

4
18

0036 /



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**CONTROL BIOLÓGICO DE LA ROYA DEL CAFETO
(HEMILEIA VASTATRIX) CON EL HONGO
VERTICILLIUM LECANII**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)

P R E S E N T A

GLORIA LUZ LAURA CARRIÓN VILLARNOVO

DIRECTOR DE TESIS

DR. GASTÓN GUZMÁN HUERTA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1993



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO	iv
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS	5
MATERIALES Y MÉTODOS	5
1. Trabajo de laboratorio	5
Preparación de diluciones conidiales	5
2. Trabajo de campo	6
Área de estudio	6
Selección de cafetos	7
Aspersión	8
Cuantificación del parasitismo de <i>Verricillium lecanii</i>	8
DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS HONGOS CONSIDERADOS	10
RESULTADOS	12
1. Crecimiento de <i>Verricillium lecanii</i> en el laboratorio	12
2. Fenología y epifitología de la roya y <i>V. lecanii</i>	12
3. Comportamiento de la roya y <i>V. lecanii</i> en los tratamientos	14
4. Análisis de datos	28
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	43
LITERATURA CITADA	44

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la epifitología de *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas sobre la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en condiciones naturales y en aplicaciones en un cafetal de la región de Coatepec, Ver. El estudio comprendió un año de observaciones y experimentación en el campo. En el cafetal estudiado se formaron grupos de 12 cafetos y se asperjaron con las esporas de *V. lecanii* durante todo el año, además de antes, durante y después de la época de menor precipitación del año. Las concentraciones empleadas fueron de 2×10^4 , 2×10^5 y 4×10^5 esporas/ml. Un grupo de cafetos se utilizó como testigo. El cafetal se evaluó mediante monitoreos 2 a 3 días antes y 10 días después de cada aspersión para cuantificar las hojas con roya y con *V. lecanii*.

La roya en el grupo testigo alcanzó sus niveles más altos en la época de menor precipitación pluvial y descendió en la época lluviosa. En los tratamientos, la incidencia de la roya se redujo, excepto en donde se hicieron aspersiones sólo una vez en concentración baja. En todos los tratamientos se observó que *V. lecanii* aumentó en los meses de menor precipitación pluvial y disminuyó en la época lluviosa, aún con aspersiones en dicha época. Esta incidencia estuvo en relación directa con las fluctuaciones de la roya. El porcentaje promedio anual de parasitismo de *V. lecanii* fue de 10% en el testigo y de 25% cuando se aplicó durante todo el año en la concentración alta. Con los datos obtenidos se calcula que para una reducción de la roya, debe aplicarse *V. lecanii* en concentraciones mayores de 1 millón esporas/ml durante la época de máxima esporulación de la roya.

INTRODUCCIÓN

El café ha sido uno de los cultivos más rentables y básicos en la economía de México, ya que se exportan anualmente entre 160,000 y 200,000 tons., lo que equivale a 1 billón de pesos (INEGI, 1980-88). Sin embargo, su producción es afectada, entre otros factores, por el ataque de la roya del café, cuyo agente causal es *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. (Uredinales). Esta enfermedad comenzó a hacer sus estragos en Sri Lanka en 1869 (Wellman, 1957). En India, la roya provocó el 67% de defoliación en la década de los 60's (Chinnappa y Sreenivasan, 1969). Este hongo llegó a Brasil en 1970 procedente de África (Kushalappa y Eskes, 1989); en ese país Cadena-Gómez y Buriticá-Céspedes (1980) registraron un 71% de defoliación a causa de esta enfermedad. Posteriormente, el patógeno se dispersó por todo América del Sur y Central (Schieber y Zentmyer, 1984). En México se detectó por primera vez en Tapachula, Chis. en julio de 1981, a pesar de las medidas preventivas para evitar su entrada. Actualmente la roya se encuentra distribuida en casi todos los estados cafetaleros del país, afectando 216,074 ha, siendo los más dañados Chiapas, Oaxaca y Veracruz, con 153,311 ha, 38,994 ha y 17,331 ha infectadas, respectivamente. A la región de Xalapa-Coatepec este hongo llegó en 1985 (INMECAFE, 1988).

Con respecto al control de esta enfermedad, los intentos desarrollados en las diversas regiones del mundo durante los primeros años después de su aparición, no fueron completamente exitosos debido a la falta de conocimiento sobre dicha roya. A partir de 1890 se inició su control químico con la aplicación de mezclas de caldo bordelés (Wellman, 1957). En los 50's se empezó a utilizar oxiclورو de cobre, compuesto que se ha seguido usando hasta la actualidad (Muthappa, 1981; Kushalappa *et al.*, 1986; Kushalappa, 1990). Los fungicidas a base de cobre, como el óxido cuproso e hidróxido cúprico, han tenido buen efecto cuando son aplicados en dosis adecuadas y épocas oportunas (Javed, 1983, 1984 y 1989). En El Salvador, Honduras y Guatemala se ha logrado reducir de seis a tres las aspersiones de dichos fungicidas. Bock (1962c) recomendó aplicarlos antes de la época de lluvias o al inicio de ésta.

Sin embargo, después de algunos años de aplicación de fungicidas con cobre, empezaron a tenerse registros de fuertes efectos colaterales. Mulinge y Griffiths (1974) probaron tres fungicidas (óxido cuproso, captafol y benomyl), los cuales controlan moderadamente la roya, pero evitan la normal abscisión de la hoja inducida por la estación. De esta manera, la vida de la hoja se ve incrementada por algunos meses, lo que facilita la persistencia del inóculo de una estación a otra y, por consiguiente, las áreas tratadas tienen más roya que las no tratadas (Griffiths, 1972; Zadoks y Schein, 1979). Además, se ha comprobado que la germinación de las uredosporas de *H. vastatrix* es estimulada por fungicidas en altas diluciones (Nutman y Roberts, 1962).

Otro de los problemas al utilizar compuestos químicos con cobre, es que se aumenta su concentración en hojas y al usarlo en tratamientos repetidos pueden inducir efectos de toxicidad en los microorganismos del suelo. Se ha encontrado que las plantas cultivadas en suelos ácidos y que recibieron tales compuestos químicos en concentraciones mayores a 5 ppm, tuvieron un crecimiento retardado, bajo contenido en hierro y clorosis (Aduayi, 1976 y 1977).

Otro compuesto utilizado en el control de la roya del caféto es el triadimefón, el cual es un fungicida que se usa también para controlar otras royas (Burton y Snow, 1983; Ferreira y Nevill, 1989). Muthappa (1981) evaluó su efecto *in vitro* hacia *H. vastatrix* y encontró que inhibe la germinación de las uredosporas.

Por otro lado, para el control de la roya se han generado variedades de plantas de café resistentes a la misma. Las variedades portadoras de factores de resistencia a la roya del caféto, son Catimor, Colombia y Sarchimor (Rivera Fernández, 1990). Sin embargo, éstas se encuentran poco distribuidas en México, predominando las variedades Typica, Bourbon, Caturra, Mundo Novo, Catuaí y Garnica, seleccionadas principalmente por su vigor y altos rendimientos (Rivera Fernández, 1990). Actualmente, la variedad Catimor presenta los valores más bajos del índice de infección de la enfermedad (Santacreo, 1989). En esta variedad se han identificado los compuestos fenólicos flavonol e isoflavona, los cuales están involucrados en

el proceso de resistencia a la roya después o durante la germinación de sus esporas como lo demostraron Amorin *et al.* (1978) y Mazzafera y Magalhães (1989).

A pesar de los esfuerzos por producir variedades resistentes a la roya, los resultados no han sido completamente satisfactorios, por un lado porque la calidad del fruto no es muy aceptable comercialmente (Cadena-Gómez y Buriticá-Céspedes, 1980; 1981) y por otro lado ha traído como consecuencia el surgimiento de nuevas razas fisiológicas del hongo. De las 32 razas conocidas hasta ahora, en México se encuentra la raza II (Rodrigues, 1984).

Por otra parte, las prácticas de cultivo tendientes a prevenir y contrarrestar los daños de la roya, han consistido en usar cafetos de sol, con la variedad Caturra. Aunque este tipo de manejo lleva consigo una mayor productividad, es necesaria la renovación de los arbustos en menor intervalo de tiempo, mayor fertilización y el control de malezas, entre otras actividades que incrementan los costos de producción (Ramírez Guerrero y González Rosas, 1990). En el caso de los cafetales a sombra, es necesario abrir claros de grandes proporciones con el fin de aumentar la aereación e intensidad de la luz y disminuir la humedad, para crear condiciones microambientales desfavorables para la roya, ya que la intensidad de la luz reduce también la germinación de las esporas (Hocking, 1968). El manejo de los cafetales a sombra es, sin embargo, el más usado y recomendable ya que reduce las variaciones de temperatura y el crecimiento de malezas, mantiene la fertilidad del suelo y evita la erosión del mismo (Ramírez Guerrero y González Rosas, 1990).

Otra de las opciones para combatir la roya del café que se ha venido considerando recientemente, es el control biológico mediante el uso de sus enemigos naturales, entre ellos *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas (Deuteromycete) (Brady, 1979). Este hongo es de distribución mundial y parásito de diversas royas e insectos (homópteros, himenópteros y lepidópteros).

Entre las especies que parasita *Verticillium lecanii* se encuentran la roya del clavel, *Uromyces dianthii* (Pers.) Niessl (Spencer, 1980); la roya del trigo, *Puccinia graminis* Pers.

(Mckenzie y Hudson, 1976; Buchenauer, 1982); la roya del puerro, *Puccinia allii* Rud. (Uma y Taylor, 1987); la roya del frijol, *Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger (Allen, 1982); el mildiú polvoso, *Erysiphe graminis* (Gams, 1971; Hall, 1980) y la roya del café, *Hemileia vastatrix* (García-Acha *et al.*, 1965; Gams, 1971; Kushalappa y Eskes, 1989).

Según Samson *et al.* (1988), *V. lecanii* puede ser un agente potencial de control biológico, el cual se encuentra en forma natural en el campo con una amplia distribución.

ANTECEDENTES

El control de la roya del café por *Verticillium lecanii* ha sido poco estudiado. García-Acha *et al.* (1965) probaron a nivel de laboratorio la susceptibilidad de 11 especies de royas a *V. lecanii*. Por otra parte, Leal y Villanueva (1962) inocularon diferentes razas fisiológicas de la roya del trigo con *V. lecanii* (citada como *V. hemileiae*), sin encontrar diferencias en cuanto a su patogenicidad. En experimentos de invernadero sobre las royas del clavel y del trigo, Spencer (1980) y Spencer y Atkey (1981) redujeron la infección hasta en un 50% al aplicar *V. lecanii*.

El control biológico de la escama verde del café, *Coccus viridis*, con *Verticillium lecanii*, se estudió en Indonesia, Sri Lanka y Brasil (Samson *et al.*, 1988). Este hongo ha mostrado tal eficiencia que actualmente existen en Europa dos productos comerciales hechos a base de sus conidios, Vertalec y el Mycotal que se usan para el control de áfidos y la mosca blanca (Samson *et al.*, 1988).

Jun *et al.* (1991) encontraron diferencias en los caracteres morfológicos y fisiológicos al realizar el análisis quimiotaconómico de cepas de *V. lecanii* aisladas de homópteros, lepidópteros, himenópteros y royas. Dichos autores registraron la presencia de quitobiosidas en las cepas de *V. lecanii* aisladas de la roya del café, en contraste con la mayoría de las

cepas aisladas sobre insectos, lo que muestra que *V. lecanii* tiene diferentes enzimas dependiendo del sustrato u hospedero. Esto es importante porque se pueden obtener cepas con características deseables como alta patogenicidad y especificidad hacia el parásito a controlar.

En México, Carrión y colaboradores, primero en el INIREB y después en el Instituto de Ecología (Carrión y Ruiz-Belin, 1988; Carrión, 1988; Carrión *et al.*, 1989, 1990; Alarcón Mora, 1991; Alarcón Mora *et al.*, 1991 y Palacios *et al.* 1991) estudiaron la presencia de *V. lecanii* sobre la roya del café en condiciones naturales, así como la caracterización y patogenicidad de dos cepas aisladas sobre pústulas de *Hemileia vastatrix*, los sustratos adecuados para su reproducción masiva en el laboratorio y el efecto de los fungicidas aplicados al control de la roya en su crecimiento *in vitro*. También lograron infectar la roya hasta en un 74% mediante aplicaciones extensivas en cafetales donde *V. lecanii* no estaba presente.

OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivos fundamentales: 1) conocer la fenología de *Verticillium lecanii* sobre la roya del café, 2) evaluar su epifitología en condiciones naturales, 3) evaluar el efecto de la aplicación de *V. lecanii* sobre la roya del café y 4) determinar las condiciones adecuadas para el manejo de este hongo como control biológico de la roya del café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de laboratorio

Preparación de diluciones conidiales

Se usó una cepa de *Verticillium lecanii* aislada a partir de pústulas de la roya del

cafeto, la cual fue colectada en una finca cafetalera de los alrededores de Mahuixtlán (descrita mas adelante como área de estudio). Dicha cepa fue registrada como IE-87 y se encuentra depositada en el cepario del Instituto de Ecología. Se mantiene en medio de agar con dextrosa y papa, a una temperatura de 25°C.

El micelio se desarrolló masivamente primero en cajas de Petri, posteriormente en frascos de boca ancha con 300 g de semillas de trigo, previamente esterilizados a 121°C durante 20 minutos, siguiendo la técnica de Stamets y Chilton (1983) para otros hongos. Los frascos se incubaron a temperatura ambiente ($21 \pm 2^\circ \text{C}$) en el laboratorio durante 15-20 días, agitando su contenido cada 5 días para acelerar la dispersión de las conidiosporas en los frascos. Una vez que el micelio cubrió todo el sustrato, las esporas fueron colectadas mediante la adición de agua destilada estéril y agitación vigorosa de los frascos; el trigo fue separado mediante el uso de una malla. Con esta solución se elaboraron tres diluciones conidiales: 1) concentración baja, de $2 \times 10^4/\text{ml}$, 2) concentración media, de $2 \times 10^5/\text{ml}$ y 3) concentración alta, de $4 \times 10^5/\text{ml}$.

Dichas diluciones fueron calculadas con base en el índice de esporulación de la roya, obtenido por Carrión y Ruiz-Belin (1988) para obtener relaciones conidiospora-urediniospora de 10:1, 100:1 y 200:1, respectivamente.

Trabajo de campo

Área de estudio

La investigación se realizó en una finca cafetalera de los alrededores de Mahuixtlán, situada cerca de la carretera de Coatepec a Huatusco, en la región de Coatepec, Ver. y la cual esta a una altitud de 975 m snm. La finca tiene un cafetal de sombra con jinicuil (*Inga jinicuil* Schlecht.), plátano (*Musa paradisiaca* L.), palo mulato [*Bursera simaruba* (L.) Sarg.] y encinos (*Quercus spp.*). Las prácticas usuales en el mantenimiento del cafetal son la del deshierbe y fertilización una vez al año. Los cafetos son la variedad Típica y la variedad Mundo Novo, sembrados en hileras con una distancia de 2 m de separación, y tales hileras separadas 3 m entre sí.

Los datos climáticos que se emplearon para el diseño del experimento correspondieron al promedio de 16 años para la estación de Bella Esperanza (Fig. 1), situada en el Km 9 de la carretera Coatepec-Huatusco y los cuales fueron proporcionados por el Proyecto Investigación y Diagnóstico Regional del Instituto de Ecología.

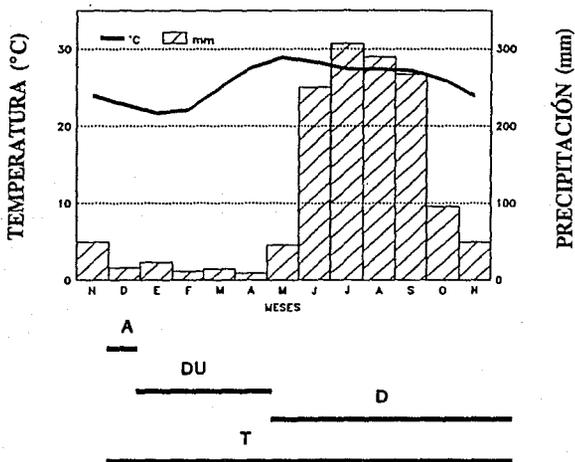


Fig. 1. Temperatura y precipitación promedio anual de la Estación Bella Esperanza y épocas de aspersión de los tratamientos con respecto a la época de menor precipitación. A: antes; DU: durante; D: después; T: durante todo el año.

Los correspondientes al año de estudio (Fig. 2) utilizados para el análisis de los resultados, se obtuvieron de dicha estación.

Selección de cafetos

En la finca de estudio se eligió un foco de infección de *Hemileia vastatrix* con una extensión de una hectárea. Se marcaron al azar 26 cafetos de alrededor de 10 años de edad, de la variedad Típica y 26 cafetos de 6 años de edad en promedio, de la variedad Mundo Novo.

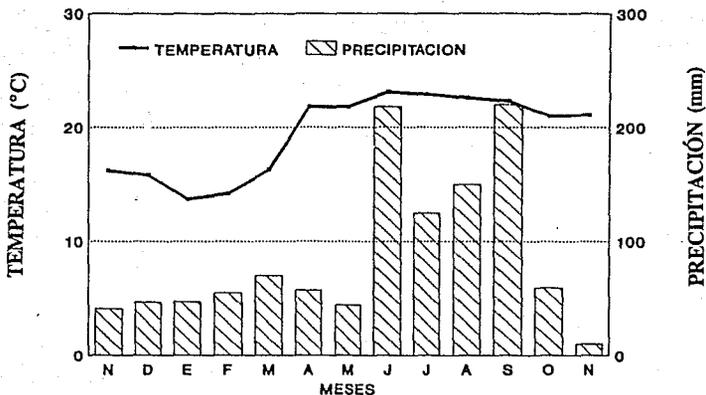


Fig. 2. Temperatura y precipitación durante 1987-1988 de la Estación Bella Esperanza.

Aspersión

Las diluciones conidiales de *Verticillium lecanii* en las tres concentraciones antes indicadas, se aplicaron mensualmente en grupos de 12 cafetos antes (A), durante (DU) y después (D) de la época de menor precipitación del año (diciembre a abril), así como durante todo el año (T). Con base en los datos climáticos utilizados (Fig. 1), la aplicación se efectuó de la siguiente manera: el grupo A con una sola aspersión en diciembre de 1987, el grupo DU con aspersiones de enero a abril de 1988, el grupo D con aspersiones de mayo a noviembre del mismo año y el grupo T con aspersiones de diciembre de 1987 a noviembre de 1988. El grupo testigo (TES), constituido por 4 cafetos no fue asperjado. Cada uno de los grupos (A, DU, D y T) se dividió en tres subgrupos de 4 cafetos, acorde con las tres diluciones conidiales (2×10^4 , 2×10^5 y 4×10^5).

Cuantificación de la infección por *Verticillium lecanii*

Se hizo una estimación del número promedio de hojas por rama de cada planta a partir de 16 cafetos sanos. Estos presentaron 1-2 troncos en la variedad Mundo Novo y 2-6 troncos

en la variedad Típica; dicho número se debe tanto a la variedad como a la edad del cafeto y a las labores que se realizan en el cultivo. Posteriormente, se estimó el número total de hojas por cafeto (H), el cual se obtuvo multiplicando el número de ramas de cada planta por el número promedio de hojas por rama en dos épocas, una en el déficit climático (octubre-noviembre y abril-mayo) y la otra en el período de crecimiento (junio-septiembre) como puede verse en la Fig. 3.

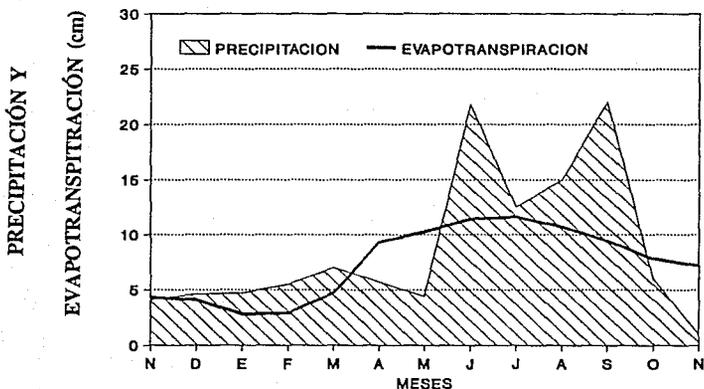


Fig. 3. Evapotranspiración durante 1987-1988 de la Estación Bella Esperanza.

Dichas épocas climáticas se corroboraron con la estimación de la evapotranspiración por el método de Thornthwaite (Ortiz-Solorio, 1987), que consiste en calcular la máxima cantidad de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubra todo el terreno, utilizando como variable la temperatura promedio mensual de la estación.

A cada cafeto se le marcaron con etiquetas numeradas progresivamente, las hojas infectadas con roya (R) y con roya parasitada con *V. lecanii* (V). La toma de datos se realizó 2 a 3 días antes, denominándose primer monitoreo (en los resultados se hace referencia como 1er. M y el mes) y diez días después de cada aspersión, el cual es el segundo monitoreo (2do.

M y el mes), para evaluar el resultado de dichas aspersiones durante el año de estudio, con excepción del mes de enero en que se realizó sólo el segundo monitoreo.

Con estos datos se obtuvo la tasa de infección de la roya ($I=R/H$) y la tasa de parasitismo de *V. lecanii* ($Q=V/R$) en cada tratamiento. Dichos datos (I y Q) fueron analizados con el programa de análisis multivariado de varianzas y covarianzas (4V) del paquete estadístico BMDP (Dixon, 1988) y se utilizó un diseño factorial completamente al azar y uno factorial incompleto, tomando los dos primeros monitoreos como variables de ajuste (covariables). Este diseño permitió realizar el análisis multivariado de las varianzas y establecer diferencias significativas al 95% entre éstas. Finalmente se realizó un análisis de contrastes, con la prueba de Scheffé (Dixon, 1988), de todos los tratamientos entre sí, en los monitoreos donde se encontró diferencia significativa.

DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS HONGOS CONSIDERADOS

Hemileia vastatrix Berk. & Br.

Uredio en el envés, denso, de 0.1 mm de diámetro, de color naranja claro a amarillo pálido, pulverulento, emergiendo a través de los estomas, formando manchas de 10-25 mm de diám. Uredosporas de 28-40 x 18-28 μm , reniformes, verrugosas en el lado convexo y lisas en el lado cóncavo, con la pared de 1-1.5 μm de grosor, de color amarillo pálido. Telios, basidios y basidiosporas no se observaron en el material estudiado.

Discusión. Las manchas producidas por esta roya (uredos) son comúnmente llamadas pústulas y aunque el término no es el apropiado, ya que la roya del café no rompe la epidermis del hospedero por la formación de las esporas dentro de una ampolla, se usará en este trabajo por motivos prácticos. Este hongo causa una grave defoliación en los cafetos, ya que su micelio obstruye directamente el floema del hospedero (Gopalkrishnan, 1951) y acelera de esta manera la abscisión de las hojas. Cada una de las pústulas está constituida de un gran número de soros que esporulan a través de los estomas. Dichos soros pueden producir esporas de 4 a 6 veces

durante 4 a 5 meses; así, cada lesión puede generar aproximadamente de 300,000 a 2,000,000 esporas (McCain y Hennen, 1984).

De los tres tipos de esporas que forma *H. vastatrix* en su ciclo de vida (uredios, telios y basidiosporas), solamente el primero tiene importancia epifitológica y la intensidad de la enfermedad se evalúa por su abundancia en el cafetal. Se ha observado que está determinada por la precipitación y la temperatura y que la altitud está en relación inversa con la intensidad del daño (Muthappa, 1980; Pedro, 1983; Ramaiah y Venkataramanam, 1985). Sin embargo, cuando la temperatura no es un factor limitante, la severidad de la enfermedad está determinada por la cantidad de follaje y el inóculo existente al final de la estación seca (Bock, 1962b; Kushalappa y Eskes, 1989).

Muchos autores han considerado que la salpicadura de la lluvia es el principal factor de dispersión y que el viento es secundario (Nutman, *et al.*, 1960; Bock, 1962a; Rajasab y Rajendran, 1983). Las esporas también pueden ser dispersadas por medio de insectos (himenópteros), como *Leptacis kivuensis* Risbec y *Synopeas sp.* (Crowe, 1963). Becker (1979) demostró que estos factores de dispersión son en orden de importancia, el viento, la lluvia, los insectos y el hombre.

Verticillium lecanii (Zimm.) Viegas

Teleomorfo: *Torrubiella confragosa* Mains (Jun *et al.*, 1991).

Micelio blanco algodonoso sobre las uredosporas. Hifas de 1-2 μm de ancho. Fiálides de 8.5-16 x 0.8-1.2 a 30-40 x 2-2.2 μm , individuales, en pares o en verticilios de 3 ó 4, sobre conidióforos muy semejantes al micelio vegetativo. Conidiosporas de 2.3-3.4 x 1-1.3 a 7.2-10 x 2.1-2.6 μm , elipsoidales a cilíndricas con terminaciones redondeadas, producidas individualmente y agregadas en cabezas en las puntas de las fiálides. Micelio blanco algodonoso en medio con agar-dextrosa- papa, en el reverso de la caja de Petri el medio se observa con involuciones y rugoso.

