

Universidad Nacional Agraria

**Facultad de Agronomía
Escuela de Sanidad Vegetal
Departamento de Fitopatología**

TRABAJO DE DIPLOMA

**Epidemiología de la Roya del Café
(*Hemileia vastratix* B. & Br.)
*en las Zonas Norte y Pacífico de Nicaragua***

Diplomante : Oscar Vásquez Castillo

***Asesores : Dr. David Monterroso
Ing. Janet Gutiérrez G.***

Managua, Agosto de 1992

Universidad Nacional Agraria
Facultad de Agronomía
Escuela de Sanidad Vegetal
Departamento de Fitopatología

TRABAJO DE DIPLOMA

Epidemiología de la Roya del Café

(Hemileia Vastatrix B. & Br.)

en las zonas Norte y Pacífico de Nicaragua

Diplomante: *Oscar Vásquez Castillo*

Asesores: *Dr. David Monterroso I*
Ing. Janet Gutierrez G.

Managua, Agosto de 1992.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

AGRADECIMIENTO

Al Dr. David Monterroso S. por la asesoría y orientación en el presente trabajo.

A la Escuela de Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional Agraria por facilitar el uso de la sala de cómputo y laboratorios.

Al Lic. León Olivares por su ayuda en la corrección de los datos meteorológicos.

Al CATIE por la facilitación de su sala de cómputo.

A mis compañeros de EPICAFE: Marcos, Ramón, Guillermo y Eliza sin su ayuda no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Al Sr. Humberto Vallecillo por su valiosa ayuda en la elaboración del presente documento.

A todas las personas y entidades que colaboraron en la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCION	PÁGINA No.
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice de Contenido	iii
Lista de Cuadros	iv
Lista de Figuras	v
Resumen	vii
Introducción	1
Materiales y Métodos	11
Resultados y Discusión	21
Conclusiones	53
Bibliografía Consultada	55

LISTA DE CUADROS

Cuadro	PÁGINA No.
1. Nombre, región, municipio y altitud de las fincas seleccionadas.	11
2. Intervalos de confianza para las tasas de incremento de la incidencia y severidad de la roya.	31
3. Intervalos de confianza para las tasas de incremento de la incidencia entre estratos e incidencia acumulada por estratos de cada finca.	34
4. Condiciones ambientales de cada finca durante el período de su epidemia.	36
5. Coeficientes de correlación más altos entre las variables climáticas y la incidencia.	37

LISTA DE FIGURAS

Figura	PÁGINA No.
1. Curvas epidemiológicas de la incidencia de la roya del café en 4 fincas.(1990-91)	22
2. Curvas epidemiológicas de la severidad de la roya del café en 4 fincas.(1990-91)	23
3. Valores de incidencia al inicio de la epidemia y máximos alcanzados.	24
4. Incidencia acumulada total de las epidemias.	26
5. Severidad acumulada total de las epidemias.	26
6. Acumulados promedios semanales de la incidencia de la roya para cada finca.	27
7. Hojas por bandola promedio durante todo el período de muestreo.	29
8. Tasas de incremento semanal de incidencia y severidad para las epidemias.	29

9.	Tasas de incremento de la incidencia y sus acumulados en las fases logarítmicas de las epidemias.	30
10.	Intervalos de confianza para las tasas de incremento de la incidencia en cada finca.	31
11.	Intervalos de confianza para las tasas de incremento de la severidad en cada finca.	31
12.	Manejo agronómico de La Pintada y su relación con la temperatura y la precipitación.	42
13.	Manejo agronómico de El Asilo y su relación con la temperatura y la precipitación.	45
14.	Manejo agronómico de La Laguna y su relación con la temperatura y la precipitación.	47
15.	Manejo agronómico de La Fundadora y su relación con la temperatura y la precipitación.	50

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo estudiar el desarrollo de la roya del café bajo condiciones de campo a diferentes altitudes, determinar el efecto de los factores climáticos sobre su desarrollo y determinar los períodos críticos de sus epidemias. Para ello se eligieron 4 fincas de las zonas cafetaleras de Nicaragua: tres fincas en la VI región y una en la IV región.

Se realizaron lecturas semanales de incidencia y severidad de roya; se realizaron lecturas diarias de temperatura, humedad relativa y precipitación. Se elaboraron para la incidencia y severidad curvas acumulativas las cuales fueron transformadas a lógitos para construir las curvas linearizadas y de esta manera calcular las tasas de incremento de la enfermedad. Las epidemias se comenzaron a desarrollar a partir de los meses de agosto, septiembre y octubre alcanzando sus valores máximos en los meses de diciembre, enero y febrero respectivamente. La variable ambiental de mayor influencia sobre el desarrollo de la enfermedad fue la temperatura. La precipitación influyó aportando el agua líquida favorable para la germinación de las esporas. Las aplicaciones de fungicidas cúpricos aminoraron el desarrollo de la enfermedad, pero no lograron detener la epidemia principalmente cuando los valores de incidencia alcanzaron el 10%.

I. INTRODUCCION

La actividad productiva del cultivo del café (Coffea arabica L.) en Nicaragua, históricamente ha representado la actividad económica de mayor importancia para la economía del país, ya que las exportaciones del café constituyen la mayor fuente generadora de divisas líquidas, así como de empleo y salarios en el sector agropecuario, el que aporta el mayor porcentaje en la composición del producto interno bruto del país (CONCAFE, 1991b).

El volumen de las exportaciones de café al 30 de septiembre de 1991 ascendieron a 515.68 miles de quintales con un valor de 42,594.57 miles de dólares, lo que representa el 31.09 por ciento del valor total de las exportaciones de productos tradicionales (algodón, azúcar), realizada a la misma fecha lo que indica la importancia del rubro para la economía nacional (CONCAFE, 1991a).

Este cultivo es afectado por diversos patógenos que disminuyen los rendimientos y elevan los costos de producción al utilizar medidas de fitoprotección permanentes en el cultivo, así por ejemplo, del total de insumos utilizados los fungicidas constituyen de un 3 a un 78 por ciento según el nivel de tecnificación (SIMAN ,1991). Dentro de las enfermedades que atacan al café en Nicaragua, constituye gran importancia la

roya del café, esta enfermedad fue descubierta en Ceilán en 1869 y detectada por primera vez en Nicaragua en 1976, es una de las más graves en este cultivo y se estima que puede reducir hasta el 30 por ciento de la producción (OSEQUERA, 1991).

La producción del ciclo 90/91, presenta una drástica caída de 38.89 por ciento, en relación a la observada en el ciclo anterior. A nivel nacional las mayores variaciones del comportamiento de la producción se acentúa en la Zona del Pacífico (regiones II, III y IV) vinculados estos a índices altos de infestación de Roya en la zona, que conllevó a fuertes defoliaciones del cafeto y efectos climatológicos que incidieron en el momento más sensible de la producción (floración), los cuales originaron pérdidas de hasta 180,000.00 quintales oro (CONCAFE, 1991a).

La roya del café es causada por Hemileia vastatrix B. & Br., un hongo Basidiomiceto que pertenece a la familia de las puccináceas del orden uredinales. El micelio se encuentra completamente dentro del mesófilo y esta principalmente confinado a las áreas de las hojas donde los tejidos están descoloridos y cloróticos. Consiste de hifas hialinas en abundancia, de aspecto tortuoso y frecuentemente ramificadas en forma muy irregular (Rayner, 1972). Las características del

género Hemileia más notables para establecer su diferenciación son:

- el modo de esporulación estomática
- y la morfología de las uredosporas, que son reniformes, con una mitad verrugosa y una mitad lisa (Becker et al., 1991).

Los síntomas de Hemileia vastatrix que se presentan en las hojas del cafeto son, en general, fáciles de identificar: la roya anaranjada produce manchas redondas en el envés foliar, que al principio son muy pequeñas, de color amarillo claro y translúcidas. A los dos días normalmente aparecen las uredosporas, dando a la lesión un color más anaranjado e intenso. Las lesiones se hacen visibles también en el haz en forma de manchas aceitosas a los pocos días de su aparición en el envés foliar (Saccas, 1972; citado por Becker et al., 1991). Con el tiempo, las lesiones aumentan de tamaño, dejando en el centro un área necrótica donde la esporulación disminuye, produciendo esporas de color blanco y menos viables, llegando eventualmente a cesar (Nutman y Roberts, 1963; citados por Becker et al., 1991). En estados avanzados del ataque, la mayor parte del área afectada muere y solamente la zona cercana al margen de la lesión mantiene su actividad esporulativa. La expansión lateral de la lesión puede ser interrumpida por el nervio central o una vena lateral de la hoja, pero a veces estas barreras apenas retardan la

expansión. La apariencia exacta de una lesión puede variar dependiendo de la variedad del cafeto, y según su susceptibilidad. Tales variaciones pueden afectar el tamaño de las lesiones, la proporción del área que muere y el espesor de la capa de polvo formada por las esporas (Rayner, 1972).

Aun cuando solo haya unas pocas lesiones, la vida de la hoja a menudo se reduce considerablemente y puede caerse a temprana edad. Como consecuencia de esto y de la abscisión de hojas muy infectadas, un árbol atacado severamente puede perder gran parte de su follaje, lo que a su vez puede conducir a un "paloteo" de sus ramas. Los efectos de un ataque de H. vastatrix dependen, entre otras cosas: del clima reinante en ese momento, de la frecuencia con la cual se repiten los ataques, de la cosecha que produce el árbol y de la cantidad de sus reservas de carbohidratos. El primer ataque, en la mayoría de los casos parece ser el más fuerte, después los árboles aparentemente se recuperan, produciendo hojas sanas. Sin embargo, unos pocos meses más tarde, los cafetos pueden volver a ser atacados y el proceso se repetirá hasta que la planta quede exhausta y sin capacidad de producir (Morris, 1879; citado por Becker et al., 1991).

Bürk, 1889 (citado por Rayner, 1972) encontró que aún en una atmósfera saturada la germinación de la roya no tenía lugar

cuando no había agua líquida en contacto con las esporas. Rayner, 1972 hace cita en su trabajo de 1961 en el cual usando humedades de 95 y 98 % obtenidas mediante el uso de disoluciones saturadas de ciertas sales comprobó que las humedades relativas altas del aire son inadecuadas para estimular la germinación. Aún en una atmósfera saturada, nunca se observó germinación si no se condensaba agua líquida sobre la hoja.

La relación entre el número de lesiones formadas y temperatura en luz difusa fue similar a la encontrada para el efecto sobre la germinación, existió un óptimo a 22°C y no hubo tendencia bimodal (Nutman y Roberts, 1963; citados por Rayner, 1972).

