	150,00	3,35	5	A	B	
Sol	500,00	4,34	4		B	C
Sombra	250,00	4,36	6		B	C
Sombra	500,00	6,01	4			C

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC-AI-H80		0,27	0,20	30,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		118534017,57	7	16933431,08	3,83	0,0014
Ensayo		80942641,90	1	80942641,90	18,33	0,0001
Tratamiento		34810872,02	3	11603624,01	2,63	0,0568
Ensayo*Tratamiento		4371904,91	3	1457301,64	0,33	0,8037
Error		318022259,45	72	4416975,83		
Total		436556277,02	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=936,81902

Error: 4416975,8257 gl: 72

Ensayo	Medias	n			
Sol	6002,16	40	A		
Sombra	8030,98	40		B	

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1330,25923

Error: 4416975,8257 gl: 72

Tratamiento	Medias	n			
0,00	6081,97	20	A		
250,00	6747,22	22	A	B	
150,00	7266,80	22	A	B	
500,00	7970,29	16		B	

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1881,27064

Error: 4416975,8257 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n				
Sol	0,00	4935,63	10	A			
Sol	250,00	5678,03	11	A	B		
Sol	150,00	6641,45	11	A	B	C	
Sol	500,00	6753,54	8	A	B	C	
Sombra	0,00	7228,32	10		B	C	D
Sombra	250,00	7816,41	11			C	D
Sombra	150,00	7892,16	11			C	D
Sombra	500,00	9187,04	8				D

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC-AI-AF		40	0,33	0,19 66,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		1033532,61	7	147647,52	2,30	0,0510
Ensayo		323686,07	1	323686,07	5,05	0,0317
Tratamiento		656434,33	3	218811,44	3,41	0,0291
Ensayo*Tratamiento		59451,43	3	19817,14	0,31	0,8187
Error		2052595,33	32	64143,60		
Total		3086127,94	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=163,13738

Error: 64143,6041 gl: 32

Ensayo	Medias	n			
Sol	300,76	20	A		
Sombra	482,53	20		B	

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=231,89137

Error: 64143,6041 gl: 32

Tratamiento	Medias	n		
0,00	227,57	10	A	
250,00	351,62	12	A	
150,00	379,78	10	A	B
500,00	607,61	8		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=327,94392

Error: 64143,6041 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	185,30	5	A	
Sol	250,00	241,03	6	A	
Sombra	0,00	269,84	5	A	
Sol	150,00	315,17	5	A	
Sombra	150,00	444,39	5	A	B
Sol	500,00	461,52	4	A	B
Sombra	250,00	462,20	6	A	B
Sombra	500,00	753,71	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC-AF-H	80	0,28	0,21	31,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		104698070,88	7	14956867,27	3,99	0,0010
Ensayo		75422472,35	1	75422472,35	20,10	<0,0001
Tratamiento		27077943,42	3	9025981,14	2,41	0,0744
Ensayo*Tratamiento		4099207,45	3	1366402,48	0,36	0,7791
Error		270183311,7672		3752546,00		
Total		374881382,6479				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=863,48779

Error: 3752545,9967 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	5120,58	40	A
Sombra	7079,00	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1226,13074

Error: 3752545,9967 gl: 72

Tratamiento	Medias	n		
0,00	5246,81	20	A	
250,00	5938,69	22	A	B
150,00	6266,61	22	A	B
500,00	6947,06	16		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1734,01072

Error: 3752545,9967 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n				
Sol	0,00	4130,15	10	A			
Sol	250,00	4960,83	11	A	B		
Sol	150,00	5651,79	11	A	B	C	
Sol	500,00	5739,55	8	A	B	C	
Sombra	0,00	6363,47	10		B	C	D
Sombra	150,00	6881,43	11			C	D
Sombra	250,00	6916,55	11			C	D
Sombra	500,00	8154,56	8				D

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC-AF-AF	40	0,34	0,20	71,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		935352,76	7	133621,82	2,37	0,0454
Ensayo		330865,81	1	330865,81	5,87	0,0213
Tratamiento		553688,85	3	184562,95	3,27	0,0337
Ensayo*Tratamiento		59037,65	3	19679,22	0,35	0,7902
Error		1805050,60	32	56407,83		

Total 2740403,36 39

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=152,98418

Error: 56407,8313 gl: 32

Ensayo	Medias	n		
Sol	252,09	20	A	
Sombra	435,87	20		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=217,45911

Error: 56407,8313 gl: 32

Tratamiento	Medias	n		
0,00	196,69	10	A	
250,00	312,77	12	A	
150,00	320,87	10	A	B
500,00	545,58	8		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=307,53362