Discusión. Este hongo es un micoparásito que se alimenta de las estructuras reproductoras de su hospedero (Lumsden, 1981). La capacidad de parasitismo de *V. lecanii* se debe a la segregación de enzimas del tipo de las proteasas (García Acha *et al.*, 1965). Desde el punto de vista ecológico, el nivel trófico que ocupa *V. lecanii* es el de consumidor secundario, ya que el café es el productor y la roya el consumidor primario (Zadoks y Schein, 1979).

RESULTADOS

1. Crecimiento de *Verticillium lecanii* en el laboratorio.

El crecimiento del micelio de *V. lecanii* en las cajas de Petri fue en promedio de 55 mm de diámetro en 30 días. En los frascos de inóculo con trigo cubrió todas las semillas en un período de 15 a 20 días.

2. Fenología y epifitología de la roya y de *V. lecanii*.

La incidencia de la roya en los cafetos testigo fue baja de diciembre a abril, osciló entre 40 y 50 hojas parasitadas y descendió en el 1er. M de julio a 33 hojas, es decir el 1% de las hojas; a partir del 1er. M de agosto fue aumentando gradualmente y en el 2do. M de octubre tuvo un incremento hasta llegar a 226 hojas infectadas (Fig. 4) equivalente a 4% del total de hojas.

La incidencia de *V. lecanii* en los citados cafetos testigo fue del 4% en noviembre y posteriormente se incrementó a 36% y 33% del total de hojas con roya en el 2do. M de febrero y el 1er. M de marzo, respectivamente. En el período del 2do. M de julio al 2do. M de septiembre, sus valores descendieron, manteniéndose entre 1 y 0%. En el 1er. M de octubre se incrementó a 4% y descendió nuevamente hasta 1% en el 2do. M de noviembre (Fig. 5). La incidencia anual promedio de *V. lecanii* sobre la roya del café fue de 10%.

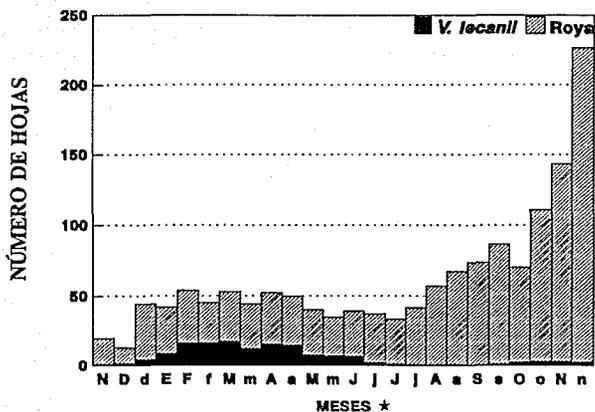


Fig. 4. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* en el grupo testigo, de nov de 1987 a nov de 1988. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

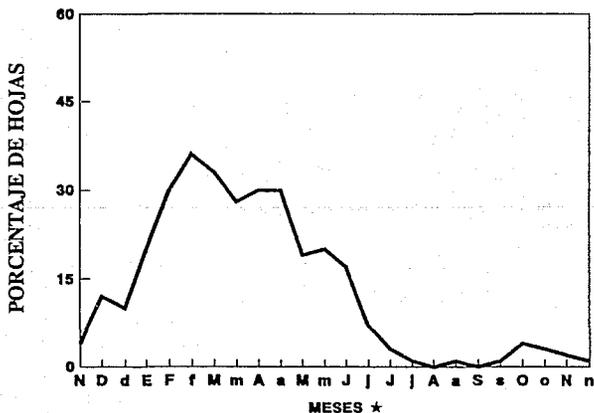


Fig. 5. Porcentaje del número de hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* en el grupo testigo de nov de 1987 a nov de 1988. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

3. Comportamiento de la roya y *V. lecanii* en los tratamientos.

Aspersión de *V. lecanii* antes de la época de menor precipitación.

Concentración baja. En este tratamiento el número de hojas con roya aumentó de 40 en noviembre a 125 en el 2do. M de diciembre, equivalente al 8% de las hojas y posteriormente fue disminuyendo hasta llegar a 23 hojas en el 1er. M de junio. El número de hojas con pústulas fue aumentando de nuevo a partir del 1er. M de julio hasta llegar en el 2do. M de noviembre a 282 hojas (Fig. 6), es decir el 18% del total de hojas de los cafetos.

V. lecanii estuvo presente en el 2 y 3% del total de hojas con roya en noviembre y el 1er. M de diciembre, respectivamente. A partir del 2do. M de diciembre se incrementó a 8% hasta alcanzar en el 1er. M de febrero un valor máximo de 28 hojas, es decir, 35% de las hojas con roya. Durante el 2do. M de marzo y el mes de abril se mantuvo con 11 hojas, lo que significó 20 y 23%, respectivamente. En los monitoreos desde el 2do. M de junio al 2do. M de noviembre sus porcentajes oscilaron entre el 1 y 4% (Fig. 7).

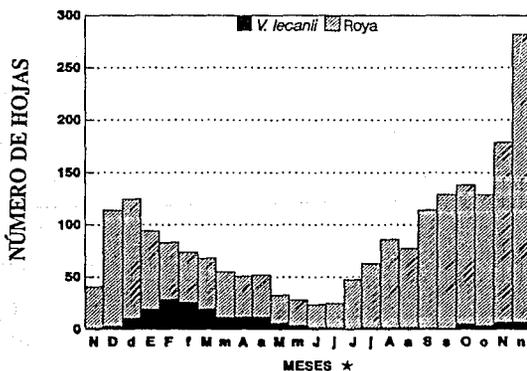


Fig. 6. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988, en el tratamiento asperjado, antes de la época de menor precipitación en concentración baja.

*: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

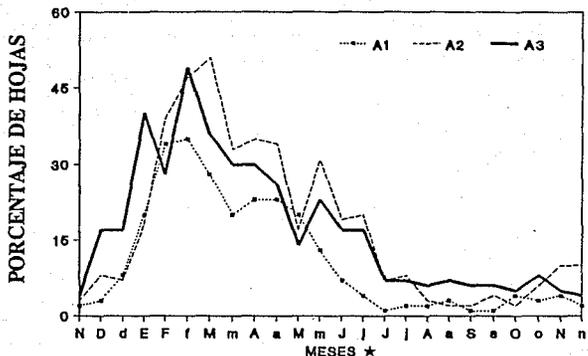


Fig. 7. Porcentaje de hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en los tratamientos asperjados, antes (A) de la época de menor precipitación. Concentraciones; 1: baja; 2: media; 3: alta. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

Concentración media. El número de hojas con roya al inicio del estudio fue de 42, con un fuerte incremento en el 1er. M de diciembre, hasta alcanzar un máximo de 150 hojas en enero y 136 hojas en el 2do. M de marzo, equivalente al 11 y 10% respectivamente. En este tratamiento el valor mínimo fue de 47 hojas infectadas en el 2do. M de junio. A partir del 1er. M de agosto aumentó nuevamente el número de hojas enfermas, hasta alcanzar 149 en el 1er. M de noviembre, es decir, el 11% del total; en el último monitoreo se registraron 97 hojas (Fig. 8).

V. lecanii estuvo presente todo el año pero su mayor incidencia se registró entre febrero y abril. Al inicio del experimento dicha incidencia fue del 3% y se incrementó al 18% en enero, hasta alcanzar un valor máximo del 51% en el 1er. M de marzo (Fig. 7).

Concentración alta. El número de hojas con roya al inicio del experimento fue de 92; en los monitoreos de diciembre (1er. y 2do. los valores se incrementaron a 149 y 145 hojas, respectivamente, lo que significa el 17% del total de hojas. En los meses de enero al 2do. M

de marzo se mantuvo oscilando entre 120 y 140 hojas y a partir del 1er. M de abril-1 disminuyó hasta llegar a 41 hojas en el 2do. M de junio. En el 1er. M de agosto el número de hojas con roya se incrementó nuevamente, registrándose un máximo de 154 hojas en el 1er. M de noviembre y disminuyó a 139 en el 2do. M de noviembre (Fig. 9), es decir, el 12% de las hojas.

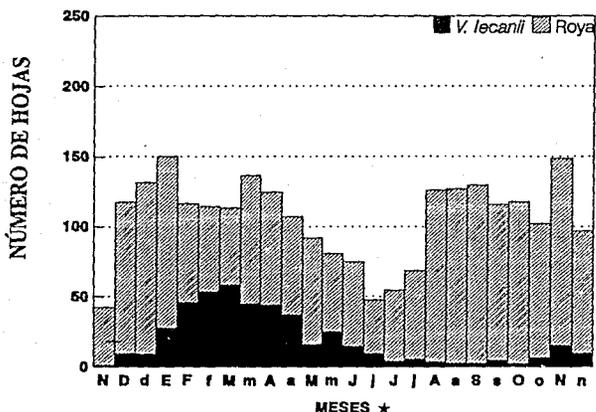


Fig. 8. Número de hojas infectadas por roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en el tratamiento asperjado, antes de la época de menor precipitación en concentración media. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

V. lecanii se encontró en 3 hojas en noviembre, lo que equivale al 4% del total de hojas con roya, posteriormente se incrementó en el 1er. M de diciembre-1 al 17% y continuó incrementándose hasta alcanzar un valor máximo del 49% en el 2do. M de febrero (Fig. 7). En los meses de enero al 2do. M de abril se presentó su mayor incidencia, la cual fue del 37% en promedio. A partir del 1er. M de mayo disminuyó su abundancia y se mantuvo hasta el término del experimento en valores mínimos de 4 hojas en el 1er. M de julio, lo que representa el 7% de las hojas con roya (Fig. 7).

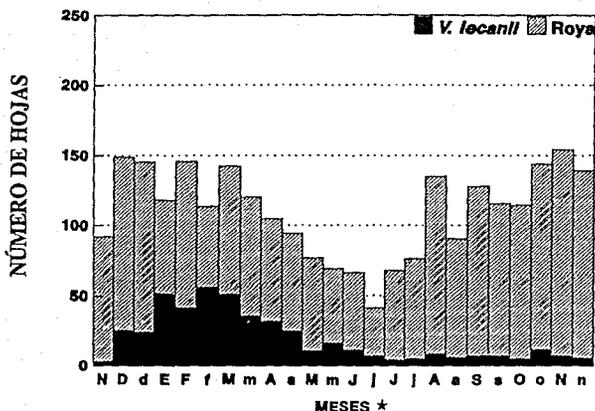


Fig. 9. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en el tratamiento asperjado, antes de la época de menor precipitación en concentración alta. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

Aspersión de *V. lecanii* durante la época de menor precipitación.

Concentración baja. En este tratamiento la roya se registró en 18 hojas al inicio del estudio, aumentó a 70 en el 1er. M de marzo, disminuyó hasta 18 hojas en el 2do. M de junio y nuevamente se fue incrementando hasta alcanzar 82 hojas en el 1er. M de septiembre, registrándose el valor máximo en el 1er. M de noviembre con 97 hojas (Fig. 10), equivalente al 9% de las hojas.

V. lecanii no se registró en noviembre y durante el 1er. y 2do. M de diciembre tuvo valores de 1 y 3 hojas, lo que significa 3 y 10%, respectivamente, del total de hojas con roya. De enero al 2do. M de abril alcanzó sus mayores valores de incidencia, con un 31% de las hojas con pústulas en el 1er. M de febrero, descendiendo en el resto del año, con el 2% de incidencia entre el 1er. M de julio y el 1er. M de septiembre y un incremento al 5% en el 2do. M de noviembre-2 (Fig. 11).

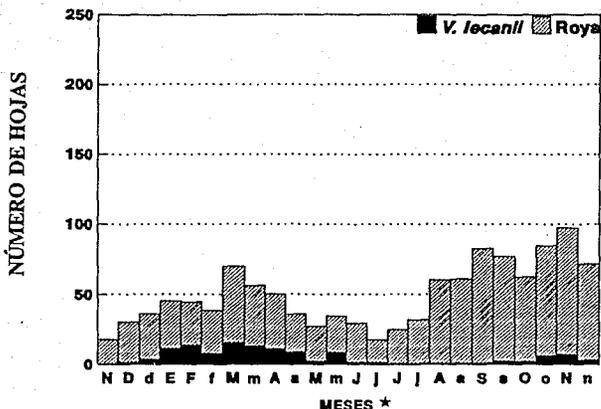


Fig. 10. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en los tratamientos asperjados, durante la época de menor precipitación en concentración baja. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

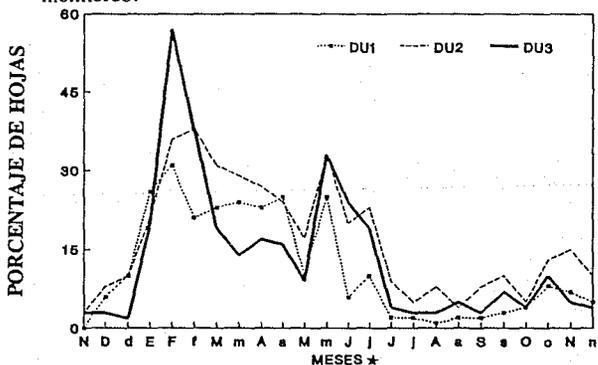


Fig. 11. Porcentaje del número de hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en los tratamientos asperjados, durante (DU) la época de menor precipitación. Concentraciones; 1: baja; 2: media; 3: alta. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

Concentración media. El número de hojas con roya aumentó de 61 en noviembre a 113 hojas en el 2do. M de diciembre, lo que significa el 10% de las hojas. En este tratamiento el mayor número de hojas parasitadas se presentó en el 1er. M de marzo; el período de máxima esporulación se extendió hasta el 1er. M de junio y sólo en el 2do. M de junio se registró el valor más bajo de incidencia de la roya, el cual fue de 34 hojas infectadas. A partir del 1er. M de julio dicho valor se incrementó nuevamente hasta alcanzar 163 hojas en el 1er. M de octubre y al finalizar el experimento se registraron 105 hojas parasitadas, es decir, el 8% y 10% de las hojas, respectivamente.