En observaciones de plantas inoculadas y también en hojas con infección natural en el campo, Ward, 1881 (citado por Rayner, 1972) encontró que la esporulación podía continuar de 7 a 16 semanas, probablemente duraba más tiempo, especialmente si la duración de la vida de la hoja no se reducía al existir más de una lesión. El también observó que la producción de esporas podía continuar después de la caída de la hoja. Las lesiones resultantes de inoculaciones realizadas en la misma fecha no aparecieron simultáneamente; por eso se trazaron curvas para mostrar la relación entre la fecha de aparición y el número de lesiones que producían esporas en la misma fecha, expresado

como porcentaje del número total que finalmente se desarrollaba. De estas curvas se estimaron los intervalos de tiempo necesarios para obtener una esporulación del 5, 50 y 95 por ciento. Según la época del año, la diferencia entre los puntos del 5 y 50 por ciento varió de 1 a 9 días, y entre los puntos del 50 y 95 por ciento, de 1 a 32 días. El tiempo necesario para producir máxima actividad de esporulación, se estimó aproximadamente en 6 a 13 semanas y la esporulación terminó en su mayor parte entre las 7 y 18 semanas cuando la caída de hojas no intervino. El efecto de la época del año sobre el período de incubación de las lesiones varió de 25 a 45 días para que el 5 por ciento de lesiones produjera esporas, y de 27 a 45 días para el 50 por ciento. No existió evidencia de que ni el porcentaje de inoculaciones que tuvieron éxito, ni el largo del período de incubación fueran afectados por la edad de la hoja o el volumen cosecha de los árboles (Rayner, 1972).

Varios investigadores han comprobado que la duración del período de incubación tan importante epidemiológicamente, depende: de la naturaleza genética del cafeto, de la agresividad del patógeno, y de las condiciones microclimáticas (Mayne, 1930; Rayner, 1961; Bock, 1962; Montoya, 1974; Moraes de et al., 1975; Cadena, 1978; citados por Becker et al., 1991).

La velocidad del progreso de la enfermedad de la roya del

café en el campo depende:

- de las condiciones climáticas, o sea del microclima,
- y de la predisposición del hospedante y del patógeno.

Entre los factores climáticos que afectan el ciclo de vida de H. vastatrix figuran:

- **entre los mas importantes:**
 - la temperatura,
 - la humedad foliar.
- **y en menor grado:**
 - la radiación solar.

La temperatura actúa directamente sobre el proceso de germinación e infección del hongo (Nutman & Roberts, 1963; Montoya, 1974; citados por Becker et al., 1991) y una vez establecido, sobre el período de incubación y de latencia (Becker et al., 1991). Cambios leves en las temperaturas máximas y mínimas durante el período de incubación pueden alterar la tasa de multiplicación de esta enfermedad. El hecho de que existe una relación inversa entre la altitud y el clima se refleja también en el desarrollo de la roya, ya que su intensidad disminuye con la altitud a la cual se cultiva el café (Bock, 1962; Machado y Matiello, 1979; Waller, 1972;

citados por Becker et al., 1991). A parte de estas diferencias regionales, el cambio de temperatura durante el año parece no ser un factor tan determinante en la variación estacional de la enfermedad como es la precipitación. La lluvia o humedad foliar es el factor limitante en la germinación de las uredosporas, influye en su dispersión e, indirectamente, en otros factores ambientales (Souza, 1980; citado por Becker et al., 1991).

Cuando existe solo una estación lluviosa anual se obtiene un solo pico en la curva epidemiológica, generalmente 5 o 6 meses después del inicio de las precipitaciones (Chalfoun, 1980; citado por Becker et al., 1991). Las infecciones de roya pueden permanecer en el estado de dormancia durante épocas secas prolongadas hasta que vuelven a esporular con las primeras lluvias (Muthappa, 1980; citado por Becker et al., 1991), sobreviviendo así un período de latencia prolongado en condiciones ambientales desfavorables. Igualmente, la cantidad de inóculo se reduce hacia el final de la estación seca, debido, en parte a defoliaciones a causa de la roya y también debido a la esporulación reducida en la lesiones.

Chalfoun et al., 1973 (citado por Osequera, 1991) efectuaron observaciones de la interacción de la curva epidemiológica con el ritmo de la temperatura y la precipitación, en varios municipios cafetaleros en la zona sur del Estado de Minas Gerais, Brasil, y concluyeron de modo general que después de

períodos lluviosos el nivel de enfermedad se incrementa.

Como tercer factor climático, la radiación solar o luminosidad juegan un papel importante en el desarrollo epidemiológico de la roya de cafeto. Tiene un efecto negativo sobre la germinación de las uredosporas y el inicio de la infección (Nutman y Roberts, 1970; citado por Becker *et al.*, 1991), así como en la viabilidad de las esporas. Indirectamente influye en la duración del período de incubación a través de la temperatura ambiental (Moraes de *et al.*, 1975; Machado y Matiello, 1979; citados por Becker *et al.*, 1991).

El desarrollo de una enfermedad en poblaciones implica la diseminación del patógeno de un huésped a otro. La epidemiología es la ciencia de las enfermedades en poblaciones, así como el estudio del desarrollo y diseminación del patógeno y de los numerosos factores que afectan dicha diseminación (ACADEMY OF SCIENCE, 1980).

El conocimiento de la epidemiología de la roya del café o de cualquier otra enfermedad es de gran utilidad para la elaboración de estrategias de manejo adecuadas y eficientes.

La relación entre los factores de la epidemia:

- inóculo,
- hospedante,

- medio ambiente,
- y el hombre,

se deben estudiar no solo como parte esencial de la investigación epidemiológica , sino también como medio para medir la eficacia de la aplicación de los resultados al pronóstico de enfermedades. Por todo lo anteriormente planteado los objetivos de este trabajo son:

1. Estudiar el desarrollo de la roya del café bajo condiciones de campo y a diferentes altitudes en la cuarta y sexta región de Nicaragua.
2. Determinar el efecto de los factores climáticos sobre el desarrollo de la enfermedad.
3. Estimar períodos críticos de las epidemias.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

1. SELECCIÓN DE LAS FINCAS Y ORGANIZACIÓN DEL AREA DE MUESTREO.

Se seleccionaron 4 fincas, en las siguientes ubicaciones:

Cuadro 1. Nombre, región, municipio y altitud de las fincas seleccionadas

FINCA	REGIÓN	MUNICIPIO	ALTITUD msnm
ASILO	IV	SAN MARCOS	650
LAGUNA	VI	MATAGALPA	850
PINTADA		MATAGALPA	1050
FUNDADORA		JINOTEGA	1200

1.1 Caracterización general de las fincas.

a) Finca El Asilo

Región: IV
Lote: Arabia
Altitud: 650 msnm
Nivel tecnológico: Tecnificado *
Area: 2.8 ha.
Variedad: Caturra rojo, Catuaí amarillo
Edad: 4 años
Distancia de siembra: 0.84 X 2.5 mts.

Densidad: 4762 plantas/ha
Pendiente: 45%
Sombra: 30% (chilamate, madero negro)

* Según definición del Banco Nacional de Desarrollo para conceder préstamos a los productores (Simán, 1991).

b) Finca La Laguna

Región: VI
Lote: El Puente
Altitud: 850 msnm
Nivel tecnológico: Semi-tecnificado
Area: 4.9 ha.
Variedad: Caturra rojo
Edad: 14 años (recepo a 6 años)
Distancia de siembra: 1.68 X 1.26 mts.
Densidad: 4724 plantas/ha.
Pendiente: 30%
Sombra: 30% (higuerilla, helequeme, guaba)

c) Finca La Pintada

Región: IV
Lote: El Recuerdo
Altitud: 1050 msnm
Nivel tecnológico: Semi-tecnificado
Area: 2.28 ha.
Variedad: Catuaí rojo

Edad:	10 años
Distancia de siembra:	2.4 X 0.75 mt
Densidad:	4444 plantas/HA
Pendiente:	20%
Sombra:	55 %

d) Finca La Fundadora

Región:	VI
Lote:	El Fonseca
Altitud:	1200 msnm
Nivel tecnológico:	Tecnificado
Area:	2.8 ha.
Variedad:	Catuaí rojo y amarillo
Edad:	8 años
Distancia de siembra:	2.58 X 1.9 mts.
Densidad:	4444 plantas/ha
Pendiente:	20%
Sombra:	10 %

En cada finca se realizó un muestreo dirigido, para lo cual se escogió un lote al azar, en cada lote se estableció un área de muestreo consistente de 50 surcos de 50 metros cada uno. En esta área se seleccionaron al azar 5 surcos, y en cada surco un conglomerado de 5 plantas, en este conglomerado la primera planta fue elegida al azar. Esto nos dio un total de 25

plantas en toda el área de muestreo (Mendoza, R., 1992; comunicación personal)*.

En cada planta se seleccionaron al azar 6 bandolas, estas constituyeron nuestras unidades de muestreo. En cada unidad se seleccionaron las bandolas así:

- 2 bandolas en el estrato superior,
- 2 en el estrato medio
- y 2 en el estrato inferior del árbol.

Las bandolas que se seleccionaron estaban colocadas en dirección opuesta en cada estrato:

- Las bandolas 1, 3 y 5 estaban orientadas hacia el norte
- y las bandolas 2, 4 y 6, hacia el sur.

2. SELECCIÓN DE LAS VARIABLES Y RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

Del 10 de mayo de 1991 al 6 de febrero de 1992 se realizaron recuentos semanales, tomando datos de las siguientes variables:

- Número de hojas/bandola.
- Número de nudos/bandola.
- Número de nudos con frutos/bandola.
- Severidad (%).

- Incidencia (%).
- Temperatura
- Humedad relativa
- Precipitación

La severidad se midió visualmente estimando el área de tejido enfermo del total de tejido foliar de la bandola. La incidencia, contando el número de hojas enfermas expresadas como porcentaje del total de hojas de la bandola.

Cercana al área de muestreo se estableció una estación meteorológica compuesta por un higrómetro y un pluviómetro. De las estaciones meteorológicas de Jinotega (VI región) y de Campos Azules (IV región) se obtuvieron datos climatológicos que ayudaron a corregir y corroborar los datos que obtuvimos de nuestras propias estaciones.

Sistemáticamente se recabó información acerca del nivel tecnológico de la finca, variedades, porcentaje de sombra, topografía del terreno, productos químicos utilizados (dosis y frecuencia de aplicación).