Error: 56407,8313 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	150,80	5	A	
Sol	250,00	204,57	6	A	
Sombra	0,00	242,59	5	A	
Sol	150,00	257,24	5	A	
Sombra	150,00	384,49	5	A	B
Sol	500,00	395,74	4	A	B
Sombra	250,00	420,98	6	A	B
Sombra	500,00	695,43	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Anexo 6. Resultados de los analisis de varianza para el crecimiento y defoliacion del hospedero, durante los periodos 2008 y 2009

ANAVAS PARA CRECIMIENTO EN CAEE A PLENO SOL Y CON SOMBRA PERIODO 2008

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMCA-H	80	0,11	0,02	65,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		5780,09	7	825,73	1,21	0,3100
Ensayo		3806,27	1	3806,27	5,57	0,0210
Tratamiento		1022,59	3	340,86	0,50	0,6846
Ensayo*Tratamiento		739,49	3	246,50	0,36	0,7818
Error	49243,59	72	683,94			
Total	55023,68	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,65740

Error: 683,9388 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sombra	33,08	40	A
Sol	47,06	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=16,58583

Error: 683,9388 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
250,00	34,11	22	A
500,00	41,64	15	A
150,00	42,16	22	A
0,00	42,37	21	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=23,46577

Error: 683,9388 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n	
Sombra	250,00	30,98	11	A
Sombra	0,00	32,04	11	A
Sombra	150,00	32,77	11	A
Sombra	500,00	36,51	7	A
Sol	250,00	37,24	11	A
Sol	500,00	46,76	8	A
Sol	150,00	51,55	11	A
Sol	0,00	52,71	10	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMCA- ΔF	40	0,26	0,10	80,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		1762,77	7	251,82	1,64	0,1604
Ensayo		555,71	1	555,71	3,62	0,0663
Tratamiento		389,00	3	129,67	0,84	0,4802
Ensayo*Tratamiento		1001,79	3	333,93	2,17	0,1105
Error	4918,60	32	153,71			
Total	6681,37	39				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,98587

Error: 153,7062 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sombra	12,09	20	A
Sol	19,62	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,35151

Error: 153,7062 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	
0,00	12,61	10	A
250,00	13,17	12	A
150,00	16,90	10	A
500,00	20,75	8	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=16,05346

Error: 153,7062 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sombra	0,00	8,55	5	A	
Sombra	500,00	9,23	4	A	
Sol	250,00	10,37	6	A	
Sombra	150,00	14,61	5	A	
Sombra	250,00	15,98	6	A	B
Sol	0,00	16,67	5	A	B
Sol	150,00	19,18	5	A	B
Sol	500,00	32,28	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

ANAVAS PARA DEFOLIACION EN CAEE A PLENO SOL Y CON SOMBRA PERIODO 2008

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMDAI-H	80	0,39	0,33	17,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		8514,79	7	1216,40	6,57	<0,0001
Ensayo		2031,55	1	2031,55	10,98	0,0014
Tratamiento		5965,91	3	1988,64	10,74	<0,0001
Ensayo*Tratamiento		906,41	3	302,14	1,63	0,1894
Error	13326,51	72	185,09			
Total	21841,30	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6,06436

Error: 185,0904 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	73,00	40	A
Sombra	83,22	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,62821

Error: 185,0904 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	63,45	21	A
150,00	81,10	22	B
500,00	83,75	15	B
250,00	84,13	22	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=12,20726

Error: 185,0904 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n				
Sol	0,00	54,82	10	A			
Sombra	0,00	72,08	11		B		
Sol	150,00	75,61	11		B	C	
Sol	500,00	77,25	8		B	C	D
Sombra	250,00	83,95	11			C	D
Sol	250,00	84,32	11			C	D
Sombra	150,00	86,58	11			C	D
Sombra	500,00	90,26	7				D

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMDAI-AF	40	0,29	0,14	28,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		6434,24	7	919,18	1,89	0,1037
Ensayo		1627,13	1	1627,13	3,35	0,0765
Tratamiento		3598,04	3	1199,35	2,47	0,0798
Ensayo*Tratamiento		1598,21	3	532,74	1,10	0,3647
Error	15542,69	32	485,71			
Total	21976,93	39				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=14,19597

Error: 485,7091 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sol	71,68	20	A
Sombra	84,56	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=20,17883

Error: 485,7091 gl: 32

Tratamiento	Medias	n			
0,00	62,43	10	A		
150,00	81,29	10	A	B	
500,00	81,85	8	A	B	
250,00	86,91	12			B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=28,53718