V. lecanii se presentó todo el año (Fig. 12). En el primer monitoreo sólo se registraron dos hojas, lo que significó el 3% del total de hojas con roya, los valores más altos se registraron entre enero y mayo, con un máximo del 38% en el 2do. M de febrero. Durante julio, agosto y septiembre se mantuvo alrededor del 10% de las hojas con roya e incrementó al 15% en el 1er. M de noviembre para descender de nuevo al 10% en el último monitoreo (Fig. 11).

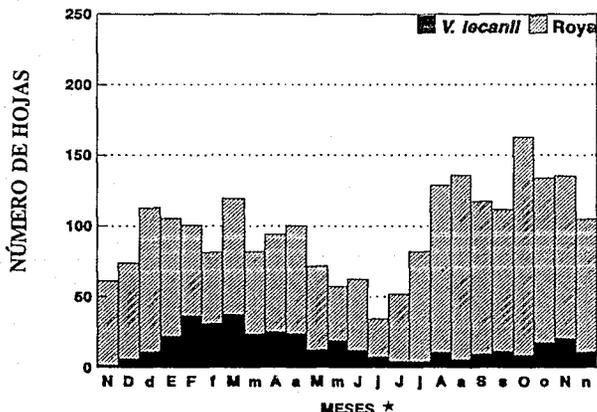


Fig. 12. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en el tratamiento asperjado, durante la época de menor precipitación en concentración media. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

Concentración alta. El número de hojas con roya aumentó de 16 a 98 de noviembre al 1er. M de abril. En el 2do. M de junio se registraron 30 hojas infectadas, siendo éste el valor más bajo del año. A partir del 1er. M de julio la roya se incrementó a 167 hojas en el 1er. M noviembre-1 y 157 hojas en el 2do. M de noviembre (Fig. 13), equivalente al 11 y 10%, respectivamente.

V. lecanii estuvo presente todo el año. En noviembre y los dos monitoreos de diciembre sólo se presentó en una hoja, lo que representó el 3% del total de hojas con roya y sus valores más altos se registraron de enero al 2do. M de junio, parasitando las pústulas de 32 hojas en el 1er. M de febrero, lo que representa el 57% del total de hojas infectadas. Durante el período del 1er. M de marzo al 2do. M de abril se mantuvo en promedio en el 16% de las hojas y del 1er. M de julio al 1er. M de septiembre-1 se presentó en promedio sólo en el 3%. En el 2do. M de octubre-2 aumentó al 10% y bajó al 5 y 4% en los monitoreos de noviembre (1er. y 2do.), respectivamente (Fig. 11).

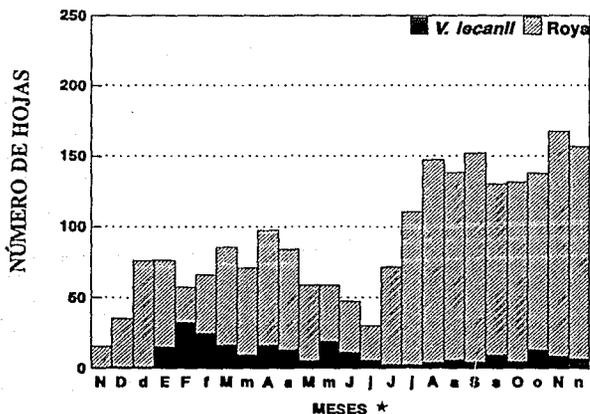


Fig. 13. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en los tratamientos asperjados, durante la época de menor precipitación en concentración alta. *: letra del mes en mayúsculas = primer monitoreo; letra en minúsculas = segundo monitoreo.

Aspersión de *V. lecanii* después de la época de menor precipitación.

Concentración baja. En este tratamiento las hojas con roya fueron 7 en noviembre. Posteriormente, la incidencia se incrementó gradualmente hasta llegar a 43 hojas en el 1er. M de abril, equivalente al 2% de las hojas y descendió ligeramente en el 1er. M de junio a 25 hojas. A partir del 2do. M de junio se registró un aumento constante hasta alcanzar 88 hojas parasitadas por la roya en el 2do. M de noviembre-2 (Fig. 14), es decir, el 5%.

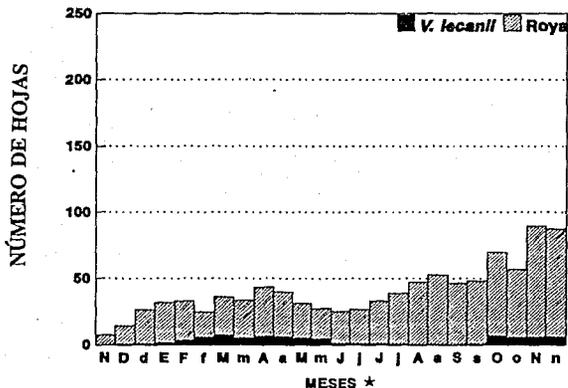


Fig. 14. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en el tratamiento asperjado, después de la época de menor precipitación en concentración baja. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

V. lecanii no se encontró en noviembre y se mantuvo en baja cantidad durante todo el año alcanzando a parasitar en el 2do. M de febrero las pústulas de sólo 6 hojas y en el 1er. M de marzo se registró sobre 7 hojas, equivalente al 33 y 21% de las hojas con roya, respectivamente. Desde el 2do. M de marzo al 2do. M de mayo tuvo un período de estabilidad con 16% de incidencia. A partir del 1er. M de junio disminuyó al 6% hasta llegar a 1% en el 1er. M de agosto y sólo 0.5% en el 2do. M de agosto-2; en los monitoreos de septiembre se mantuvo en 1 y 2%. En los monitoreos de octubre aumentó al 10% y disminuyó en los monitoreos de noviembre al 7% (Fig. 15).

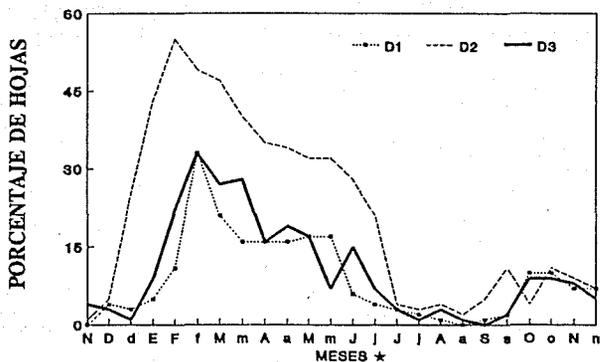


Fig. 15. Porcentaje del número de hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en los tratamientos asperjados, después (D) de la época de menor precipitación. Concentraciones; 1: baja; 2: media; 3: alta. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

Concentración media. La roya se encontró en 23 hojas en noviembre, lo que significa el 2% del total de hojas, aumentó a 77 hojas en diciembre-1 hasta alcanzar 103 en el 1er. M de febrero; disminuyó gradualmente hasta 45 hojas en el 2do. M de junio, después se incrementó en el 1er. M de agosto-1 a 110 hojas y en el 1er. M de noviembre se registró sobre 147 (Fig. 16), es decir, el 14% de las hojas.

V. lecanii estuvo presente todo el año, aunque al inicio del estudio se encontró en sólo 1 hoja, en el 2do. M de diciembre aumentó a 22 hojas (25% de las hojas con roya); en enero aumentó al 43% y para el 1er. M de febrero se registró sobre 57 hojas, lo que significa el 55%, este último fue el valor más alto en este tratamiento. A partir de 2do. M de febrero empezó a disminuir nuevamente hasta llegar a 3 hojas parasitadas en el 1er. M de julio, equivalentes al 4% y se mantuvo en este porcentaje hasta el 1er. M de septiembre. En el 2do. M de septiembre se incrementó al 11% y en el 1er. M de octubre volvió a descender al 4% (Fig. 15).

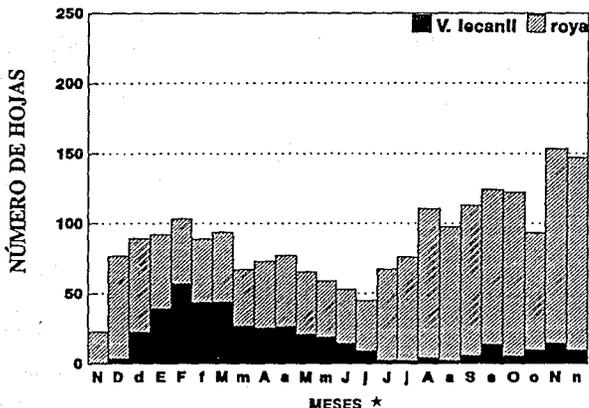


Fig. 16. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en el tratamiento asperjado, después de la época de menor precipitación en concentración media. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

Concentración alta. En este tratamiento la roya se registró en 79 hojas en el monitoreo de noviembre. En el 2do. M de diciembre y enero se encontró sobre 139 y 140 hojas, respectivamente, que fueron los valores más altos en este período de esporulación. Su incidencia bajó gradualmente hasta llegar en el 1er. M de julio a 29 hojas, y nuevamente se incrementó el número de hojas con roya hasta 179 en el 2do. M de noviembre (Fig. 17), equivalente al 10% de las hojas.

V. lecanii se presentó durante todo el año y su mayor esporulación se registró entre enero y el 1er. M de mayo. En el 2do. monitoreo de febrero fue donde alcanzó su mayor esporulación, en el cual se encontraron 36 hojas con pústulas de roya parasitadas, lo que equivale al 33% del total. A partir del 1er. M de julio y hasta el 2do. M de septiembre-2 este hongo se presentó en pequeñas cantidades, oscilando entre el 3 y 1% del total de hojas con roya, aunque en el 1er. M de septiembre sólo alcanzó el 0,3%. Durante los monitoreos de octubre y el primer monitoreo

de noviembre se mantuvo en promedio con un valor de 9% y bajó a 5% en el 2do. M de noviembre-2 (Fig. 15).

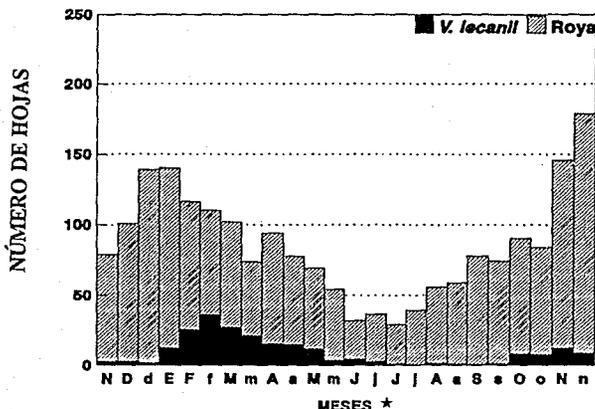


Fig. 17. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* de nov de 1987 a nov de 1988 en el tratamiento asperjado, después de la época de menor precipitación en concentración alta. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

Aspersión de *V. lecanii* durante todo el año (dic 1987-nov 1988).

Concentración baja. La roya aumentó de 41 hojas en noviembre a 131 hojas en el 1er. M de febrero; en el 2do. M de febrero bajó a 56 hojas y en el 1er. M de marzo incrementó a 116, equivalente al 7% de las hojas. En los monitoreos de junio y el primer monitoreo de julio se mantuvo en un promedio de 42 hojas parasitadas; a partir del 2do. M de julio se incrementó a 82 hojas y continuó incrementándose hasta llegar a parasitar 165 hojas en el 2do. M de noviembre (Fig. 18), es decir el 9% de las hojas.