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

3.1 Descripción global de las epidemias mediante el análisis de frecuencias simples y acumuladas.

Del conjunto de datos recolectados durante el período de observación se seleccionaron parámetros tales como:

- Duración de la epidemia,
- Enfermedad acumulada total,
- Acumulado promedio semanal,
- Valor máximo alcanzado por la epidemia,
- Duración entre el inicio de la epidemia y el valor máximo alcanzado,
- Proporción entre valor máximo alcanzado y cantidad de enfermedad al inicio de la epidemia,

todas ellas, que podían servir para realizar mayores comparaciones entre las epidemias y establecer de esta manera diferencias y similitudes entre ellas e inferir algunas generalizaciones.

Después, explicamos dichas diferencias y similitudes, relacionando las curvas simples y acumuladas con las características agroecológicas del sitio de muestreo, el manejo agronómico aplicado al mismo, el comportamiento del cafeto y las variables climáticas propias de la altura.

3.2 Cálculo de las tasas de incremento semanales de incidencia y severidad.

Se midieron las variables de incidencia y severidad semanalmente, a partir del momento del inicio de el experimento (10/mayo/91), aunque para el análisis de la epidemia solo se utilizaron los valores de la enfermedad del período que se consideró realmente como desarrollo de la epidemia en cada finca.

Con estos datos se elaboraron para cada variable curvas acumulativas. Estas curvas acumulativas fueron transformadas a lógitos para construir las curvas linearizadas y de esta manera calcular las tasas de incremento de la enfermedad como una pendiente de la curva linearizada.

Los valores acumulados fueron transformados por la siguiente relación $\text{Ln} (x / 1-x)$, donde x es la proporción de tejido enfermo y $1-x$ la proporción de tejido sano susceptible a la infección. El cálculo de la tasa de infección se hizo por medio de la siguiente ecuación de Van Der Plank (1963):

$$r = (1 / t_2 - t_1) * (\text{Ln } x_2 / 1-x_2 - \text{Ln } x_1 / 1-x_1)$$

donde:

- r = Tasa de incremento de la enfermedad
 $t_2 - t_1$ = Diferencia de tiempo entre dos fechas de muestreo
 x_1 = Proporción de enfermedad en un tiempo t_1
 x_2 = Proporción de enfermedad en un tiempo t_2

Esto no es más que el cálculo de la pendiente o tangente del ángulo de inclinación de la curva linearizada obtenida de la transformación logit realizada a la curva acumulativa.

Se hicieron estimaciones por intervalos de las r con un nivel de confianza del 95% para establecer comparaciones estadísticas entre dichas r . Se consideraron iguales aquellas r cuyos intervalos se traslaparon. Este procedimiento se realizó tanto para la comparación de las tasas de incremento entre fincas como para la comparación de las r entre los estratos de un misma finca.

3.3 Determinación de los factores climáticos que favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Se tomaron las siguientes variables:

- Temperatura media semanal
- Temperatura mínima semanal
- Temperatura máxima semanal
- Humedad relativa media semanal
- Humedad relativa mínima semanal

- Humedad relativa máxima semanal
- Precipitación acumulada semanal
- Numero de esporas/trampa semanal
- Incidencia acumulada
- Severidad acumulada

Se tomaron como variables independientes las variables climáticas, y como variables dependientes la incidencia o la severidad acumuladas.

Con estas variables y utilizando el programa estadístico SYSTAT se calculó una matriz de correlación de PEARSON con la opción PROB lo que nos mostró los coeficientes de correlación y la probabilidad asociada a cada correlación entre las variables independientes a partir de 6,5,4,3,2,1, y 0 semanas antes del valor de la variable dependiente de nuestro interés.

Los valores de correlación más altos y significativos estadísticamente son los considerados de mayor influencia en el comportamiento de la enfermedad y presuponen la formulación de una regresión múltiple que pueda explicar la influencia de estas variables sobre el desarrollo de la enfermedad.

Aunque es de poco valor práctico la elaboración de ecuaciones de regresión múltiple que pudieran tomarse en cuenta para

cuantificar la influencia de las variables independientes sobre la enfermedad, creemos importante conocer los coeficientes de correlación de las regresiones múltiples más que los valores de los coeficientes de regresión de las variables y de sus interceptos, pues los primeros nos dan una idea de cuáles son las variables relacionadas y el grado de asociación que existe entre estas.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 4 fincas estudiadas 3 de ellas presentaron una auténtica epidemia de Hemileia vastatrix en el presente ciclo 90-91. Estas fincas son:

- El Asilo (IV región),
- La Laguna (VI región),
- y La Pintada (VI región).

Por el contrario la finca La Fundadora (VI región) no presentó una verdadera epidemia.

Cuando se inició el muestreo de la enfermedad (mayo 10), en todas las fincas existía la presencia de la enfermedad, excepto en la finca La Fundadora. En esta finca los valores de incidencia de la enfermedad registrados semanalmente no sobrepasaron 3.6% y oscilaron alrededor de 0.7% en todo el período de muestreo (mayo 10 a febrero 6). Los valores de enfermedad en las demás fincas antes de su período epidemiológico no sobrepasaron 2%, excepto La Pintada que -- presentó en las primeras semanas de muestreo valores de hasta 7%, lo que demuestra el potencial de inóculo que guardó esta finca durante el verano.

1. DESCRIPCIÓN DE LAS CURVAS EPIDEMIOLÓGICAS.

1.1 Comparación de epidemias.

En la finca La Pintada la epidemia se consideró a partir de agosto 15 hasta febrero 6 (última fecha de muestreo) lo que

constituyó un período de 25 semanas. La presencia de la roya fue constante durante el último verano con cantidades de enfermedad superior al valor con el cual comenzamos el análisis de esta epidemia. La epidemia en El Asilo se consideró a partir de septiembre 26 hasta febrero 6 (última fecha de muestreo) lo que constituyó un período de 20 semanas. Finalmente la epidemia en la finca La Laguna se consideró a partir de octubre 10 hasta febrero 6 (última fecha de muestreo) lo que constituyó un período de 18 semanas. (ver figuras 1 y 2).

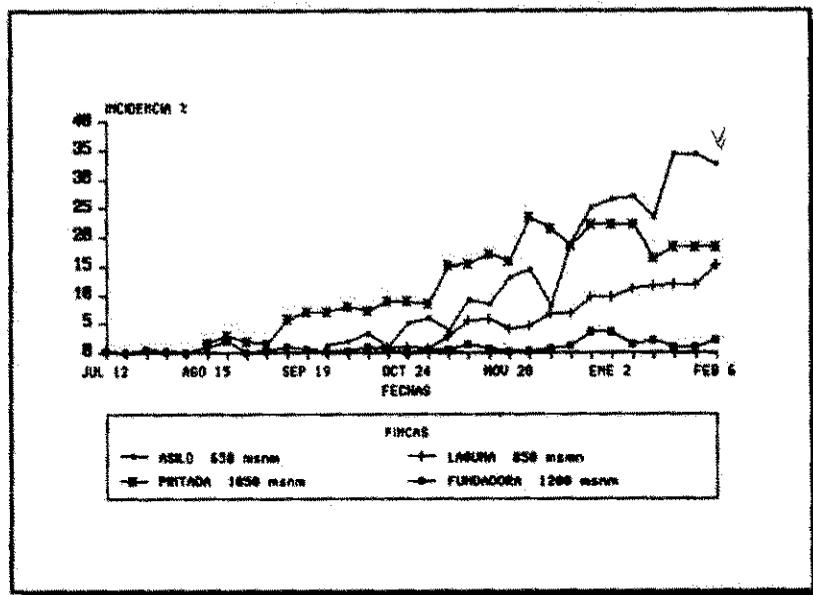


Figura 1. Curvas epidemiológicas de la incidencia de la roya del café en 4 fincas. (1990-91)

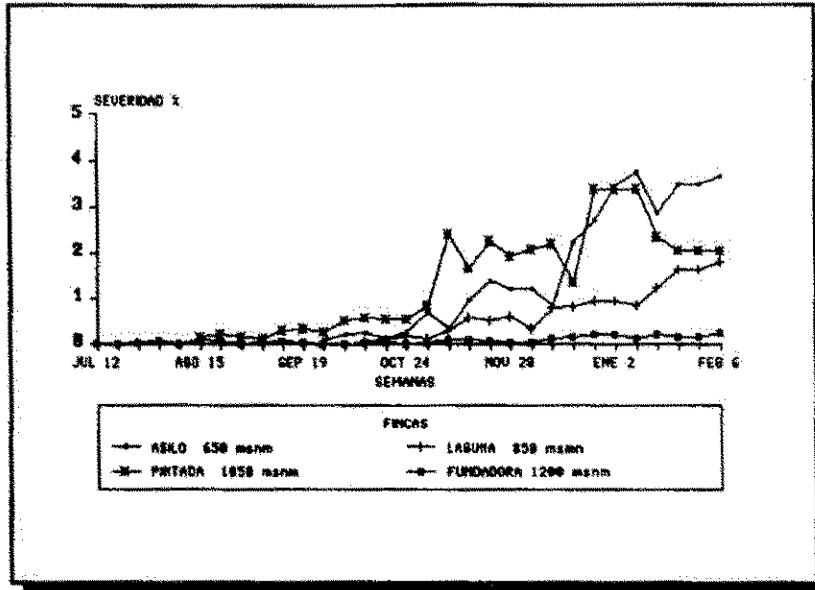


Figura 2. Curvas epidemiológicas de la Severidad de la Roya del café en 4 fincas. (1990-91)

La Pintada inició la epidemia con un porcentaje de incidencia de 1.7% (agosto 15), alcanzando un valor máximo de 23.4% 16 semanas después (diciembre 5), esto significa un incremento proporcional de aproximadamente 14 veces para el valor de enfermedad registrado semanalmente. En este período la enfermedad acumuló un total de 156.2%. El Asilo inició la epidemia 6 semanas después de La Pintada con un porcentaje de 1.1% (sept 26), alcanzando un valor máximo de enfermedad de 34.3%, 18 semanas después del inicio de la epidemia (enero 23), el incremento proporcional en esta etapa fue de 31 veces y el acumulado de 231%. La epidemia en La Laguna inició en octubre 10, 2 semanas después de la epidemia en El Asilo con un porcentaje de incidencia de 0.6%. Esta epidemia alcanzó su valor máximo (15.3%) en febrero 6, 17 semanas después del

inicio de la epidemia. En este período el incremento proporcional de la incidencia fue de aproximadamente 24 veces y acumuló un total de 120.8%.(ver figura 3).