Error: 485,7091 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	54,55	5	A		
Sol	500,00	65,70	4	A	B	
Sombra	0,00	70,31	5	A	B	C
Sol	150,00	78,07	5	A	B	C
Sombra	150,00	84,50	5			C
Sombra	250,00	85,45	6			C
Sol	250,00	88,38	6			C
Sombra	500,00	98,00	4	C		

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMDAF-H	80	0,36	0,30	18,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		7709,35	7	1101,34	5,73	<0,0001
Ensayo		2053,82	1	2053,82	10,68	0,0017
Tratamiento		4978,08	3	1659,36	8,63	0,0001
Ensayo*Tratamiento		1082,00	3	360,67	1,88	0,1414
Error	13847,92	72	192,33			
Total	21557,27	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6,18186

Error: 192,3322 gl: 72

Ensayo	Medias	n			
Sol	70,73	40	A		
Sombra	81,01	40			B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,79538

Error: 192,3322 gl: 72

Tratamiento	Medias	n			
0,00	62,44	21	A		
150,00	78,83	22			B
250,00	81,09	22			B
500,00	81,12	15	B		

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=12,44378

Error: 192,3322 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n				
Sol	0,00	53,70	10	A			
Sombra	0,00	71,17	11			B	
Sol	150,00	73,26	11			B	C
Sol	500,00	74,13	8			B	C
Sombra	250,00	80,35	11			B	C
Sol	250,00	81,83	11			B	C
Sombra	150,00	84,40	11			C	D
Sombra	500,00	88,10	7	D			

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMDAF-AF	40	0,25	0,09	29,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		5559,51	7	794,22	1,54	0,1891
Ensayo		1289,03	1	1289,03	2,50	0,1236
Tratamiento		2627,02	3	875,67	1,70	0,1868

Ensayo*Tratamiento	2030,00	3	676,67	1,31	0,2871
Error	16488,31	32	515,26		
Total	22047,83	39			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=14,62143

Error: 515,2598 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sol	69,93	20	A
Sombra	81,40	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=20,78361

Error: 515,2598 gl: 32

Tratamiento	Medias	n		
0,00	62,06	10	A	
500,00	78,43	8	A	B
150,00	79,73	10	A	B
250,00	82,44	12		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=29,39247

Error: 515,2598 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sol	0,00	53,81	5	A	
Sol	500,00	62,85	4	A	B
Sombra	0,00	70,31	5	A	B
Sol	150,00	76,48	5	A	B
Sombra	250,00	78,31	6	A	B
Sombra	150,00	82,97	5	A	B
Sol	250,00	86,58	6		B
Sombra	500,00	94,01	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

ANÁLISIS DE VARIANZAS PARA CRECIMIENTO Y DEFOLIACION EN SOL Y SOMBRA PERIODO 2009

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMCA-H	80	0,28	0,21	43,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		49308,58	7	7044,08	3,93	0,0011
Ensayo		34918,20	1	34918,20	19,49	<0,0001
Tratamiento		5746,50	3	1915,50	1,07	0,3677
Ensayo*Tratamiento		9882,19	3	3294,06	1,84	0,1478
Error		128997,12	72	1791,63		
Total		178305,69	79			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=18,86761

Error: 1791,6266 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sombra	75,84	40	A
Sol	117,98	40	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=26,79153

Error: 1791,6266 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
500,00	82,19	16	A
250,00	98,40	22	A
150,00	99,93	22	A
0,00	107,13	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=37,88895

Error: 1791,6266 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n				
Sombra	500,00	58,47	8	A			
Sombra	0,00	71,98	10	A	B		
Sombra	150,00	79,33	11	A	B		
Sombra	250,00	93,60	11	A	B	C	
Sol	250,00	103,20	11		B	C	
Sol	500,00	105,92	8		B	C	D
Sol	150,00	120,54	11		C		D

Sol 0,00 142,28 10 D

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMCA-AF	40	0,16	0,00	57,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		56881,13	7	8125,88	0,90	0,5202
Ensayo		43328,85	1	43328,85	4,79	0,0361
Tratamiento		6336,63	3	2112,21	0,23	0,8725
Ensayo*Tratamiento		5387,44	3	1795,81	0,20	0,8967
Error	289678,46	32	9052,45			
Total	346559,59	39				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=61,28581

Error: 9052,4520 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sombra	132,28	20	A
Sol	198,79	20	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=87,11461

Error: 9052,4520 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	
150,00	153,30	10	A
0,00	159,19	10	A
500,00	164,82	8	A
250,00	184,84	12	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=123,19867