V. lecanii se presentó en los cafetos de este grupo durante todo el año, aunque en los dos primeros monitoreos (noviembre y 1er. M de diciembre) se encontró solamente en el 2% de las hojas infectadas con roya. Su mayor incidencia se presentó del 2do. M de diciembre al 2do. M

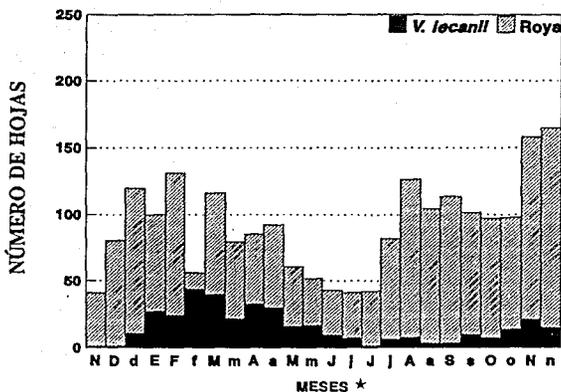


Fig. 18. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* en el tratamiento asperjado, durante todo el año (dic 1987-nov 1988) en concentración baja. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

de junio; al inicio de este período se encontró en 10 hojas, equivalentes al 9% del total de hojas enfermas. En enero se incrementó a 27 hojas, es decir el 27%, para el 2do. M de febrero se registraron 44 hojas, que en este caso representa un porcentaje del 78%. Desde el 2do. M de marzo a los de mayo sus valores se mantuvieron oscilando alrededor de 23 hojas en promedio, alcanzando en el 1er. M de abril el 38%. En el 1er. M de julio bajó drásticamente a sólo 2 hojas, es decir el 4% y subió nuevamente a 8 y 6% en el 2do. M de julio y el 1er. M de agosto, respectivamente (Fig. 19). También se encontró en bajas cantidades en el 2do. M de agosto y el 1er. M de septiembre con 4 hojas, equivalentes al 3%. En los monitoreos siguientes tendió a incrementarse, presentándose en promedio en el 10% de las hojas con roya.

Concentración media. El número de hojas con roya fue de 33 en noviembre y aumentó a 106 hojas en el 1er. M de febrero, equivalente al 10% de las hojas. A partir del 1er. M de marzo disminuyó gradualmente hasta llegar a 34 hojas parasitadas en el 2do. M de junio-2.

Desde el 1er. M de julio comenzó nuevamente el aumento de la esporulación de la roya y en el 1er. M de noviembre se registraron 115 hojas infectadas (Fig. 20), es decir, el 11% de las hojas.

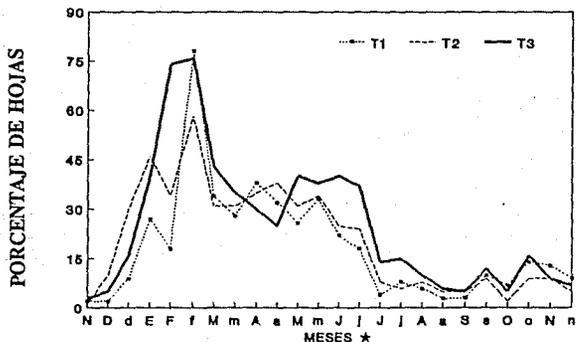


Fig. 19. Porcentaje del número de hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* en los tratamientos asperjados, durante todo (T) el año (dic 1987-nov 1988). Concentraciones; 1: baja; 2: media; 3: alta. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

V. lecanii se encontró únicamente en 1 hoja al inicio del experimento, en el 1er. M de diciembre en 8 hojas, equivalentes al 10% del total de hojas con roya y se registró la mayor incidencia desde el 2do. monitoreo de diciembre al 2do. M de mayo, con un valor máximo de 39 hojas con pústulas parasitadas en el 2do. M de febrero, equivalente al 58% de las hojas con roya. De el 1er. M de marzo a el 2do. M de mayo la incidencia de este hongo fue de 33% en promedio. En los monitoreos de junio bajó a 25% y de julio a noviembre descendió a 5%, respectivamente (Fig. 19).

Concentración alta. El número de hojas con roya fue de 48 en noviembre, aumentando a 135 hojas en el 2do. M de diciembre, equivalente al 11% de las hojas, con una disminución gradual hasta 85 hojas en el 2do. M de febrero. En el 1er. M de marzo se incrementó drásticamente a

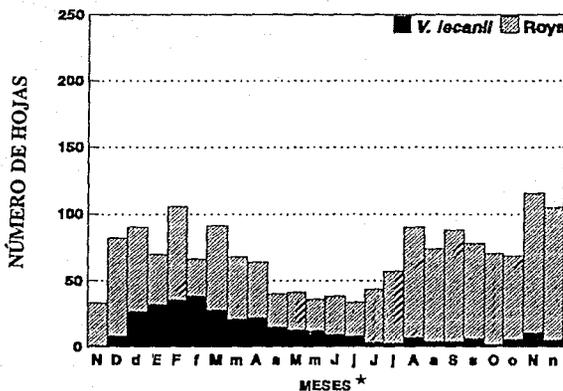


Fig. 20. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* en el tratamiento asperjado durante todo el año (dic 1987-nov 1988) en concentración media. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

145 hojas y disminuyó nuevamente a partir del 2do. M de abril hasta el 2do. M de junio, monitoreo en que se registraron 59 hojas; posteriormente aumentó la esporulación hasta presentar 125 hojas infectadas con roya en el 2do. M de noviembre (Fig. 21), es decir, el 10% de las hojas.

Al inicio del estudio *V. lecanii* se encontró en sólo 2 hojas, equivalente al 3% del total. En el 2do. monitoreo de diciembre se registraron 22 hojas y para el 1er. M de febrero alcanzó a parasitar 74 hojas, es decir, el 74% de las hojas con roya. Posteriormente, el número de hojas con roya parasitadas con *V. lecanii* fue disminuyendo gradualmente, siendo los valores más bajos 6 y 5 en el 2do. M de agosto y en el 1er. M de octubre, respectivamente. En el 2do. M de octubre su incidencia subió a 16% y descendió en el 2do. M de noviembre-2 a 7% (Fig. 19).

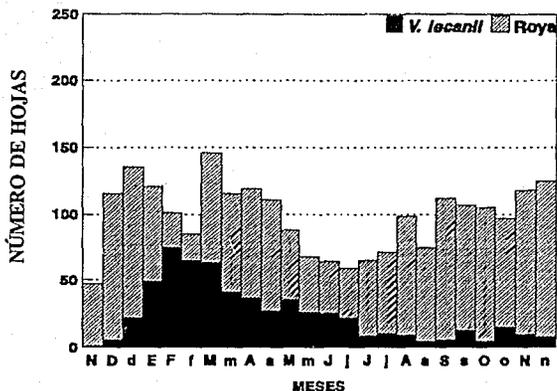


Fig. 21. Número de hojas infectadas con roya y hojas con roya parasitada por *Verticillium lecanii* en el tratamiento asperjado, durante todo el año (dic 1987-nov 1988) en concentración alta. *: letra del mes en mayúsculas= primer monitoreo; letra en minúsculas= segundo monitoreo.

4. Análisis de los datos.

El análisis estadístico de las tasas de infección de la roya (I) de los 13 tratamientos, en el diseño factorial completamente al azar, indicó que no hubo diferencias significativas de noviembre a junio; éstas se presentaron en el 1er. M de julio en 22 combinaciones de tratamientos, en el 2do. M de julio y el 1er. M de agosto en 16 combinaciones y en el 2do. M de agosto y el 1er. M de octubre en 13. En los monitoreos de septiembre, el 2do. M de octubre y los de noviembre tampoco hubo diferencias. En la Tabla 1 se muestran las combinaciones de las comparaciones en las que se presentó por lo menos una diferencia.

En cuanto al análisis de las tasa de parasitismo de *V. lecanii* (Q) en el diseño antes mencionado, hubo dos períodos claramente establecidos de diferencias significativas entre los 13 tratamientos, el primero fue de el 2do. M de diciembre al 1er. M de marzo (con excepción

Tabla 1. Diferencias significativas en la incidencia de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) entre los tratamientos.

CONTRASTES ENTRE TRATAMIENTOS	MESES (monitoreos)								CONTRASTES ENTRE TRATAMIENTOS	MESES (monitoreos)							
	jul		ago		sept		oct			jul		ago		sept		oct	
	1	2	1	2	1	2	1	2		1	2	1	2	1	2	1	2
TES-A1	*	*					*		DU1-T3	*							
TES-A2			*				*		DU2-DU1	*	*		*			*	
TES-A3	*	*	*				*		DU2-D1		*	*	*			*	
TES-DU2	*	*	*	*			*		DU2-D3	*	*	*	*			*	
TES-DU3	*	*	*	*			*		DU2-T2				*				
TES-D2	*	*	*				*		DU2-T3				*				
TES-T1		*	*						DU3-DU1	*	*	*	*				
TES-T3	*	*							DU3-D1	*	*	*	*				
A2-D1			*						DU3-D3	*	*	*	*				
A2-D3			*						DU3-T1	*							
A3-DU1	*								DU3-T2		*		*				
A3-DU2				*					DU3-T3				*				
A3-DU3		*							D1-T3	*						*	
A3-D1	*		*						D1-D2	*							
A3-D3	*	*	*						D2-D3	*							
A3-T1	*								D3-T3	*							
DU1-D2	*		*				*										

Tratamientos asperjados; A: antes (diciembre); DU: durante (enero-abril); D: después (mayo-noviembre); T: todo el año (diciembre 1987-noviembre 1988); TES: testigo. Concentraciones; 1: baja; 2: media; 3: alta. * diferencia significativa al 95% de confianza.

de el 2do. M de febrero) y el segundo período fue desde el 2do. M de junio al 2do. M de octubre (con excepción del 1er. M de julio).

Al hacer las comparaciones del testigo vs. tratamientos (Tabla 2) se encontró que *V. lecanii* fue más abundante en los tratamientos en todos los monitoreos donde hubo diferencias significativas.

Testigo vs. tratamientos asperjados antes de la época de menor precipitación. En la comparación con la concentración baja no hubo diferencias, con los cafetos asperjados con la concentración media sólo hubo ligera diferencia (en el 1er. M de marzo) y con los de la concentración alta las diferencias ocurrieron en el segundo período (2do. M de julio a 1er. M de septiembre).

Testigo vs. tratamientos asperjados durante la época de menor precipitación. Con los cafetos asperjados con la concentración baja no hubo diferencias, con los de la concentración media las diferencias se registraron del 1er. M de agosto al 1er. M de septiembre y con los de la concentración alta se presentaron en el 2do. M de agosto y el 2do. M de octubre.

Testigo vs. tratamientos asperjados después de la época de menor precipitación. En la comparación con la concentración baja, se encontró diferencia significativa en el 1er. M de octubre. Con el de la concentración media hubo diferencias en el 2do. M de diciembre y el 2do. M de octubre y con el de la concentración alta no hubo ninguna.

Testigo vs. tratamientos asperjados durante todo el año. Al comparar con la concentración baja sólo hubo diferencia en el 2do. M de octubre y en el caso de la concentración media las diferencias se presentaron en el 2do. M de diciembre, así como en los dos monitoreos de agosto. En la comparación con la concentración alta hubo diferencia en el 1er. M de febrero y en el segundo período en el 2do. M de junio, 2do. M de julio a 2do. M de agosto, 2do. M de septiembre y 2do. M de octubre.

Tabla 2. Tasa de parasitismo de *Verricillium lecanii* y diferencias entre los tratamientos y el testigo.