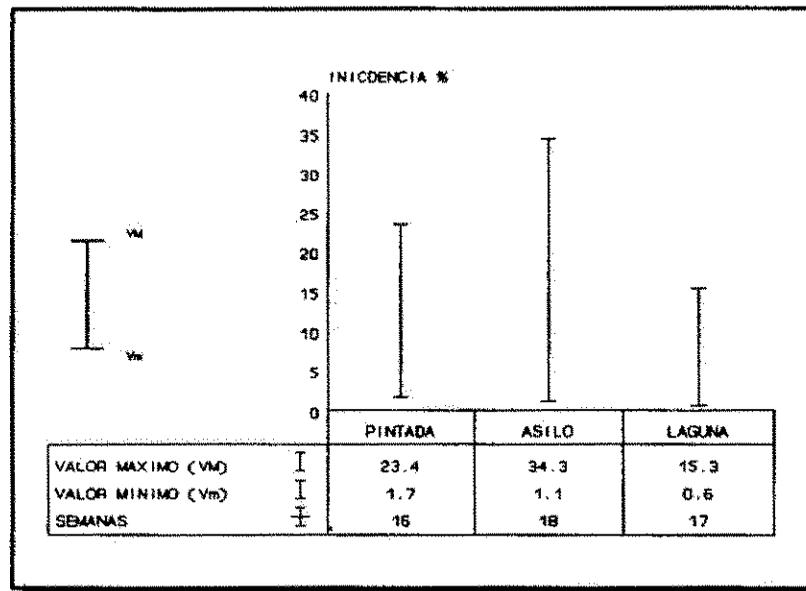


Figura 3. Valores de incidencia al inicio de la epidemia y máximos alcanzados.

Los porcentajes de severidad iniciales fueron:

- La Pintada 0.1%,
- El Asilo 0.1%,
- y La Laguna 0.05%.

El valor máximo de severidad en La Pintada fue de 3.4 % (diciembre 26), 19 semanas después del inicio de la epidemia, en este período, la cantidad de enfermedad presente en el campo semanalmente aumentó proporcionalmente 34 veces su valor y acumuló un total de 21.8 %. El valor máximo de severidad en El Asilo fue de 3.8 % (enero 9) 15 semanas después del inicio

de la epidemia, en este período, la cantidad presente en el campo semanalmente aumentó proporcionalmente 19 veces su valor y acumuló un total de 19.7 %. El valor máximo de severidad en La Laguna fue de 1.8 % (febrero 6) 17 semanas después del inicio de la epidemia, en este período, la cantidad de enfermedad presente en el campo semanalmente aumentó proporcionalmente 36 veces su valor y acumuló un total de 13.3 %.

Los acumulados totales para la incidencia durante el período de cada epidemia fueron:

- en La Pintada un acumulado total de 334.6%,
- en El Asilo 297.9%
- y en La Laguna 120.77%.

Los acumulados totales para la severidad fueron:

- para La Pintada 37%,
- para El Asilo 33.2%,
- y para La Laguna 13.3%.

La duración de la epidemia para cada finca fue:

- 25 semanas la Pintada,
- 20 semanas El Asilo,
- y 18 semanas La Laguna.(ver figuras 4 y 5).

El hecho de que La Pintada presentó la epidemia de mayor duración se refleja en la cantidad de enfermedad acumulada.

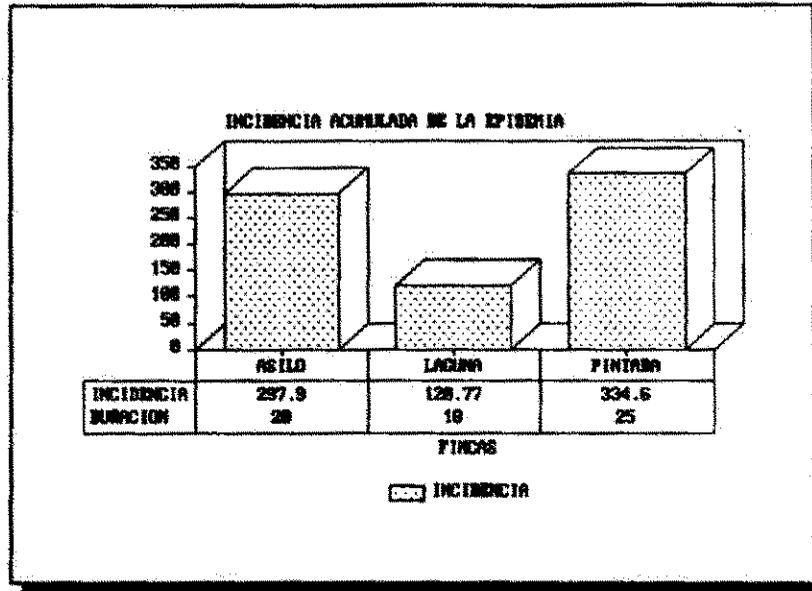


Figura 4. Incidencia acumulada total de las epidemias.

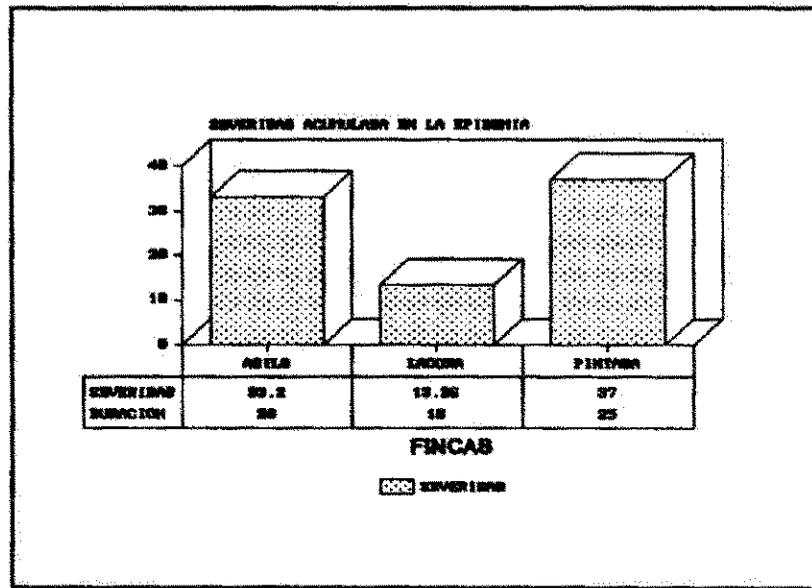


Figura 5. Severidad acumulada total de las epidemias.

La cantidad promedio de incidencia de la enfermedad acumulada semanalmente durante todo el período fue:

- en La Pintada fue de 13.4 %,

- El Asilo 14.9%,
- y La Laguna 6.7%. (ver figura 6)

La cantidad promedio de severidad de la enfermedad acumulada semanalmente en La Pintada fue de 1.5 % El Asilo 0.7%, y La laguna 0.7%.

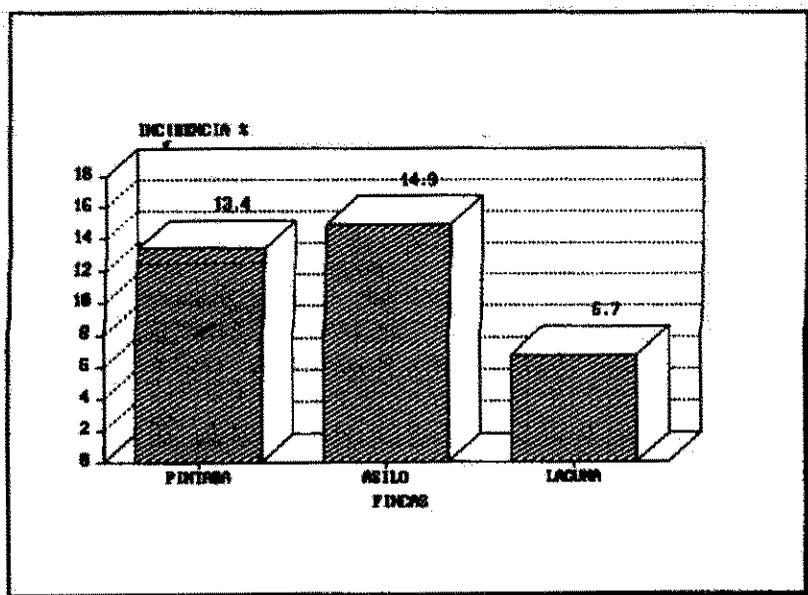


Figura 6. Acumulados promedios semanales de la incidencia de la roya para cada finca.

Este parámetro refleja la cantidad de enfermedad que se mantuvo presente en el campo durante la epidemia, por ejemplo, en todas las fincas se registraron valores superiores a 10 % de incidencia durante las últimas semanas de muestreo.

La Pintada mantuvo valores ascendentes entre 15 y 23 por ciento las últimas 14 semanas (nov 7 a feb 6);

El Asilo entre 13 y 34 por ciento las últimas 11 semanas

y La Laguna entre 11 y 15 por ciento las últimas 5 semanas. Tanto El Asilo como La Laguna no presentaban en la última fecha de muestreo (febrero 6) una clara tendencia a disminuir aún el progreso de su curva, por lo que se puede estimar que cuando los promedios de enfermedad rebasan el 10 % durante los últimos meses de año sin haber tenido ningún tipo de control es muy difícil detener el avance de la enfermedad en los meses posteriores.

En los promedios de hojas por bandola, aunque cada año de manera natural existe una defoliación como parte de la fisiología del cafeto para mantener su cosecha, y en el caso de nuestras fincas no hubo una defoliación alarmante. Se puede observar (figura 7), que es a partir de los finales de agosto y principios de septiembre que se inicia el período de defoliación en todas las fincas evaluadas, coincidiendo con el inicio de las epidemias. La cantidad de hojas por bandolas en los períodos para cada epidemia se redujeron en 50 % aproximadamente.

Así:

- El Asilo comenzó con 11 hojas por bandola y terminó con 5.4,
- La Pintada de 8.2 a 4.4
- y La Laguna de 5.9 a 2.7 hojas por bandola.

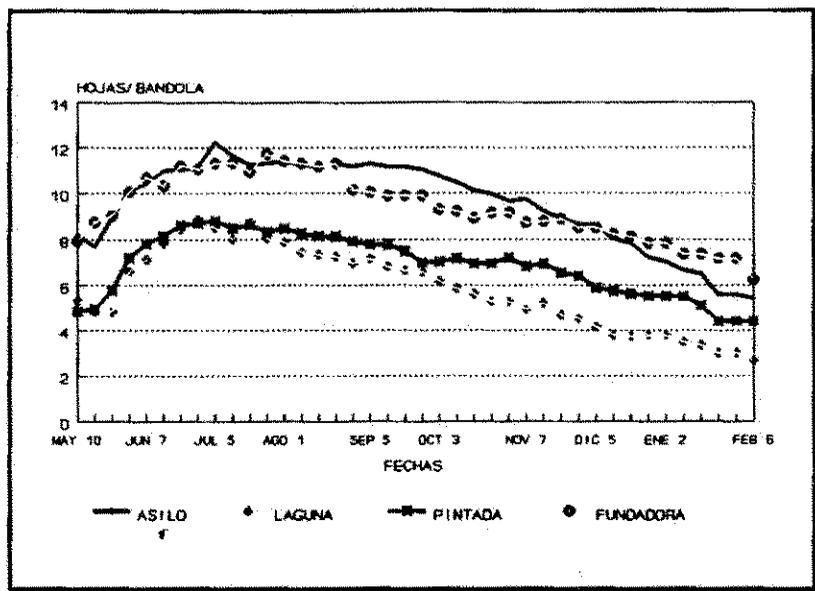


Figura 7. Hojas por bandola promedio durante todo el periodo de muestreo.