Error: 9052,4520 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n	
Sombra	0,00	106,61	5	A
Sombra	150,00	121,16	5	A
Sombra	500,00	144,14	4	A
Sombra	250,00	157,23	6	A
Sol	150,00	185,44	5	A
Sol	500,00	185,51	4	A
Sol	0,00	211,77	5	A
Sol	250,00	212,45	6	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMDAI-H	80	0,21	0,13	17,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		2586,18	7	369,45	2,69	0,0158
Ensayo		30,11	1	30,11	0,22	0,6413
Tratamiento		2435,49	3	811,83	5,90	0,0012
Ensayo*Tratamiento		124,71	3	41,57	0,30	0,8237
Error	9904,34	72	137,56			
Total	12490,52	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,22805

Error: 137,5603 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	66,03	40	A
Sombra	67,26	40	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,42370

Error: 137,5603 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	57,31	20	A
250,00	68,16	22	B
150,00	68,49	22	B
500,00	72,62	16	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,49869

Error: 137,5603 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	54,72	10	A		
Sombra	0,00	59,90	10	A	B	
Sombra	250,00	67,48	11		B	C
Sombra	150,00	68,44	11		B	C
Sol	150,00	68,54	11		B	C
Sol	250,00	68,84	11		B	C
Sol	500,00	72,01	8			C
Sombra	500,00	73,23	8			C

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMDAI-AF	40	0,26	0,10	16,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		1510,33	7	215,76	1,63	0,1614
Ensayo		138,67	1	138,67	1,05	0,3130
Tratamiento		902,31	3	300,77	2,28	0,0983
Ensayo*Tratamiento		412,17	3	137,39	1,04	0,3877
Error	4223,10	32	131,97			
Total	5733,42	39				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,39975

Error: 131,9717 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sol	66,27	20	A
Sombra	70,03	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,51837

Error: 131,9717 gl: 32

Tratamiento	Medias	n		
0,00	60,80	10	A	
250,00	67,08	12	A	B
150,00	70,45	10	A	B
500,00	74,27	8		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=14,87522

Error: 131,9717 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sombra	0,00	60,06	5	A	
Sol	0,00	61,53	5	A	B
Sol	250,00	62,43	6	A	B
Sol	150,00	64,87	5	A	B
Sombra	250,00	71,74	6	A	B
Sombra	500,00	72,30	4	A	B
Sombra	150,00	76,03	5		B
Sol	500,00	76,25	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMDAF-H	80	0,20	0,12	17,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		2384,07	7	340,58	2,57	0,0201
Ensayo		5,08	1	5,08	0,04	0,8453
Tratamiento		2229,03	3	743,01	5,61	0,0016
Ensayo*Tratamiento		150,32	3	50,11	0,38	0,7689
Error	9534,25	72	132,42			
Total	11918,32	79				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,12944

Error: 132,4201 gl: 72

Ensayo	Medias	n	
Sol	65,99	40	A
Sombra	66,50	40	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,28368

Error: 132,4201 gl: 72

Tratamiento	Medias	n	
0,00	57,25	20	A
250,00	67,64	22	B
150,00	68,43	22	B
500,00	71,65	16	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,30068

Error: 132,4201 gl: 72

Ensayo	Tratamiento	Medias	n			
Sol	0,00	54,72	10	A		
Sombra	0,00	59,79	10	A	B	
Sombra	250,00	66,59	11		B	C
Sombra	150,00	68,32	11		B	C
Sol	150,00	68,54	11		B	C
Sol	250,00	68,68	11		B	C
Sombra	500,00	71,29	8			C
Sol	500,00	72,01	8			C

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PMDAF-AF	40	0,26	0,10	16,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		1505,88	7	215,13	1,64	0,1601
Ensayo		136,38	1	136,38	1,04	0,3156
Tratamiento		895,85	3	298,62	2,28	0,0987
Ensayo*Tratamiento		416,39	3	138,80	1,06	0,3807
Error	4199,00	32	131,22			
Total	5704,88	39				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,37861

Error: 131,2187 gl: 32

Ensayo	Medias	n	
Sol	66,27	20	A
Sombra	70,00	20	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=10,48832

Error: 131,2187 gl: 32

Tratamiento	Medias	n	
0,00	60,80	10	A
250,00	67,08	12	A
150,00	70,45	10	A
500,00	74,21	8	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=14,83272

Error: 131,2187 gl: 32

Ensayo	Tratamiento	Medias	n		
Sombra	0,00	60,06	5	A	
Sol	0,00	61,53	5	A	B
Sol	250,00	62,43	6	A	B
Sol	150,00	64,87	5	A	B
Sombra	250,00	71,74	6	A	B
Sombra	500,00	72,17	4	A	B
Sombra	150,00	76,03	5		B
Sol	500,00	76,25	4		B

Letras distintas indican diferencias significativas($p <= 0,05$)