

TALLER SOBRE ROYA DEL CAFETO

DISEMINACION DE Hemileia vastatrix Berk. y Br.

Gabriel Cadena-Gómez*

Introducción

La diseminación de los hongos se puede efectuar principalmente a través de la acción de factores climáticos como el viento, la lluvia, la acción combinada de estos dos factores, por la intervención de otros organismos vivos como son los insectos, por la movilización de personas entre los campos afectados y sanos actuando como diseminadores pasivos o por el traslado de un sitio a otro de plantas susceptibles enfermas o de inmunes que actúan simplemente como portadores de inóculo al igual que las herramientas e implementos de trabajo empleados por los operarios y que son utilizados en plantaciones sanas después de haber sido utilizados en plantaciones enfermas.

En el caso de H. vastatrix los estudios se han realizado desde su primera aparición como enfermedad de importancia económica y se ha tratado de dilucidar cuál es el factor principal de diseminación de las uredosporas a nivel de una plantación, entre plantaciones y aún a larga distancia entre continentes.

Conocer los medios de diseminación del inóculo es importante para tomar las medidas conducentes a su control. Particularmente las enfermedades que afectan a los órganos aéreos de las plantas poseen diferentes y variados mecanismos de diseminación y la velocidad de su propagación está directamente relacionada con la disponibilidad de hospedantes en una región dada y con la susceptibilidad de los hospedantes y la agresividad del patógeno.

Inicialmente las enfermedades cuando comienzan su establecimiento en una región determinada, pareciera que se diseminaran más rápidamente que después que éstas se han establecido definitivamente. Esta tasa aparente de diseminación tiene mucho que ver con la inicial disponibilidad de tejido sano y susceptible. A medida que las hojas de una planta van siendo afectadas por un determinado patógeno, la tasa de incremento de la enfermedad disminuye por presentarse una menor "oferta de tejido sano que es susceptible o está disponible para la acción del patógeno."

* Jefe de la Sección de Fitopatología del Centro Nacional de Investigaciones de Café -CENICAFE- Chinchiná, Caldas, Colombia.

Teniendo en cuenta los anteriores criterios, analizaremos a continuación cada uno de los factores involucrados en la diseminación de H. vastatrix según los distintos investigadores.

El viento

Según Rayner (24) fue Thwaites quien por primera vez sugirió que la roya se dispersa por el aire y por esa razón se recomendó la instalación de rompevientos para ayudar a controlar la enfermedad.

Ward, citado por Rayner (24) obtuvo evidencia experimental sobre la dispersión de esporas por el viento. También observó que en atmósfera calmada cada fascículo de uredosporas que atravesaba un estoma, formaba cadenas de uredosporas colgando hacia abajo, las que se caían con el menor movimiento de la hoja. Concluyó que en el campo tales fascículos producen continuamente esporas, las que son liberadas por el movimiento de las hojas y son llevadas por el viento. También observó que en los primeros estados de aparición de un foco, las lesiones se producen con más abundancia cerca de los bordes en el envés de las hojas y concluyó que las esporas depositadas en la superficie superior eran lavadas alrededor de los bordes y depositadas en la superficie inferior, donde germinaban y producían infecciones. Insinuó que una manera en que las esporas podrían llegar al envés de las hojas era mediante vientos violentos que las llevan hacia arriba siendo las hojas entonces salpicadas con gotas de lluvia que contenía esporas.

Rayner (24) estudió el depósito de esporas sobre superficies foliares bajo condiciones de laboratorio. Empleó una corriente de aire, la cual era pasada sobre una lesión de roya en esporulación. Las esporas se sedimentaban, solamente en la superficie superior de las hojas. De esta superficie las esporas podían removerse solo mediante una corriente de aire extremadamente fuerte en tanto que flotaban hacia la superficie de gotitas de agua colocadas en la hoja.

La relación entre velocidad del viento y liberación de esporas fue estudiada por Nutman, Roberts y Bock (22). Observaron el efecto de velocidades de viento hasta de 20 Km/h producidas por abanicos eléctricos. Contaron con lesiones producidas en el campo y con un mínimo de agitación mecánica se recortaron de las hojas y se mantuvieron cara arriba sobre el portaobjetos. Los chorros de aire se dirigieron sobre las lesiones por períodos de 10 minutos a un ángulo de 30°. No detectaron movimiento de esporas a velocidades de hasta 14.4 Km/h con y sin vibración y muy pocas esporas se movilizaron a 20 Km/h. Trabajaron con hojas enteras expuestas a corrientes de aire de 9.6 Km/h. A esta velocidad a la cual ocurrió una agitación apreciable de las hojas, se recogieron esporas y éstas siempre estaban en ramilletes. Cuando trabajaron con ramas enteras con hojas fuertemente infectadas recogieron esporas con vientos de 11.2 Km/h de velocidad.