2. Tasas de incremento e intervalos de confianza.

La incidencia en la finca La Pintada registró una tasa de incremento semanal para la epidemia de 0.286, El Asilo 0.359, y La Laguna 0.398. En el caso de la severidad, la finca la Pintada presentó una tasa de incremento semanal de 0.229, El Asilo 0.299, y 0.299 también en La Laguna. (ver figura 8).

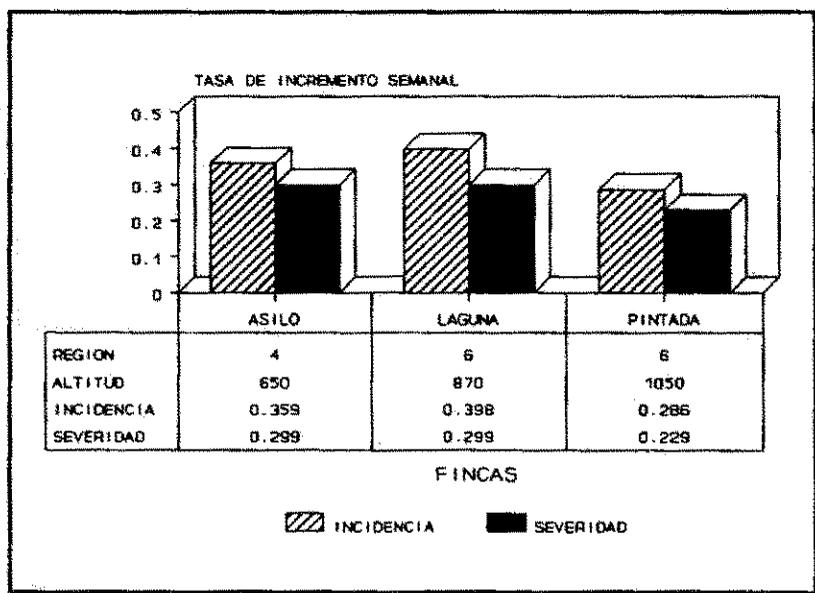


Figura 8. Tasas de incremento semanal de incidencia y severidad para las epidemias.

Cuando analizamos las fases logarítmicas de cada epidemia encontramos que para la incidencia la fase logarítmica de la epidemia en La Pintada la cuál duró 13 semanas (sept 5- dic 5) registró una tasa de incremento semanal de 0.470 y acumuló un total de 148.4 %. la fase logarítmica en El Asilo la cuál duró 14 semanas (oct 17 - ene 23) registró una tasa de incremento semanal de 0.411 y acumuló un total de 224.8 %. la fase logarítmica en La Laguna la cuál duró 14 semanas (oct 31-feb 6) registró una tasa de incremento semanal de 0.431 y acumuló un total de 118.2 %.(ver figura 9).

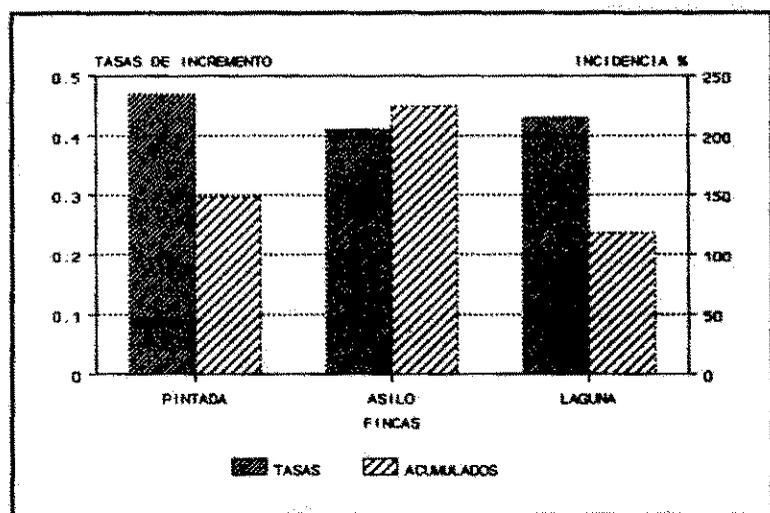


figura 9. Tasas de incremento de la incidencia y sus acumulados, en las fases logarítmicas de las epidemias.

Se calcularon los intervalos de confianza para cada tasa de incremento durante toda la epidemia, considerándose estadísticamente iguales los intervalos de las tasas que se traslaparon.(ver cuadro 2 y figuras 10 y 11).

Cuadro 2. Intervalos de confianza para las tasas de incremento de la incidencia y severidad de la roya.

FINCAS	INTERVALO INCIDENCIA			INTERVALO SEVERIDAD		
	LIM INF	r	LIM SUP	LIM INF	r	LIM SUP
ASILO	0.334	0.359*	0.384	0.270	0.299*	0.328
LAGUNA	0.369	0.398*	0.427	0.250	0.299*	0.348
PINTADA	0.265	0.282	0.298	0.210	0.226	0.243

* no difieren estadísticamente

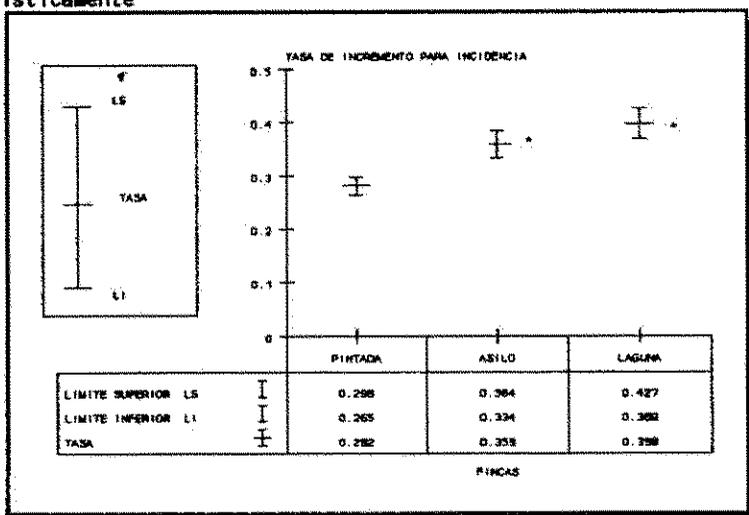


Figura 10. Intervalos de confianza para las tasas de incremento de la incidencia en cada finca.

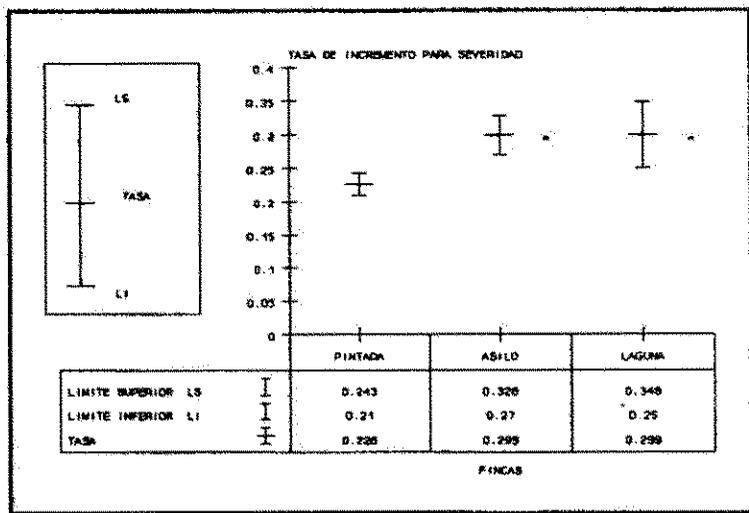


Figura 11. Intervalos de confianza para las tasas de incremento de la severidad en cada finca

Las tasas de incremento tanto para la incidencia como para la severidad de La Laguna y El Asilo se consideran, estadísticamente iguales.

- La tasa de La Laguna sin embargo, es la mayor de todas y demuestra una mayor estabilidad del crecimiento de la enfermedad pues tiene poca discontinuidad en su desarrollo aunque no necesariamente registró los más altos valores de enfermedad.
- Por su parte El Asilo registró los más altos valores y su curva demuestra una alta pendiente, sin embargo también demuestra cierta discontinuidad que aunque no es profundamente marcada es muy superior a La Laguna.
- La Pintada por su parte, diferente estadísticamente a las dos anteriores muestra en su desarrollo varias etapas de crecimiento prolongado lo que hace que aunque pueda alcanzar valores altos de enfermedad necesitó más tiempo para su desarrollo y por lo tanto su velocidad de incremento fue menor en todo el período. Sin embargo, la tasa de incremento durante su fase logarítmica fue más estable y mayor que la de las otras dos fincas que a su vez fueron un poco similares entre si, con la diferencia que El Asilo la realizó con cantidades mayores de enfermedad como lo demuestra la cantidad de enfermedad acumulada en este período por esta finca.

Para las tasas de incremento por estratos en cada finca no se encontró diferencia estadística entre los estratos altos medios y bajos, pues todos los intervalos de confianza dentro de cada finca se traslaparon. Tampoco se observó ninguna tendencia hacia ningún estrato pues en cada finca los resultados fueron diferentes. Sin embargo las cantidades de enfermedad acumulada por cada estrato demuestra que las máximas cantidades de enfermedad fueron acumuladas en el estrato bajo con respecto al medio y superior. En La Pintada $507\% > 285\% > 257\%$, El Asilo $388\% > 343\% > 192\%$, y en La Laguna $161\% > 142\% > 53\%$ (ver cuadro 3). Esto fundamenta que el criterio de decisión puede ser tomado cuando el 10% de incidencia se presente en el estrato bajo.

Cuadro 3. Intervalos de confianza para las tasas de incremento de la incidencia entre estratos e incidencia acumulada por estratos de cada finca.