TRATAMIENTO	M E S E S (monitoreos)											
	dic	ene	feb	mar	jun	jul	ago		sept		oct	
	2do.	2do.	2do.	1er.	2do.	2do.	1er.	2do.	1er.	2do.	1er.	2do.
A1	0.059ad ♦	0.189a	0.311a	0.317ab	0.047a	0.021a	0.015a	0.023a	0.007ab	0.006ad	0.032a	0.018ac
A2	0.070ac	0.209a	0.393a	0.544ac	0.203a	0.087a	0.034a	0.021a	0.024ab	0.039a	0.017ae	0.067a
A3	0.130ac	0.475ab	0.334a	0.384ab	0.190a	0.078a	0.078a	0.092b	0.075bc	0.092a	0.087ab	0.092a
DU1	0.077ac	0.225a	0.286a	0.222be	0.111a	0.013a	0.010a	0.015a	0.014ab	0.032a	0.034ab	0.072a
DU2	0.089ac	0.217a	0.348a	0.302ab	0.238a	0.052a	0.076a	0.048b	0.072bd	0.076a	0.039ab	0.107a
DU3	0.009ae	0.193a	0.530a	0.170be	0.176a	0.032a	0.029a	0.051b	0.035ab	0.085a	0.048ab	0.129a
D1	0.033ad	0.075ade	0.015a	0.226be	0.038ad	0.016a	0.005a	0.006a	0.007ab	0.020a	0.101bc	0.115a
D2	0.236ab	0.380a	0.498a	0.422ab	0.213a	0.032a	0.042a	0.030b	0.066ab	0.118b	0.058ab	0.127a
D3	0.009ae	0.088ad	0.204a	0.248be	0.058a	0.004a	0.022a	0.009a	0.002ae	0.019ac	0.088bc	0.091a
T1	0.091ac	0.348a	0.210ac	0.344ab	0.158a	0.075a	0.066a	0.035b	0.029ab	0.098a	0.073ab	0.134a
T2	0.296bf	0.450ac	0.387a	0.307ab	0.244a	0.058a	0.079a	0.053b	0.055ab	0.090a	0.027ad	0.081a
T3	0.134ac	0.404ac	0.719b	0.426ad	0.333b	0.147b	0.106b	0.061b	0.062ab	0.132be	0.044ab	0.199b
TES	0.060acg	0.184a	0.322a	0.329ab	0.045ac	0.004ac	0.003ac	0.005a	0.001ae	0.012a	0.046ab	0.033ad

Tratamientos asperjados; A: antes (diciembre); DU: durante (enero-abril); D: después (mayo-noviembre); T: todo el año (diciembre 1987-noviembre 1988). Concentraciones; 1: baja; 2: media; 3: alta. ♦: los números seguidos por diferentes letras en cada columna (de cada monitoreo) determinan las diferencias significativas al 95% de confianza.

Comparaciones entre los tratamientos de cada época de aspersión.

Antes de la época de menor precipitación. En la comparación de los cafetos asperjados con la concentración **baja** vs. los de la concentración **alta** hubo diferencias significativas en enero y del 2do. M de agosto al 2do. M de septiembre, los de la concentración **baja** vs. los de la **media** tuvieron diferencias en el 1er. M de marzo y no hubo ninguna entre los de la concentración **alta** vs. la **media** (Tabla 2).

Durante la época de menor precipitación. Al hacer la comparación entre el tratamiento asperjado con la concentración **baja** vs. la concentración **media** se encontraron diferencias en el 2do. M de agosto y el 1er. M de septiembre y al comparar la concentración **alta** vs. la **media**, las diferencias significativas se encontraron en el 1er. M de marzo y el 1er. M de septiembre y sólo en el 2do. M de agosto entre la concentración **baja** vs. la **alta** (Tabla 2).

Después de la época de menor precipitación. Se encontraron diferencias significativas al comparar la concentración **alta** vs. la **media** en el 2do. M de diciembre, el 1er. M de marzo, el 2do. M de agosto y el 2do. M de septiembre; en la concentración **media** vs. la **baja** las diferencias se presentaron en el 2do. M de diciembre, 2do. M de enero, 1er. M de marzo, 2do. M de junio, 2do. M de agosto y 1er. M de octubre y no hubo ninguna entre la **alta** vs. la **baja** (Tabla 2).

Durante todo el año (1987-1988). En la comparación entre el tratamiento de concentración **alta** vs. la **media** hubo diferencias significativas en el 2do. M de diciembre, 1er. M de febrero, 2do. M de junio y julio, 1er. M de agosto, 2do. M de septiembre y 1er. y 2do. M de octubre, en la concentración **alta** vs. la **baja** las diferencias se encontraron en el 1er. M de febrero, los 2do. M de junio y julio, el 1er. M de agosto, y los 2do. M de septiembre y octubre, en la concentración **media** vs. la **baja** hubo diferencias significativas en el 2do. M de diciembre y el 1er. M de octubre (Tabla 2).

Comparaciones entre los tratamientos de diferentes épocas de aspersión e igual concentración de *V. lecanii*.

Concentración baja. En la comparación de las concentraciones bajas, todas las diferencias se encontraron en el segundo período; antes de la época de menor precipitación vs. durante todo el año tuvo diferencias en el 2do. M de agosto, 2do. M de septiembre y los monitoreos de octubre. En las comparación entre el tratamiento asperjado antes de la época de menor precipitación vs. después de dicha época y la comparación de los tratamientos asperjados durante vs. después la época antes mencionada se encontró diferencia en el 1er. M de octubre. En la comparación del tratamiento asperjado durante la época de menor precipitación vs. durante todo el año hubo diferencia en el 2do. M de agosto, al igual que la comparación del tratamiento asperjado después vs. el asperjado durante todo el año. Los tratamientos asperjados antes de la época de menor precipitación vs. los de durante dicha época, no presentaron ninguna diferencia (Tabla 2).

Concentración media. Las comparaciones entre cafetos asperjados durante la época de menor precipitación vs. los de después de esta época tuvieron diferencia en el 2do. M de diciembre y el 2do. M de septiembre; los primeros con los asperjados durante todo el año, tuvieron una diferencia en el 2do. M de diciembre. En la comparación de los asperjados antes de la época de menor precipitación vs. los de durante esta época se presentaron diferencias en el 1er. M de marzo, 2do. M de agosto y 1er. M de septiembre; los asperjados antes de esta época vs. los de después de tuvieron diferencias en el 2do. M de diciembre, agosto, septiembre y el 1er. M de octubre y en los de antes vs. los asperjados todo el año hubo diferencias significativas en el 2do. M de diciembre, enero, agosto y 1er. M de marzo. En la comparación del tratamiento asperjado después de la época de menor precipitación vs. durante todo el año las diferencias se presentaron en el 2do. M de diciembre y el 2do. M de septiembre (Tabla 2).

Concentración alta. En las concentraciones altas los tratamientos asperjados durante la época de menor precipitación vs. los asperjados durante todo el año tuvieron diferencias significativas

en el 1er. M de febrero, 1er. M de marzo, 2do. M de junio, 2do. M de julio, 1er. y 2do. M de septiembre y 2do. M de octubre; los asperjados después de la época de menor precipitación vs. los de antes tuvieron diferencias en el 2do. M de enero, 2do. M de agosto y el 1er. M de septiembre. En la comparación con los asperjados antes vs. durante todo el año tuvieron diferencias en el 1er M de febrero, 2do. M de junio, 2do. M de julio, 1er. M de agosto, 2do. M de septiembre y de octubre; los asperjados durante la época de menor precipitación vs. los asperjados antes y después de dicha época tuvieron diferencia en enero y el 2do. M de agosto. En la comparación del tratamiento asperjado después vs. durante todo el año las diferencias se presentaron en el 2do. M de enero, 1er. M de febrero y de marzo, 2do. M de junio, julio, 1er. y 2do. M de agosto y 2do. M de septiembre y octubre (Tabla 2).

Comparaciones de otras combinaciones de tratamientos.

Tratamientos asperjados antes de la época de menor precipitación.

Concentración baja. La comparación de éste, con el tratamiento asperjado durante la época de menor precipitación en concentración media la incidencia de *V. lecanii* presentó diferencias significativas en el 2do. M de agosto y los monitoreos de septiembre y con el de la concentración alta las diferencias se presentaron en el 2do. M de agosto y el 2do. de septiembre. Al comparar con el de después en concentración media se encontraron diferencias en el 2do. M de diciembre, el 2do. M de agosto y el 2do. M de septiembre y con el de alta sólo una diferencia en el 1er. M de octubre (Tabla 2).

Concentración media. En este tratamiento al compararlo con el asperjado después de la época de menor precipitación en concentración alta se presentaron diferencias en la incidencia de *V. lecanii* en el 1er. M de marzo y el 1er. M de octubre, de igual manera con el de concentración baja y con el tratamiento asperjado durante dicha época en concentraciones baja y alta, una diferencia se presentó en el 1er. M de marzo (Tabla 2).

Concentración alta. En la comparación de éste tratamiento con el asperjado durante la época

de menor precipitación en concentración baja se encontraron diferencias en el 2do. M de agosto y el 1er. M de septiembre, con el tratamiento asperjado después de esta época en concentración baja hubo diferencias en el 2do. M de enero, 2do. M de agosto y 1er. M de septiembre y con el de concentración media se presentaron diferencias significativas en el 2do. M de diciembre y de septiembre (Tabla 2).

Comparaciones de tratamientos asperjados durante la época de menor precipitación.

Concentración baja. Este tratamiento en comparación con el asperjado después de la época de menor precipitación en concentración media presentó diferencias en el 2do. M de diciembre y el 1er. M de marzo (Tabla 2).

Concentración media. En la comparación de este tratamiento con el asperjado después de la época de menor precipitación, en la concentración baja las diferencias se presentaron en el 2do. M de junio y 1er M de septiembre y octubre y en con la concentración alta se presentaron diferencias en el 2do. M de agosto y los 1ros. M de septiembre y octubre (Tabla 2).

Concentración alta. Este tratamiento al compararlo con el asperjado después de la época de menor precipitación en concentración baja se encontraron diferencias en el 2do. M de enero, de agosto y el 1er. M de octubre y con la concentración media sólo se presentaron diferencias en el 2do. M de diciembre, el 1er. M de marzo y el 2do. M de septiembre (Tabla 2).

Comparaciones de tratamientos asperjados durante todo el año (dic 1987-nov 1988).

Concentración baja. En este tratamiento al compararlo con el asperjado antes de la época de menor precipitación en concentración media se encontró diferencia significativa en el 1er. M de marzo y octubre, con la concentración alta se presentó diferencia en el 1er. M de septiembre. Al compararlo con el asperjado después de dicha época en concentración media se encontraron diferencias en el 1er. M de diciembre, 1er. M de febrero y 2do. M de septiembre y con la concentración alta sólo diferencia en el 1er. M de marzo. En la comparación con los tratamientos asperjados durante la época de menor precipitación en concentración media se

encontró una diferencia en el 1er. M de septiembre y con la concentración alta la diferencia se presentó en el 1er. M de septiembre (Tabla 2).

Concentración media. Al comparar este tratamiento con el asperjado antes de la época de menor precipitación en concentración baja se encontraron diferencias en el 2do. M de diciembre, de enero, en el 2do. M de agosto, con la concentración alta se encontró diferencia en el 2do. M de diciembre. Con el asperjado después de esta época en concentración baja se encontraron diferencias en el 2do. M de enero y de junio, el 2do. M de agosto y el 1er. M de octubre. En la comparación con la concentración alta se encontraron diferencias en el 2do. M de diciembre y el 1er. M de octubre. Con los asperjados durante la época de menor precipitación, en concentración baja hubo diferencia en el 2do. M de diciembre y de agosto y con la concentración alta la diferencia se presentó en el 2do. M de diciembre (Tabla 2).

Concentración alta. Con el tratamiento asperjado antes de la época de menor precipitación en concentración baja hubo diferencias en el 2do. M de enero, el 1er. M de febrero, el 2do. M de junio y de julio, los monitoreos de agosto, el 2do. M de septiembre y el 2do. M de octubre; con la concentración media se encontraron diferencias en el 1er. M de febrero, 2do. M de julio, 1er. y 2do. de agosto, el 2do. M de septiembre y de octubre. Con los tratamientos asperjados durante dicha época en concentración baja también se encontraron muchas diferencias, presentándose en el 1er. M de febrero, 2do. M de junio y julio y los dos monitoreos de agosto y con la concentración media se presentaron diferencias en el 1er. M de febrero y el 2do. M de julio. Se encontraron diferencias con el asperjado después de la época de menor precipitación en concentración baja en el 2do. M de enero, el 1er. M de febrero y marzo, el 2do. M de junio y julio, los monitoreos de agosto, el 2do. M de septiembre y los de octubre y en la comparación con la concentración media se encontraron diferencias en el 2do. M de diciembre y julio, y el 1er. M de agosto (Tabla 2).

En el análisis estadístico del diseño factorial incompleto donde se trabajó con los tratamientos excluyendo el testigo, tomando en cuenta la interacción de los factores época de

aspersión y concentración utilizada, se encontró que hay diferencias significativas de la infección de la roya en el 2do. M de febrero y 2do. M de julio donde los tratamientos asperjados durante la época de menor precipitación en concentración media y alta tuvieron la mayor cantidad de hojas con roya. Para la tasa de parasitismo de *V. lecanii* las diferencias se obtuvieron en el monitoreo de enero, los de febrero y 2do. M de julio, donde el mejor porcentaje lo presentaron el tratamiento asperjado durante la época de menor precipitación en concentración alta y los asperjados durante todo el año en las concentraciones media y alta.

DISCUSIÓN

La roya del cafeto en todos los tratamientos y en el grupo testigo (Figs. 4-16), presentó su mayor esporulación en los meses menos húmedos (octubre-diciembre y enero-abril) y descendió en uno de los de mayor precipitación (junio), ya que en esta temporada sus esporas se encuentran germinando e incubando en las hojas (Becker, 1979, 1984).