Rayner (24) comprobó que a partir de lesiones producidas bajo condiciones de calma, recubiertas con una costra gruesa de esporas, liberaron un número considerable de esporas al dirigir sobre ellas una corriente de aire desde un tubo mantenido a 1 cm de distancia con una inclinación de 45°. Estas esporas se atraparon en una superficie pegajosa adyacente a velocidades promedias de salida del aire de 16 a 32 Km/h.

Nutman, Roberts y Bock (22) estimaron que la tasa de caída de las esporas en el aire era de alrededor de 20 cm/sg para grupos de esporas y para esporas individuales de 10 cm/sg. También discuten acerca de la distancia que las esporas liberadas pueden alcanzar, para concluir que éstas no se desplazan muy lejos sino que tienden a precipitarse en las inmediaciones de su punto de origen.

Gregor, citado por Rayner (24) estimó la velocidad terminal de una sola spora en 0.59 cm/sg y el promedio para un grupo de esporas de 1 cm/sg. Estos resultados son muy similares a los obtenidos para las royas de los cereales.

Burdekin según Rayner (24) consideró que cualquier spora liberada en el aire no se desplaza muy lejos. Empleando trampas horizontales de gravedad, colocadas a 7.5 cm sobre el suelo, él comprobó que aunque se podían atrapar hasta 160 esporas por día por 6.52 cm² de superficie de trampa debajo de un arbusto de café, se recogían mucho menos a una distancia de 1.8 m.

Martínez y colaboradores (19) en el Brasil concluyeron que las esporas de H. vastatrix se encuentran en el aire a razonable altitud y son transportadas a largas distancias por las corrientes aéreas. Estos resultados fueron confirmados por Becker (4) en Kenya. También encontraron que durante y después de las lluvias, la cantidad de esporas que permanecen en el aire es casi nula. Agregan que las esporas son arrastradas del aire hacia el suelo por las gotas de agua o como núcleo de condensación de agua.

Trabajos conducidos en Kenya por Becker y colaboradores (5) demostraron que existe un ritmo diario en la dispersión aérea de esporas de H. vastatrix. Las capturas máximas diarias se produjeron predominantemente bajo condiciones cálidas y secas en las primeras horas de la tarde, después de haberse observado las máximas velocidades del viento, las máximas temperaturas y la humedad atmosférica relativa más baja.

Según Becker (4) las precipitaciones varían este ritmo diario pero no fundamentalmente. Cuando ocurrían precipitaciones junto con altas velocidades del viento, su efecto era casi siempre de carácter aditivo. Concluye Becker (4) que la dispersión de H. vastatrix a través del viento tiene mucha más importancia que por la lluvia. Altas velocidades del viento que corren junto con precipitaciones provocan en general un aumento de la captura de esporas en trampas volumétricas. Pero ambos sucesos se presentan raramente en forma simultánea ya que la lluvia se produce normalmente en la no-

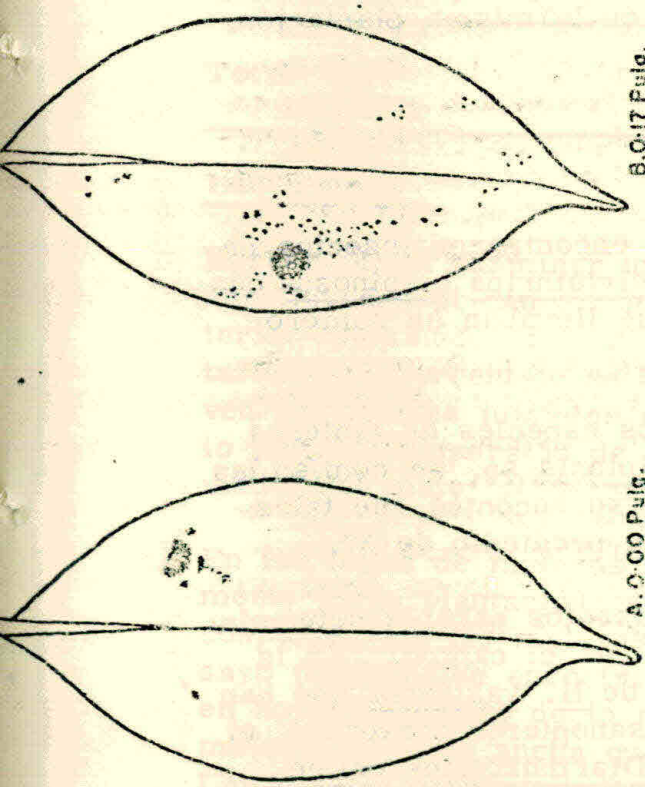
che o en la mañana mientras que el viento alcanza su máxima en las tardes. Esto le permite concluir que la dispersión de las uredosporas ocurre predominantemente a través del viento, lo cual fue también encontrado por Figueiredo y colaboradores en el Brasil (10).