FINCAS	INTERVALO INCIDENCIA			ACUMULADO
	LIM INF	r	LIM SUP	
PINTADA EA	0.267	0.286	0.305	257.9
PINTADA EM	0.252	0.271	0.290	285.2
PINTADA EB	0.263	0.284	0.305	507.2
ASILO EA	0.352	0.376	0.400	192.6
ASILO EM	0.335	0.358	0.381	343.4
ASILO EB	0.319	0.354	0.389	388.7
LAGUNA EA	0.299	0.345	0.391	53.9
LAGUNA EM	0.357	0.381	0.405	142.8
LAGUNA EB	0.391	0.422	0.453	161.6

EA= Estrato alto; EM= Estrato medio; EB= Estrato bajo

2. FACTORES CLIMATICOS QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD.

2.1 Condiciones climáticas durante la duración de las epidemias.

Las variables climáticas medidas semanalmente fueron:

- Temperatura media
- Temperatura mínima media
- Temperatura máxima media
- Humedad relativa media
- Humedad relativa mínima media
- Humedad relativa máxima media
- precipitación

Las fincas evaluadas presentaron los siguientes valores en sus variables ambientales durante el período que duró su epidemia (ver cuadro 4):

Cuadro 4. Condiciones ambientales de cada finca durante el período de su epidemia. * (Con excepción de la precipitación que es de todo el período de muestreo).

VARIABLE CLIMATICA	PINTADA	ASILO	FUNDADORA	LAGUNA
PERÍODO DE/A	AGO 15/ FEB 6	SEPT 26/ FEB 6	MAYO 10/ FEB 6	OCT 10/ FEB 6
T° MEDIA °C	21.9	23.2	20.0	22.8
T° MÍNIMA °C	19.2	20.4	17.6	19.2
T° MÁXIMA °C	25.7	26.9	23.3	26.7
HR MEDIA %	80.0	83.1	81.9	78.4
HR MÍNIMA%	64.3	59.7	67.2	62.9
HR MÁXIMA %	91.8	96.8	92.7	89.8
PRECIPITACIÓN mm *	923.6	1172.5	1089.4	1113.8

2.2 Comparación de los coeficientes de correlación simples.

Después de calcular en el programa SYSTAT la matriz de correlación de PEARSON con la opción PROB se seleccionaron las variables de condiciones ambientales (variables independientes) que resultaran con un mayor coeficiente de correlación y con una probabilidad de confianza asociada a la correlación mayor del 95 % con respecto a las variables: incidencia acumulada, y severidad acumulada (variables dependientes) (ver cuadro 5).

Cuadro 5. Coeficientes de correlación más altos entre las variables climáticas y la incidencia. Las variables que no aparecen no tuvieron significancia estadística.

FINCA	VARIABLE CLIMATICA	SEMANAS ANTES	VARIABLE DEP.	r	r ²
PINTADA	T° MEDIA	2	INC	-0.943	0.89
LAGUNA	T° MEDIA	5	INC	-0.895	0.80
ASILO	T° MEDIA	6	INC	-0.689	0.47
PINTADA	T° MÍNIMA MEDIA	2	INC	-0.868	0.75
LAGUNA	T° MÍNIMA MEDIA	6	INC	-0.662	0.44
ASILO	T° MÍNIMA MEDIA	6	INC	-0.759	0.58
PINTADA	T° MÁXIMA MEDIA	3	INC	-0.852	0.73
LAGUNA	T° MÁXIMA MEDIA	6	INC	-0.882	0.78
ASILO	T° MÁXIMA MEDIA	5	INC	-0.550	0.30
PINTADA	HR MEDIA	2	INC	-0.454	0.21
LAGUNA	HR MEDIA	4	INC	-0.645	0.42
ASILO	HR MEDIA	2	INC	-0.864	0.75
ASILO	HR MÍNIMA MEDIA	4	INC	-0.867	0.75
PINTADA	HR MÁXIMA MEDIA	2	INC	-0.727	0.53
LAGUNA	HR MÁXIMA MEDIA	4	INC	-0.879	0.77
PINTADA	PRECIPITACIÓN	3	INC *	-0.380	0.14
LAGUNA	PRECIPITACIÓN	2	INC	-0.688	0.47
ASILO	PRECIPITACIÓN	3	INC	-0.565	0.32

Aunque para las temperaturas medias, mínimas medias y máximas medias, aparece solamente el mayor valor de la correlación, es importante destacar que en todas las fincas los valores de correlación fueron altos y significativos a partir de 6, 5, 4, 3, y 2, semanas antes, lo que confirma la gran relación que existe entre la temperatura y el avance de la enfermedad. Por

otra parte los menores coeficientes de correlación de las demás variables con respecto a la temperatura demuestran estadísticamente que es la temperatura la variable ambiental que mayor influencia tiene sobre el desarrollo de la epidemia.

Las uredosporas germinan en un período de 3 a 6 horas en condiciones favorables: de mucha humedad o agua líquida y temperaturas entre 21-25 °C y en ausencia de luz o bajo luz difusa (Rayner, 1961; Hocking, 1968; Montoya, 1974; citados por Becker *et al*, 1991). Nutmann y Roberts, 1963 (citados por Becker *et al*, 1991) trabajando in vivo llegaron a estos resultados: en oscuridad, la mayor germinación ocurrió a temperaturas de 21 °C, según una curva bimodal. En 1971, Saccas y Charpentier (citados por Becker *et al*, 1991) indican que el máximo de germinación ocurre entre 22° y 24° C, pero puede ocurrir en tasas más bajas a temperaturas que van desde 17° C hasta 28° C.

Los rangos y los valores medios de temperatura para cada finca durante de sus epidemias excepto La Fundadora (ver cuadro 4 y figuras 12,13,14 y 15) coincidieron con los valores óptimos para el desarrollo de la enfermedad según los autores citados anteriormente. En ninguno de los casos excepto La Fundadora se dieron casos de temperatura menores de 15 °C. Valores menores de 15 °C retardan la epidemia aún cuando los otros factores

son favorables (Alfonsi et al., 1977; Ribeiro, et al., 1979; Chalfoun 1980).

La precipitación que coincidió en la época con los rangos de temperatura óptimos para el desarrollo de la enfermedad no necesariamente tuvieron que ser altas para poder proporcionar el clima adecuado para el crecimiento de la epidemia pues la humedad relativa contribuía a evitar la evaporación del agua líquida sobre la superficie foliar. Es el agua líquida la que realmente es esencial para la germinación de hongo (Ward, 1881; Nutman y Roberts, 1963; citados por Rayner, 1972). Becker, 1979 (citado por Becker et al., 1991) afirma que lluvias fuertes y prolongadas eliminan el inóculo. Esto permite deducir que los coeficientes de correlación negativos con respecto a la precipitación pueden ser por el efecto negativo que tienen las lluvias al lavar el inóculo. La humedad relativa no es un factor tan importante en el desarrollo de la enfermedad como lo son la temperatura y la humedad de condensación.

Los coeficientes de correlación muestran que la humedad relativa media es entre las variables de humedad la que más influencia tuvo sobre la enfermedad. Rayner (1961) afirma que las humedades relativas altas no contribuyen al desarrollo de la enfermedad significativamente.

2.3 Análisis de correlación múltiple.

Para este análisis se utilizaron los valores máximos y mínimos promedios en vez de los valores promedios, pues según Rayner, 1961 (citado por Rayner, 1972) los primeros no caracterizan adecuadamente las variaciones estacionales.

Las ecuaciones de regresión múltiple obtenidas para cada finca fueron:

La Pintada:

$$Y=1923-62.935 \text{ TMIN2}-36.297 \text{ TMAX3}+3.327 \text{ HRMAX2}-0.397 \text{ PP3}$$

El Asilo:

$$Y=1678.3-38.0 \text{ TMIN6}-15.32 \text{ TMAX5}-5.862 \text{ HRMIN4}-4.503 \text{ PP3}$$

La Laguna:

$$Y= 579.518-16.75 \text{ TMIN6}-0.697 \text{ TMAX6}-2.0 \text{ HRMAX4}-0.379 \text{ PP2}$$

donde:

TMIN Temperatura mínima media

TMAX Temperatura máxima media

HRMAX Humedad relativa máxima media

HRMIN Humedad relativa mínima media

PP Precipitación acumulada semanal

TMIN(n) n Semanas antes de la incidencia correlacionada

3.1 Labores agronómicas en La Pintada

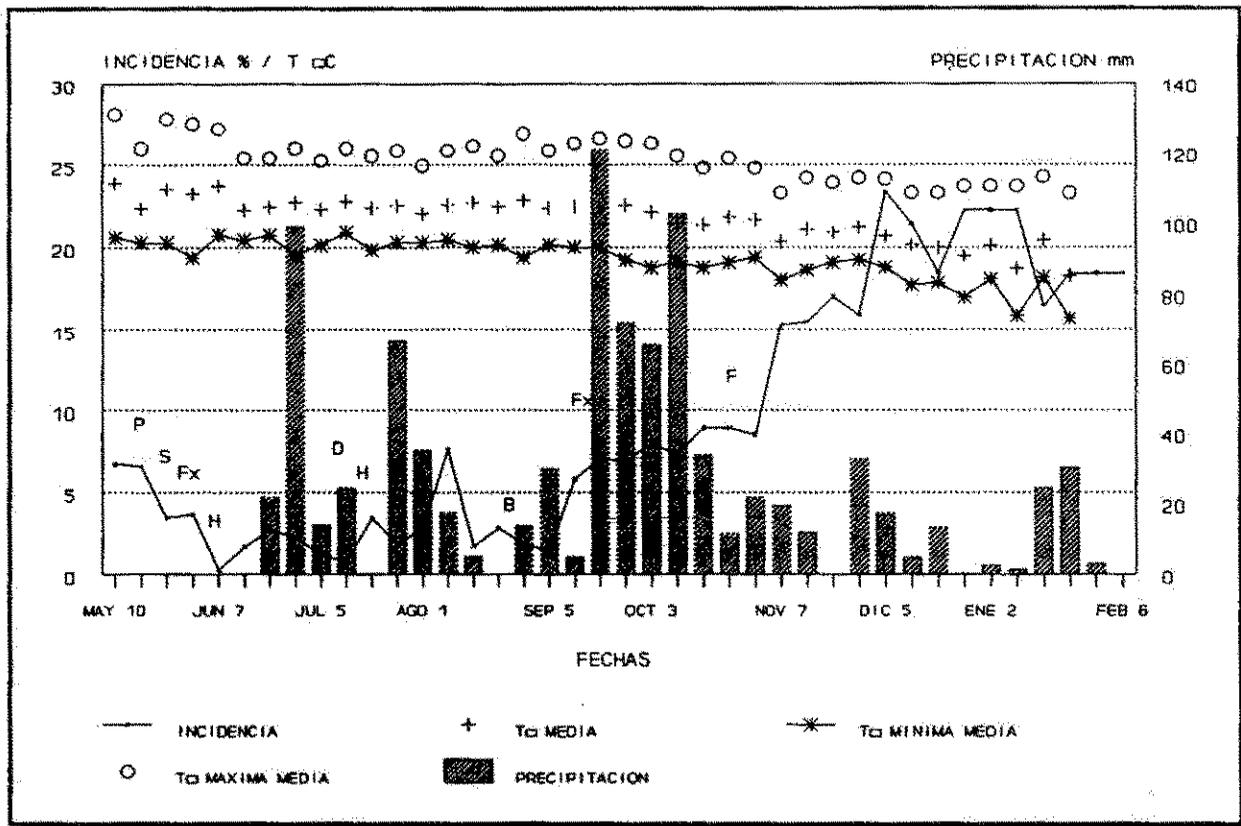


Figura 12. Manejo agronómico de La Pintada y su relación con la temperatura y la precipitación.