Las diferencias que se obtuvieron con respecto a la **infección de la roya** (Tabla 1) en julio-agosto y octubre, coincidieron con la disminución de la precipitación en el período de lluvias (llamado comúnmente canícula) y el inicio de la época de menor precipitación. De entre los tratamientos los que tuvieron mayor esporulación fueron los asperjados antes y durante la época de menor precipitación en concentración media y alta, después de dicha época en concentración media y durante todo el año en concentración baja. La incidencia de la roya fue muy similar entre el testigo y el tratamiento asperjado durante la época de menor precipitación en concentración baja, los asperjados después de dicha época en concentraciones baja y alta, así como el tratamiento asperjado durante todo el año en concentración media por lo cual no se presentaron diferencias significativas.

La esporulación de la roya que se presenta en la canícula (julio-agosto) es la más perjudicial, ya que en estos meses se presentan las condiciones de humedad y de temperatura para el establecimiento de la epifitía (Becker, 1979). Particularmente, en septiembre se reinicia el período de lluvias y la disponibilidad de agua propicia la germinación de las uredosporas, las cuales germinan en menos de 12 horas (Nutman y Roberts, 1963). De esta manera, las nuevas esporas infectan y después de la incubación, el hongo esporula en el siguiente período de disminución de la precipitación, que comprende de los meses de octubre a diciembre y de enero a mayo.

Por su parte, *V. lecanii* presentó en todos los tratamientos, incluyendo el testigo, el mismo patrón fenológico, su incidencia fue mayor de enero a marzo, meses en los cuales la precipitación es baja y se presentó en menor cantidad de junio a septiembre, que corresponde

a la época de lluvias (Figs. 17-21). Dicha incidencia está íntimamente ligada a la de la roya del café.

La disminución gradual de la incidencia de *V. lecanii* coincide en todos los tratamientos con el incremento de la temperatura en el mes de abril y la disminución de la precipitación en abril-mayo (Fig. 2), ya que este hongo no crece bien a temperaturas altas (28° C) (Palacios *et al.*, 1991) y por esta razón no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en dichos meses (Tabla 2).

Las diferencias significativas encontradas desde el 2do. monitoreo de diciembre al 1er. M de marzo (excepto el 2do. M de febrero) y del 2do. M de junio al 2do. M de octubre (con excepción del 1er. M de julio) reflejan la mayor incidencia de *V. lecanii* de algunos tratamientos principalmente los tratamientos asperjados antes de la época de menor precipitación en las concentraciones media y alta y en los asperjados durante esta época y todo el año en concentraciones altas (Tabla 2).

En el testigo, la incidencia natural de *V. lecanii* no fue suficiente para evitar el incremento de la roya en su siguiente período de esporulación (Fig. 4).

Testigo vs. tratamientos.

Las diferencias significativas que se obtuvieron en la comparación entre el testigo y los tratamientos (Tabla 2) se presentaron principalmente en el segundo período (2do. M de junio a 2do. M de octubre, con excepción del 1er. M de julio) debido a que el patrón fenológico de *V. lecanii* enmascaró el efecto de las aspersiones, sin variaciones significativas. Sin embargo, la mayor incidencia de este hongo en el primer período se puede apreciar por las diferencias encontradas en el 1er. M de marzo con el tratamiento asperjado antes de la época de menor precipitación en concentración media y en el 2do. M de diciembre y 1er. M de febrero, con los

asperjados durante todo el año en concentraciones media y alta, respectivamente (Tabla 2).

La mayor incidencia de *Verticillium lecanii* obtenida en el primer período de diferencias con el tratamiento asperjado después de la época de menor precipitación en concentración media, se atribuye a la dispersión del inóculo proveniente de otros tratamientos. El porcentaje alcanzado en este es muy similar al porcentaje de los grupos asperjados antes y durante la época de menor precipitación. En cambio, las concentraciones baja y alta de dicho grupo (después), son similares al testigo (Tabla 2).

Las diferencias que se obtuvieron en el segundo período entre el testigo y los tratamientos asperjados antes y durante la época de menor precipitación en concentración alta y media, respectivamente, se presentaron debido a que en estos se mantuvo un buen porcentaje de *V. lecanii*, lo cual indica que hubo persistencia del inóculo en los cafetos tratados.

Las diferencias obtenidas entre el testigo y los tratamientos asperjados durante todo el año en concentración media y alta (Tabla 2) coinciden con el mes de la canícula (agosto) y con el inicio de la época de menor precipitación (octubre), condiciones favorables para la reproducción de *V. lecanii*.

Las similitudes encontradas entre el testigo y las concentraciones bajas de los tratamientos asperjados antes y durante la época de menor precipitación, indican el bajo nivel de efectividad que se obtiene con una sola aplicación y que aún cuando se realicen varias aspersiones como en los grupos asperjados durante la época de menor precipitación, la baja concentración de inóculo es equivalente a la que se presenta en condiciones naturales.

Las diferencias que se encontraron en el segundo período con los tratamientos asperjados después de la época de menor precipitación en concentración baja y media coinciden con el inicio de la nueva época de menor precipitación, ya que la incidencia de *V. lecanii* tuvo una tendencia a incrementarse en los monitoreos de octubre.

Comparaciones entre los tratamientos de cada época de aspersión.

En los tratamientos asperjados antes de la época de menor precipitación, la mayor incidencia de *V. lecanii* se presentó en la concentración alta (Tabla 2). Los monitoreos donde se presentaron las diferencias (enero y 2do. M de julio a 2do. M de septiembre) coinciden con el período de mayor esporulación de *V. lecanii* y con la época de lluvias, respectivamente.

En los tratamientos asperjados durante la época de menor precipitación, la concentración alta presentó la mayor incidencia de *V. lecanii* en febrero, con respecto a las concentraciones media y baja. En el segundo periodo la concentración media fue la que se mantuvo con mejor porcentaje de incidencia, en la época de lluvias, por lo cual se presentaron las diferencias (Tabla 2).

La incidencia de *V. lecanii*, fue similar en los tratamientos asperjados después de la época de menor precipitación en las concentraciones baja y alta por lo que no se encontraron diferencias significativas, en cambio con la concentración media se obtuvieron varias diferencias (Tabla 2), principalmente en diciembre y febrero, la cual es la época de mayor esporulación de *V. lecanii*.

Con respecto al grupo asperjado durante todo el año, las diferencias encontradas entre la concentración alta y la media coinciden con la época de menor precipitación, con la canícula y con el inicio de la siguiente época de menor precipitación.

Comparaciones entre los tratamientos de diferentes épocas de aspersión e igual concentración.

En las comparaciones entre los tratamientos de concentración baja se encontró menor número de diferencias que en los de concentración media y alta, además de presentarse dichas diferencias sólo en el segundo período, lo cual indica la poca efectividad de las aspersiones en

concentraciones bajas. En estos tratamientos las diferencias encontradas (Tabla 2) son consecuencia del número de aspersiones aplicadas; como se aprecia en la comparación entre el tratamiento asperjado durante todo el año y el asperjado antes de la época de menor precipitación, donde el primero presentó la mayor incidencia de *V. lecanii*.

El tratamiento asperjado después de la época de menor precipitación tuvo la mayor incidencia de *V. lecanii* que presentó en el primer monitoreo de octubre lo cual se aprecia al hacer la comparación con los tratamientos asperjados antes y durante dicha época (Tabla 2) y se debió, por un lado, a que todavía se estaba asperjando este grupo de cafetos y, por otro lado, a que se iniciaba la época de menor precipitación y bajaba ligeramente la temperatura (Fig. 2). De igual manera ocurrió al hacer la comparación de las concentraciones altas entre el tratamiento asperjado antes de la época de menor precipitación y el asperjado después de dicha época, este último fue mayor en septiembre-octubre.

La incidencia de *V. lecanii* en el tratamiento asperjado antes de la época de menor precipitación en concentración media fue mayor en el primer monitoreo de marzo que en el asperjado durante dicha época, sin embargo, en las diferencias marcadas en agosto y septiembre fue menor, ya que este último se asperjó cuatro veces, manteniéndose en promedio en el 7% de la hojas con roya.

A pesar de que las aspersiones de *V. lecanii* no fueron muy efectivas en la época de lluvias, su incidencia en esta época, fue mayor en los tratamientos asperjados durante todo el año y aquellos asperjados después de la época de menor precipitación, que los tratamientos asperjados antes y durante dicha época.

En las comparaciones entre las concentraciones altas, los tratamientos asperjados antes y después de la época de menor precipitación tuvieron menor incidencia que el asperjado durante dicha época. Entre el tratamiento asperjado durante dicha época y todo el año, la mayor incidencia se presentó en este último (Tabla 2), porque se asperjó 12 meses, lo que hizo posible su permanencia y reproducción.

Comparaciones de otras combinaciones de tratamientos

En las comparaciones de las combinaciones restantes se presentaron resultados similares a los mencionados anteriormente. Así encontramos que las diferencias que se presentaron entre los tratamientos asperjados antes y durante la época de menor precipitación se debieron al mayor número de aspersiones aplicadas al segundo grupo. La incidencia de *V. lecanii* en ambos grupos de tratamientos, principalmente con las concentraciones altas, fueron mayores que los asperjados después de dicha época desde el inicio del experimento, inclusive en la época de lluvias. Sin embargo, este último grupo (asperjado después) igualó el porcentaje de los grupos asperjados antes y durante en el nuevo período de menor precipitación.

De manera que la mayor incidencia de *V. lecanii* al principio del experimento se obtuvo en el grupo asperjado durante todo el año y los asperjados antes y durante la época de menor precipitación; posteriormente en la época de lluvias el mayor porcentaje se logró en el grupo asperjado durante todo el año.

Las diferencias encontradas entre el tratamiento asperjado antes de la época de menor precipitación en concentración media con los asperjados durante dicha época en concentración baja y alta se debieron a que los puntos de máxima incidencia ocurrieron en diferentes monitoreos. En las comparaciones del tratamiento asperjado antes de la época de menor precipitación en concentración alta con los tratamientos asperjados durante esta época en concentración baja y los asperjados después en concentraciones baja y media las diferencias se debieron a la mayor incidencia de *V. lecanii* en los tratamientos del grupo asperjado antes debido a que este grupo se asperjó con la concentración alta y las condiciones ambientales favorables para su desarrollo.

Las comparaciones de los tratamientos asperjados durante todo el año vs. los asperjados durante la época de menor precipitación al igual que las comparaciones entre el primer grupo (durante todo el año) y tratamientos asperjados antes de dicha época (Tabla 2) tuvieron una ó

dos diferencias después de las primeras aspersiones y en el transcurso del experimento hubo una tendencia a igualarse, ésto debido a que las aplicaciones en los tratamientos asperjados antes de la época de menor precipitación, durante dicha época y todo el año se realizaron en la época más favorable para el crecimiento de *V. lecanii*.

Como era de esperarse, las concentraciones bajas en comparación con las altas arrojaron el mayor número de diferencias significativas, más aún cuando se compararon los tratamientos del grupo asperjado después de la época de menor precipitación contra los grupos (antes y durante dicha época y durante todo el año) que fueron asperjados en los meses con las condiciones ambientales mas favorables para el desarrollo de *V. lecanii* (Tabla 2).

La mayor diferencia al hacer la comparación entre los tratamientos se encontró entre el asperjado durante todo año con la concentración alta y el asperjado después de la época de menor precipitación en concentración baja, como consecuencia de la concentración usada y la época de aspersión. Entre el tratamiento asperjado durante todo el año en concentración alta y el asperjado antes de la época de menor precipitación en concentración baja las diferencias se debieron al número de aspersiones y a la concentración utilizada.

CONCLUSIONES

1) El patrón fenológico de *V. lecanii* está estrechamente relacionado con el de la roya, presentándose su mayor esporulación en los meses con menor precipitación (octubre-marzo), disminuye en los meses cálidos y es inconspicuo en los meses de mayor precipitación, aunque se presenta en la canícula de la estación lluviosa, para luego incrementar nuevamente en la siguiente época de menor precipitación.

2) La temperatura y precipitación óptimas para el crecimiento de *V. lecanii* en la zona de estudio fue la de los meses de enero a marzo, los cuales tuvieron una temperatura mensual promedio de 13, 14 y 16 °C y 47, 55 y 70 mm de precipitación, respectivamente.

3) La incidencia de la roya y la de *V. lecanii* son influenciadas por la precipitación pluvial. En la primera, favorece la germinación de las uredosporas y, en el segundo, inhibe su crecimiento. Por lo tanto, las épocas de mejor crecimiento de *V. lecanii* son al principio de la época de menor precipitación, que en la zona de estudio comprende desde octubre hasta antes del mes más seco de la región (abril-mayo) y en la canícula (julio-agosto), debido a que la incidencia de *V. lecanii* es mayor cuando la roya se encuentra en su fase de esporulación.