El agua

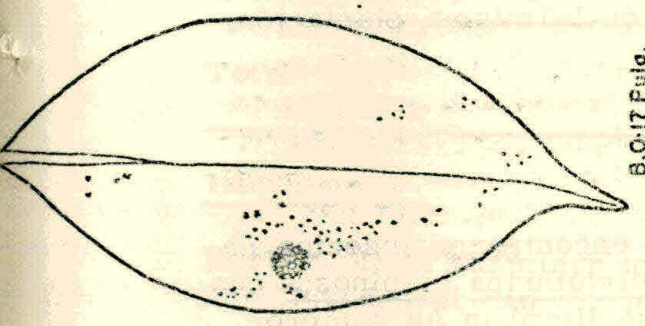
Los trabajos de Nutman, Roberts y Bock (22) al contrario de los realizados por Ward o Rayner (24) concluyeron que la dispersión por el aire es de poca o ninguna importancia en la diseminación de la enfermedad y que las salpicaduras de lluvia son el agente principal no solamente para la dispersión sino también para la liberación de esporas. De sus trabajos ellos probaron que si el agua aplicada a la superficie de una pustula, instantaneamente se liberan las esporas, las cuales flotan en su superficie, y concluyen de sus estudios que con la excepción de cuando la lluvia es acompañada por vientos de alta velocidad, la distribución de las esporas en la fase de crecimiento de la epidemia puede ser afectada solamente por el agua y por lo tanto la enfermedad se confina al propio árbol o cuando mucho a los árboles adyacentes.

Bock (7) afirma que la lluvia es el factor más importante expresado como distribución e intensidad. La relación entre intensidad de la lluvia y la dispersión de las uredosporas es lineal y bajo condiciones promedias, solamente las lluvias que excedían de 0.3 pulgadas dispersaron efectivamente las uredosporas. Afirma que las lluvias de 0.20 - 0.25 pulgadas dispersaron esporas solamente cuando el nivel de inóculo es alto y lo sitúa entre 2.0 y 2.5 pustulas activas de la roya por hoja. Continúa diciendo que esta dispersión está virtualmente confinada a las hojas infectadas y que las hojas adyacentes raramente son infectadas. Lluvias de menos de 0.2 pulgadas no proporcionan condiciones favorables para la germinación e invasión por el hongo aunque las temperaturas no sean limitantes. Figura 1.

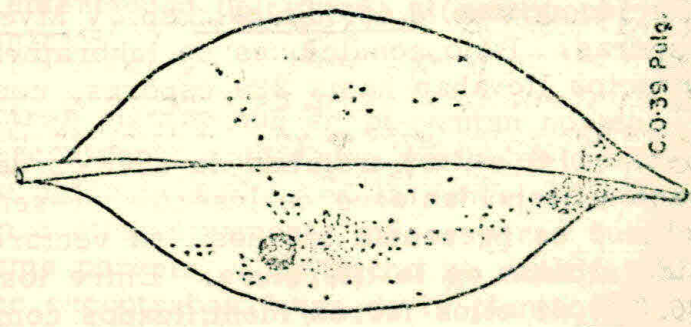
Becker (4) por su parte trabajando con trampas o colectores de agua lluvia bajo las plantas de café atacadas por la roya, concluye que el número de esporas capturadas durante la experiencia no guarda relación con la creciente intensidad del ataque observado durante el período. Tabla 1. Encontró la autora que en el agua de lluvia predominan aquellas esporas de tipo hialino, es decir aparentemente las más viejas, y también que con lluvias de menos de 7.5 mm se lograron contar importantes cantidades de esporas.