Claves:

C:	CASEO	D:	DESHIERBA MANUAL	F:	FERTILIZACIÓN
H:	HERBICIDA	I:	INSECTICIDA	Fx:	FUNGICIDA
P:	PODA	B:	DESBEJUQUE	S:	SOMBRA

- 1) Marzo (2da sem.): Carrileo
- 2) Abril (1ra sem.): Poda de limpieza.
- 3) Mayo (1ra sem.): Chapia, desbejuque.
- 4) Mayo (1ra y 2da sem): Poda de limpieza
- 5) Mayo (3ra sem.): Regulación de sombra.
- 6) Mayo (4ta sem.): Oxicloruro de Cu (1.77 kg/ha) + Benomil (0.44 kg/ha) + Zineb (1.33 kg/ha).

- 7) Junio (1ra sem.) : Gramoxone (0.78 Lt/ha) + Gesatop (3.21 Lt/ha) + Agral (0.1 Lt/ha).
- 8) Julio(4ta sem.): Chapia.
- 9) Julio(4ta sem.)-Octubre(1ra) : Igual al N° 7.
- 10) Agosto(3ra sem.): Desbejuque.
- 11) Septiembre (1ra sem.): Igual al N° 6.
- 12) Octubre (4ta sem.) - Nov (1ra sem.): Urea (0.11 kg/pta).

La Pintada registró la más baja tasa de incremento 0.282, la epidemia se presentó:

- primero en el año (agosto 15),
- inició con la mayor cantidad de enfermedad (1.7%),
- alcanzó un valor máximo de 23.4%, fue donde se acumuló más enfermedad (334.6),
- y la que tuvo más duración (25 semanas).

Se realizaron 2 aplicaciones de fungicida en el transcurso del año, ambas aplicaciones consistieron de:

- Oxicloruro de cobre (1.77 kg/ha),
- Zineb (1.33 kg/ha),
- y Benomil (0.44 kg/ha).

El intervalo de tiempo entre estas 2 aplicaciones fue de aproximadamente 14 semanas (más de 3 meses).

La primera aplicación se realizó en la última semana de mayo

cuando la incidencia era 3.6% y la enfermedad estaba descendiendo, después de esta aplicación los valores de enfermedad oscilaron alrededor de 2%, tres semanas después iniciaron las primeras lluvias (jun 21) (ver figura 12). Cuando se realiza la segunda y última aplicación en la primera semana de septiembre, iniciaba un crecimiento acelerado el cual es aminorado por la aplicación. La tasa de incremento semanal pasó de 0.672 a 0.55. Durante 10 semanas (sept 5 - nov 7) el porcentaje se mantiene alrededor de 8% y luego progresa hasta 23% (dic 25) para luego quedar oscilando alrededor de un 20% hasta febrero. La cantidad de precipitación durante las siguientes semanas después de la aplicación fueron lo suficiente como para permitirle al hongo condiciones favorables de humedad (agua líquida) para su desarrollo. Por lo que se hace evidente la necesidad de haber realizado una tercera aplicación al menos 6 semanas después de la segunda aplicación, más si tomamos en cuenta el período de incubación del hongo de 4 a 5 semanas según la ecuación de Rayner (1972).

En ambos casos la aplicación fue de carácter preventivo lo que justifica la utilización de Oxicloruro o Zineb pero no de Benomil el cual es un fungicida de acción parcialmente sistémica utilizado comúnmente en grados avanzados de enfermedad y que presenta inducción a la resistencia.

Urea 46 % + 0.3 Lt Triton)/ha.

- 6) Sept (4ta sem a Oct 1ra sem): Fertilización 18-6-12-4-2, 0.14 kg/pta.
- 7) Oct (3ra semana): Herbicida idem 3).

El Asilo registró una tasa de incremento 0.359, fue la segunda epidemia que se presentó en el año (sept 26),

- inició con una cantidad de enfermedad (1.1%),
- alcanzó un valor máximo de 34.3%,
- acumuló un total de enfermedad de 297.9%,
- y tuvo una duración de 20 semanas.

En la finca El Asilo se realizó una sola aplicación de fungicida que consistió en 2 lt. de Dhitane/ha. Esta aplicación se realizó en la tercera semana de septiembre cuando los niveles de enfermedad eran alrededor del 1%. (ver figura 13.). La enfermedad se mantuvo en niveles bajos durante 5 semanas después de la aplicación (hasta octubre 17), luego inició un crecimiento sumamente acelerado alcanzando en las últimas 2 semanas de enero niveles de hasta 34%. Los valores de temperatura después del mes de agosto hasta inicios de febrero oscilaron entre 20.7 y 27 °C con medias de 23.4 °C, que son temperaturas favorables para el desarrollo de la enfermedad.

3.3 Labores agronómicas en La Laguna.

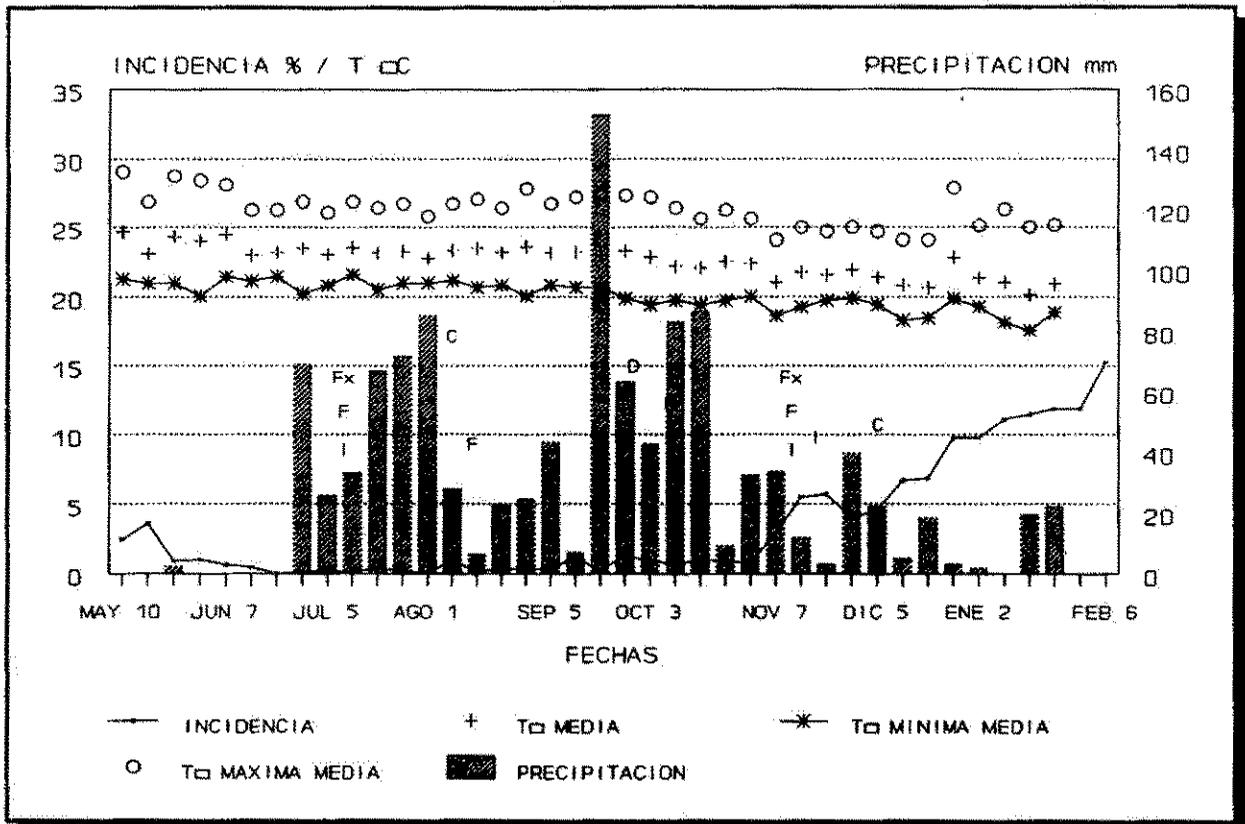


Figura 14. Manejo agronómico de La Laguna y su relación con la temperatura y la precipitación.

Claves:

D: DESHIERBA MANUAL
H: HERBICIDA

F: FERTILIZACIÓN
I: INSECTICIDA

C: CASEO
Fx: FUNGICIDA

- 1) Julio (2da sem): Fertilizante, Fungicida, insecticida (1.02 kg. Solubol + 1.02 kg. Urea 46% + MICRO N-U-Z + 1.02 kg Zandovit + 1.02 kg. Cobre Sandoz + 1 Lt Malathion)/ha.
- 2) Agosto (1ra sem): Caseo.
- 3) Agosto (2da sem): Fertilización 18-6-12-4-2, 1.17 kg/pta.
- 4) Oct (1ra sem): Deshierba manual.
- 5) Oct (3ra sem): Herbicida (2 Lt Gramoxome/ha).

- 6) Nov (2da sem) Idem 1).
- 7) Nov (3ra sem): Insecticida en foco (1.2 Lt Endosulfán/ha.
- 8) Nov (1ra semana): Desbejuque.
- 9) Dic (2da sem): Corte.

La Laguna registró una tasa de incremento 0.398, fue la tercera epidemia que se presentó en el año (oct 10),

- inició con una cantidad de enfermedad 0.63%,
- alcanzó un valor máximo de 15.3%,
- acumuló un total de enfermedad de 120.8%,
- y tuvo una duración de 18 semanas.

En esta finca se realizaron 2 aplicaciones de fungicidas en el año. Ambas aplicaciones consistieron de Cobre Sandoz (1.02 kg/ha).