4) Las aspersiones conidiales de *V. lecanii* en concentración baja (2×10^4 esporas/ml) tienen un efecto equivalente a su dispersión natural (10% anual), independientemente de la época de aspersión. Por otra parte, las aspersiones conidiales en la concentración alta (4×10^5 esporas/ml) fueron las más efectivas, alcanzando hasta un 25% de parasitismo anual hacia la roya en el tratamiento asperjado durante todo el año. Sin embargo, se considera económicamente más conveniente aplicarlo en la concentración alta (o incluso mayores) sólo en los meses en que se presentan las condiciones adecuadas para su desarrollo.

LITERATURA CITADA

- Aduayi, E.A., 1976. Composition of soil and coffee leaves on plantations under varying copper fungicide spraying regimes. *Trop. Agric.* 53: 63-68.
- Aduayi, E.A., 1977. Relationship between varying levels of copper and soil-pH on the growth and mineral composition of Arabica coffee plants. *Turrialba* 27: 7-16.
- Alarcón Mora, R., 1991. Aplicación de *Verticillium lecanii* como control biológico de la roya del café. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana, Xalapa, (Tesis de licenciatura). 15pp.
- Alarcón Mora, R., G. Carrión, F. Ruiz-Belin y V.H. Palacios, 1991. Aplicación de *Verticillium lecanii* como control biológico de la roya del café. *Memorias IV Congreso Nacional de Micología. Tlaxcala*. Pag. 80.
- Allen, D.J., 1982. *Verticillium lecanii* on the bean rust fungus, *Uromyces appendiculatus*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 79: 362-364.
- Amorin, H.V., M.L.M. Alvares, C.R. Lopes, A. Carvalho y L.C. Monaco, 1978. Análise de compostos fenólicos em folhas de cafeeiros resistentes e susceptíveis a *Hemileia vastatrix*. *Turrialba* 28: 57-60.
- Becker, S., 1979. *Estudio sobre la propagación de las uredosporas de Hemileia vastatrix Berk. & Br., agente causal de la roya, en Kenia*. Soc. Alem. Coop. Tec., Eschborn, Alemania. 70 pp.
- Becker, S., 1984. Epidemiology and spread of *Hemileia vastatrix*. In: Fulton R. H. (ed. comp.). *Coffee rust in the Americas*. American Phytopathological Society. San Pablo, Minn. E.U.A. 120 pp.
- Bock, K.R., 1962a. Dispersal of uredospores of *Hemileia vastatrix* under field conditions. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45: 63-74.
- Bock, K.R., 1962b. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya Colony. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45: 289-300.
- Bock, K.R., 1962c. Control of coffee leaf rust in Kenya Colony. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45: 301-313.
- Brady, B.H.K., 1979. *Verticillium lecanii*. *Descriptions of pathogenic fungi and bacteria*. No. 610, CMI, Kew.

- Buchenauer, H., 1982. Chemical and biological control of cereal rusts. *In: Scott, K.J. y A.K. Chakravorty (eds.), The rust fungi.* pp. 247-279. Academic Press, Nueva York.
- Burton, J.P. y G.A. Snow, 1983. Triadimefon controls fusiform rust in young slash pine out plantings. *Plant Disease* 67: 853-854.
- Cadena-Gómez, G. y P. Buriticá-Céspedes, 1980. Expresión de resistencia horizontal a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en *Coffea canephora* variedad *conilon*. *Cenicafé* 31: 3-27.
- Cadena-Gómez, G. y P. Buriticá-Céspedes, 1981. Determinación cuantitativa de resistencia a *Hemileia vastatrix* en plantas de *Coffea canephora* variedad *conilon*. *Cenicafé* 32: 15-34.
- Carrión, G. y F. Ruiz-Belin, 1988. Inoculación en el laboratorio de *Verticillium lecanii* sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*). *Rev. Mex. Mic.* 4: 317-321.
- Carrión, G., 1988. Estudios sobre el control biológico de la roya del cafeto mediante *Verticillium lecanii* en México. *Mic. Neotrop. Aplic. 1:* 79-86.
- Carrión, G., F. Ruiz-Belin y R. Alarcón, 1989. Nuevos datos sobre el parasitismo de *Verticillium lecanii* sobre la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en México. *Rev. Mex. Mic.* 5: 217-224.
- Carrión, G., F. Ruiz-Belin y R. Alarcón-Mora, 1990. Efecto del triadimefón y del oxiclورو de cobre en el crecimiento *in vitro* de *Verticillium lecanii*. *Rev. Mex. Mic.* 6: 85-90.
- Crowe, J.T., 1963. Possible insect vectors of the uredospores of *Hemileia vastatrix* in Kenya. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46: 24-26.
- Chinnappa, C.C. y M.S. Sreenivasan, 1969. Some observations on leaf rust and leaf fall in arabica coffee. *Indian Coffee* 33: 374- 379.
- Dixon, W.J. (ed.), 1988. *BMDP Statistical Software Manual*. Univ. California Press. Berkeley. E.U.A. 611 pp.
- Ferreira, J.F. y W.G. Nevill, 1989. Evaluation of bitertanol and triadimefon for the control of Gladiolus rust caused by *Uromyces transversalis*. *Plant Disease* 73: 987-990.
- Gams, K.W., 1971. *Cephalosporium-artige Schimmelpilze (Hyphomycetes)*. Gustav Fischer, Stuttgart.
- García Acha, I., J.A. Leal y J.R. Villanueva, 1965. Lysis of uredospore germ tubes of rusts by species of *Verticillium lecanii*. *Phytopathology* 55: 40-42.

- Gopalkrishnan, K.S., 1951. Notes on the morphology of the genus *Hemileia*. *Mycologia* 43: 271-283.
- Griffiths, E., 1972. "Negative" effects of fungicides in coffee. *Trop. Sci.* 14: 79-89.
- Hall, R.A., 1980. Laboratory infection of insects by *Verticillium lecanii* strains isolated from phytopathogenic fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 74: 445-446.
- Hocking, D., 1968. Effects of light on germination and infection of coffee rust (*Hemileia vastatrix*). *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 51: 89-93.
- INEGI, 1986. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 1982.
- INEGI, 1986. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 1983.
- INEGI, 1987. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 1984.
- INEGI, 1987. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 1985.
- INEGI, 1987. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 1986.
- INEGI, 1988. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 1987.
- INEGI, 1990. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 1988. Sistema de Nomenclatura del Consejo de Cooperación Aduanera (NCCA). Tomo I.
- INEGI, 1990. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos 1988. Sistema armonizado (SA). Tomo II.
- INMECAFE, 1988. Informes internos. Xalapa.
- Javed, Z., 1983. Effectiveness of reduced rates of cuprous oxide and cupric hydroxide in controlling coffee rust in Kenya. *Turrialba* 33: 351-360.
- Javed, Z.U.R., 1984. Leaf rust in America and what it means to American Programs. In: Fulton, R. H. (ed. comp.). *Coffee rust in the Americas*. American Phytopathological Society. St. Pablo. 120 pp.
- Javed, Z.U.R., 1989. Biología, epidemiología y combate de la roya del café. In: *PROMECAFE: diez años de labores 1978-1988*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Programa Cooperativo Regional para la Protección y Modernización de la Caficultura en México, Centroamérica y República Dominicana (PROMECAFE), San José.

- Jun, Y., P.D. Brigde y H.C. Evans, 1991. An integrated approach to the taxonomy of the genus *Verticillium*. *Jour. Gen. Microbiol.* 137: 1437-1444.
- Kushalappa, A.C., 1990. Development of forecasts: Timing fungicide applications to manage coffee rust carrot blight. *Can. Jour. Plant Pathology* 12: 92-99.
- Kushalappa, A.C. y A.B. Eskes, 1989. Advances in coffee rust research. *Annu. Rev. Phytopathol.* 27: 503-531.
- Kushalappa, A.C., T.A. Hernandez y H.G. Lemos, 1986. Evaluation of simple and complex coffee rust forecasts to time fungicide application. *Fitopatologia Brasileira* 11: 515-526.
- Leal, J.A. y J.R. Villanueva, 1962. Fungilytic activity of a species of *Verticillium*. *Science* 136: 715-716.
- Lumsden, R.D., 1981. Ecology of mycoparasitism. In: Wicklow, D.T. y G.C. Carroll [eds.]. *The fungal community: its organization and role in the ecosystem*. Marcel Dekker Inc., Nueva York. 855 pp.
- Mazzafera, P. y A.C.N. Magalhães, 1989. Resistência induzida no complexo *Coffea arabica* L. *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. fenóis e enzimas. *Turrialba* 39: 334-345.
- McCain, J.W. y J.F. Hennen, 1984. Development of the uredinial thallus and sorus in the orange coffee rust fungus, *Hemileia vastatrix*. *Phytopathology* 74: 714-721.
- McKenzie, E.H.C. y H.J. Hudson, 1976. Mycoflora of rust-infected and non-infected plant material during decay. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 66: 223-238.
- Mulinge, S.K. y E. Griffiths, 1974. Effects of fungicides on leaf rust, berry disease, foliation and yield of coffee. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 62: 495-507.
- Muthappa, B.N., 1980. Behaviour of *Hemileia vastatrix* during unfavourable weather. *Jour. Coffee Res.* 10: 31-35.
- Muthappa, B. N., 1981. Field efficacy of bayleton 25 ec for control of coffee leaf rust. *Jour. Coffee Res.* 11: 4-6.
- Nutman, F.J. y F.M. Roberts y K.R. Bock, 1960. Methods of uredospore dispersal of the coffee leaf-rust fungus, *Hemileia vastatrix*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 43: 509-515.
- Nutman, F.J. y F.M. Roberts, 1962. Stimulation of two pathogenic fungi by high dilutions of fungicides. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45: 449-456.

- Nutman, F.J. y F.M. Roberts, 1963. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46: 27-48.
- Ortiz-Solorio, C.A., 1987. *Elementos de agrometeorología cuantitativa, con aplicaciones en la República Mexicana*. Univ. Aut. de Chapingo, Chapingo. 327 pp.
- Palacios, V.H., G. Carrión y R. Alarcón-Mora, 1991. Caracterización de una cepa de *Verticillium lecanii* y producción de conidiosporas. *Memorias IV Congreso Nacional de Micología*. Tlaxcala, México. Pag. 162.
- Pedro Jr., M.J., 1983. Effects of meteorological factors on the development of coffee leaf rust. *EPPO Bull.* 13: 153-155.
- Rajasab, A.H. y C. Rajendran, 1983. Dispersal of *Hemileia vastatrix* uredospores and spread of coffee leaf rust. *Jour. Coffee Res.* 13: 120-124.
- Ramaiah, P.K. y D. Venkataramanan, 1985. Growth and development of coffee in south indian conditions - a review. *Jour. Coffee Res.* 15: 1-13.
- Ramírez Guerrero, E. y A. González Rosas, 1990. Manejo de sombra. In: Sáenz Colín, A. (ed. comp.). *El cultivo del café en México*. Instituto Mexicano del Café. Xalapa. 248 pp.
- Rivera Fernández, A., 1990. Variedades de café cultivadas en México. In: Sáenz Colín, A. (ed. comp.). *El cultivo del café en México*. Instituto Mexicano del Café. Xalapa. 248 pp.
- Rodríguez, C.J. 1984. Coffee rust races and resistance. In: Fulton, R.H. (ed. comp.). *Coffee rust in the Americas*. American Phytopathological Society. San Pablo. Minn. E.U.A. 120 pp.
- Samson, R.A., H.C. Evans y J.J.-P. Latgé, 1988. *Atlas of entomopathogenic fungi*. Springer-Verlag, Berlín. 187 pp.
- Santacreo, R., 1989. Evaluación del nivel de resistencia horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. en germoplasma de *Coffea arabica* L. y catimor. *Turrialba* 39: 377-386.
- Schieber, E. y G. A. Zentmyer, 1984. Distribution and spread of coffee rust in Latin America. In: Fulton R.H. (ed. comp.). *Coffee rust in the Americas*. American Phytopathological Society. San Pablo. Minn. E.U.A. 120 pp.
- Spencer, D.M., 1980. Parasitism of carnation rust (*Uromyces dianthii*) by *Verticillium lecanii*. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 74: 191-194.

- Spencer, D.M. y O.T. Atkey, 1981. Parasitic effects of *Verticillium lecanii* on two rust fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 77: 535-542.
- Stamets, P. y J.S. Chilton, 1983. *The mushroom cultivator. A practical guide to growing mushrooms at home.* Agarikon Press, Olimpia. 415 pp.
- Uma, N.U. y G.S. Taylor, 1987. Parasitism of leek rust urediniosporas by four fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 83: 335-340.
- Wellman, F.L., 1957. *Investigaciones presentes y pasadas en la herrumbre del café y su importancia en la América tropical.* Ed. Cafet. Amer., San Salvador. 66 pp.
- Zadoks, J.C. y R.D. Schein, 1979. *Epidemiology and plant disease management.* Oxford University Press, Oxford. 427 pp.