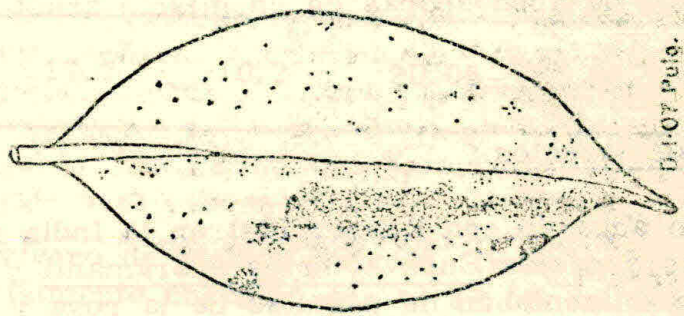
A. 0-00 Pulg.



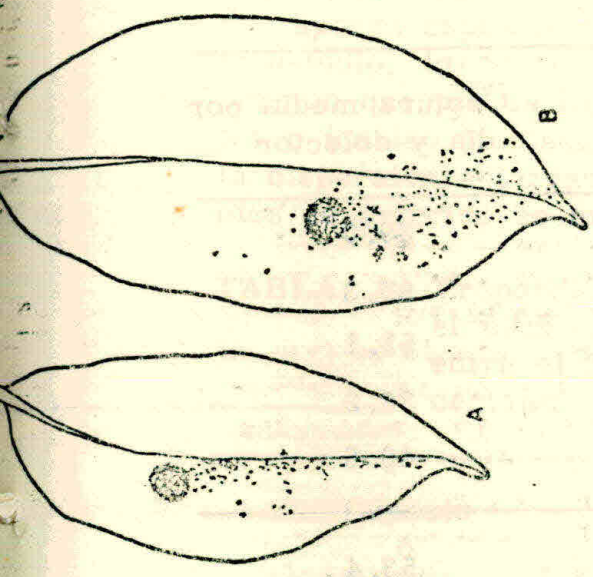
B. 0-17 Pulg.



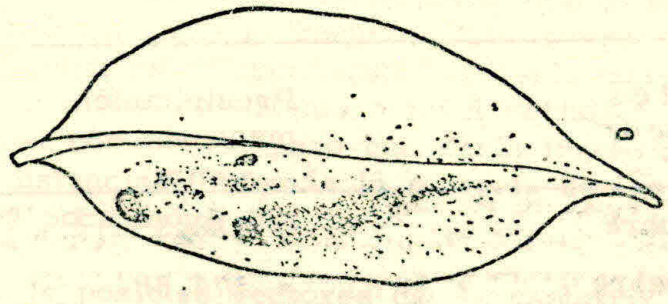
C. 0-39 Pulg.



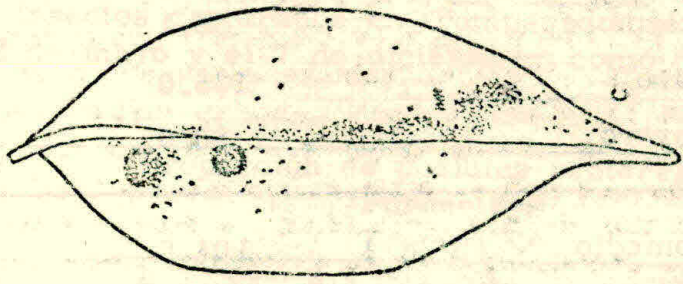
D. 1-07 Pulg.



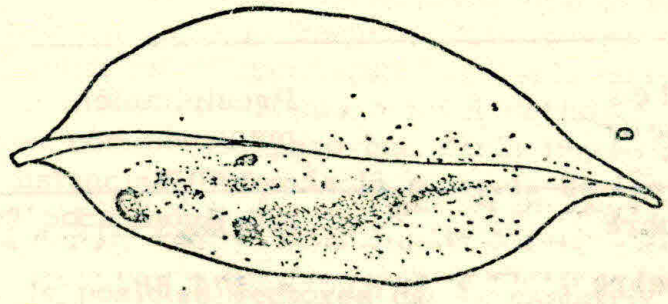
A



B



C



D

Figura 1.-DISTRIBUCION DE LAS ESPORAS CON RESPECTO A LA INTENSIDAD DE LA PRECIPITACION.