- La primera aplicación se llevo a cabo en la tercera semana de julio poco después del inicio de las lluvias, los niveles de enfermedad en este momento eran sumamente bajos (menores de 0.2%).
- La segunda aplicación se realizó en la segunda semana de noviembre, en el momento donde se estaba incrementando el nivel de enfermedad. Esta aplicación menoscabó el crecimiento de la curva obligándola a mantener un crecimiento lento las semanas posteriores, con valores alrededor de 5% durante 6 semanas. La tasa de incremento paso de 0.557 antes de la aplicación a 0.44 después de la

aplicación. Después nuevamente la curva adquirió mayor velocidad incrementando hasta 15% en 7 semanas. Este último incremento aunque fue mermado por la aplicación de fungicida en noviembre demuestra que mientras la roya no se mantenga en constante presión de control periódica tiene la capacidad de acumular potencial de inóculo y dispararse hasta alcanzar niveles mayores que puedan provocar defoliaciones alarmantes en un ciclo productivo.

3.4 Manejo agronómico en La Fundadora.

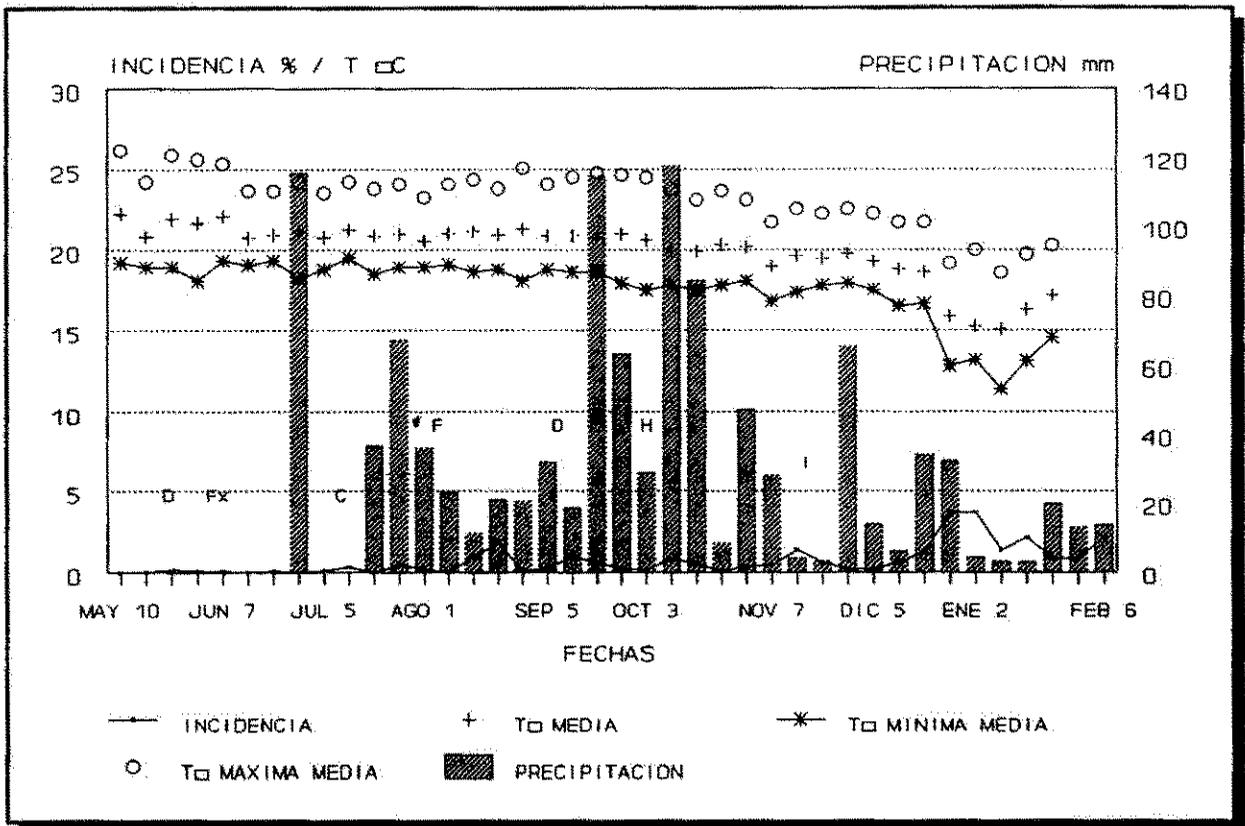


Figura 15. Manejo agronómico de La Fundadora y su relación con la temperatura y la precipitación.

Claves:

D:	DESHIERBA MANUAL	F:	FERTILIZACIÓN	C:	CASEO
H:	HERBICIDA	I:	INSECTICIDA	Fx:	FUNGICIDA

- 1) Mayo (4ta semana): Deshierba manual.
- 2) Junio (1ra sem): Fungicida (2.3 kg Ox. Cobre/ha).
- 3) Julio (4ta sem): Caseo.
- 4) Agosto (1ra sem): Fertilización 18-6-12-4-2, 0.11 kg/pta.
- 5) Sept (3ra sem): Deshierba manual.
- 6) Oct (2da sem): Herbicida (2 Lt Gramoxone + 1 Lt 2,4-D + 0.24 Lt Agral)/ha.
- 7) Oct (3ra sem): Fertilización Urea 46%, 0.11 kg/ha.

- 8) Nov (1ra sem): Herbicida (2 Lt Gesatop + 0.24 Lt Agral)/ha.
- 9) Nov (3ra sem): Insecticida en foco (1.5 Lt Endosulfán)/ha.

En esta finca fue apenas perceptible la presencia de la roya; el manejo a pleno sol, la aplicación preventiva de cobre, y los rangos de temperatura producto de la altitud donde se encuentra ubicada parecen ser los principales factores que impidieron el desarrollo de una epidemia en esta finca. Los rangos de temperatura a partir del mes de agosto en adelante fueron entre 17 y 22.7 °C con valores promedios de 19.4 °C lo que deja a esta finca fuera del rango óptimo para el desarrollo de la enfermedad.

Las 3 epidemias alcanzaron sus valores máximos en períodos que oscilaron entre 16 y 18 semanas y entre los meses de agosto, septiembre y octubre a los meses de diciembre, enero y febrero, lo que se puede considerar como el período donde el desarrollo de la enfermedad impacta más sobre la defoliación y asegura la fuente de inóculo de enfermedad para el siguiente período. El orden de aparición de las epidemias y sus comportamientos parecen estar relacionados:

- con el manejo de las aplicaciones preventivas de fungicidas que se realizaron en cada finca,

- con la cantidad de inóculo residual del ciclo anterior lo que coincide con Mayne (1930), Bock (1962) y Chalfoun (1980) (citados por Becker, 1991).

- con las condiciones de temperatura, en acuerdo con Nutman y Roberts (1963), Montoya (1974), Alfonsi et al., (1977), Ribeiro et al., (1979) y Chalfoun (1980) (citados por Becker, 1991).

- la cantidad de humedad foliar presente, también afirmado por Bock (1962), Nutman y Roberts (1963), Chalfoun et al., (1979), Souza (1980), Chalfoun (1980), Muthappa (1980) (citados por Becker, 1991), en nuestro caso en la época lluviosa durante los meses de agosto, septiembre y octubre,

- y la cantidad de hojas sanas presentes que tiene relación con la fenología del cultivo coincidiendo con Ward (1882), Alfonsi (1974) y Visveswara (1974) (citados por Becker, 1991).

IV. CONCLUSIONES

- La incidencia y la severidad son estimadores análogos del comportamiento del patosistema.
- Las epidemias se comenzaron a desarrollar a partir de los meses de agosto, septiembre y octubre y alcanzaron sus máximos en los meses de Diciembre, enero y febrero respectivamente.
- No existió diferencia entre el comportamiento de las epidemias en las fincas de la VI región y la finca de la IV región con excepción de la finca La Fundadora (1200 msnm).
- No existió diferencias entre las tasas de incremento de los estratos: alto, medio y bajo en cada finca; pero si existió diferencia entre los acumulados totales por las epidemias en cada estrato.
- Los períodos de defoliación natural del cafeto coincidieron con los meses de mayor desarrollo de las epidemias.
- La variable ambiental de mayor influencia sobre el desarrollo de la enfermedad fue la temperatura. La precipitación solo tuvo que ver con la presencia de agua líquida sobre el área foliar.

- Los rangos óptimos de temperatura se dieron entre los meses de agosto y noviembre.
- Aún con la irregularidad del invierno las mayores precipitaciones coincidieron con las condiciones óptimas de temperatura para el desarrollo de la enfermedad.
- En la finca La Fundadora (1200 msnm) no se dieron los rangos óptimos de temperatura para la enfermedad.
- Las aplicaciones de fungicidas cúpricos, aunque no fueron realizadas en momentos óptimos para detener la epidemia, aminoraron el desarrollo de la enfermedad.
- Cuando las epidemias alcanzaron más del 10% de incidencia sin aplicaciones de fungicidas durante la fase de mayor crecimiento su desarrollo fue mucho mayor.
- Se puede considerar 10% de incidencia en el estrato bajo como límite máximo para la toma de decisión del control de la roya del café.
- En fincas como La Fundadora (en el lote estudiado) el manejo de enfermedades no debe fundamentarse en la existencia de la roya.

V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- BECKER-RATERINK, S.;MORAES WALKYRIA B.C.;QUIJANO-RICO,M.
1991. La roya del cafeto: conocimiento y control.
Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit
(GTZ) GmbH. Eschborn, Alemania. 281 p.
- COMISION NACIONAL DEL CAFÉ. 1991a. Informe del año
cafetero. Ciclo 1990/1991. Managua, Nicaragua.
20 p.
- COMISION NACIONAL DEL CAFÉ. 1991b. Primer Simposio sobre
la caficultura nicaragüense y sus perspectivas de
desarrollo. Managua, Nicaragua. 17 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES VOL I. 1980. Desarrollo y
control de las enfermedades de las plantas.
traducción de PLANT DISEASE DEVELOPMENT AND CONTROL
Vol I por Manuel Aragonés. 1era edición. Editorial
Limusa. México D.F. 223 p.
- OSEQUERA, S.H. 1991. Epidemiología de la roya del cafeto
(Hemileia vastatrix Berk.) en dos zonas cafetaleras
de Honduras, C.A.

RAYNER, R.W.; B.A (Hons) A.I.C.T.A. 1972. Micología, historia y biología de la roya del cafeto. IICA, CATIE. Publicación miscelánea No. 94. 68 p.

SIMAN, J. 1991. Estudio de rentabilidad en café. Análisis de presupuesto parcial. Proyecto CATIE/MAG-MIP. Managua, Nicaragua.

VAN DER PLANK, J.E. Plant disease: epidemics and control. Academic Press. New York. 1963. 206 p.