DESARROLLO DE MANCHAS SECUNDARIAS SOBRE HOJAS SELECCIONADAS, EN EL CAMPO, 5 SEMANAS DESPUES DE UNA PRECIPITACION DE 1.07 PULGADAS.

TABLA 1. Resultados comparativos de la captura media mensual en número de esporas/día en trampas de agua lluvia entre el 1^a de octubre de 1972 y el 22 de octubre de 1973.

Mes	Precipitación mensual en mm	Captura media por día y colector
Octubre	138.3	39.0
Noviembre	174.6	89.3
Diciembre	30.1	51.1
Enero	125.0	38.2
Febrero	56.0	46.6
Promedio	104.8	53.4

Concluye Becker (4) que la lluvia es capaz de dispersar las uredosporas de la roya del cafeto pero que sin embargo se trata de un hecho poco frecuente. En número de esporas dispersadas por la lluvia fue significativamente menor a las capturadas en las trampas volumétricas y le atribuye un cierto papel de la lluvia en la dispersión de uredosporas en un mismo árbol y en la misma plantación.

Los insectos

De acuerdo con Rayner (24) en la India se encontraron insectos de las especies Euphysothrips subramanii y Scirtothrips bispinosus que se alimentaban de pústulas de la roya y que llevaban un número elevado de esporas en sus cuerpos.

En Kenya se encontró que las larvas de dos especies de dípteros (Cecidomyiidae) Lestodiplosis sp. y Mycodiplosis sp. se comían las esporas. Bajo condiciones de laboratorio, se encontró que tales insectos llevaban hasta 289 esporas, con un promedio de 37.

Becker (4) utilizó trampas de succión de insectos para la determinación de poblaciones de insectos presentes en el campo. En la tabla 2 se presentan los posibles vectores de H. vastatrix que han sido citados en la literatura. Entre los tisanopteros atrapados, el 96.8 % de ellos fueron identificados como Diarthorhrips coffee (en su estado larval) y 3.2 % de trips.

Del total de los insectos capturados solo se lograron observar unos pocos individuos que transportaban uredosporas.

Los insectos coleccionados sobre hojas atacadas de roya presentaron un número significativamente mayor de esporas que el número de esporas captadas con las trampas de insectos. De acuerdo con este estudio, los insectos tendrían un papel suplementario con la dispersión que podría llegar a ser importante a nivel de hojas, árboles e incluso plantaciones completas, pero que sería irrelevante en la dispersión a largas distancias. Además la mayoría de las especies de insectos es muy poco móvil (4).

TABLA 2. Proporción de posibles vectores de *H. vastatrix* sobre el total de insectos capturados en trampas coloreadas, entre el 29 de mayo y el 7 de diciembre, como porcentaje.

Especie o Familia	Proporción de posibles vectores en Porcentaje Trampa N°			
	1	2	3	4
Taeniothrips antennatus	1.7	1.2	2.3	2.4
Thrips predatores	0.4	0.2	0.2	0.1
Cecido-myiidae	0.7	0.1	0.05	0.5
Platygasteridae	5.3	1.4	2.2	3.9
Drosophilidae	7.4	5.0	11.5	7.1
Trypetidae	2.2	2.3	3.8	2.7
Total	17.7	10.2	20.05	16.7

Las plantas

Becker (4) al examinar un vivero de plantas de café, listas para ser llevadas al campo, inicialmente encontró que el 27.5% del material examinado presentaba síntomas de ataque. Ocho semanas más tarde este porcentaje se había elevado a 42.4%. Anota que si no se ven infecciones iniciales en las plantas jóvenes, esto favorece por lo tanto la dispersión de la enfermedad del vivero al campo por medio del material de propagación.

En las hojas de malezas y otras plantas que se presentan normalmente en la plantación, se encontraron cantidades variables de uredosporas. En las malezas de hojas presentes en la parcela del ensayo (tabla 3) se encontraron comparativamente más esporas que en hojas de cafeto de la misma parcela. Este hecho se repitió con malezas de hoja ancha que se encontraban fuera de la plantación. Las plantas monocotiledóneas examinadas presentaron un reducido número de esporas.

Concluye Becker (4) que la dispersión de la enfermedad a través de

TABLA 3. Comparación del número de uredosporas de *H. vastatrix* coleccionadas sobre malezas y hojas de café 1/

Origen de las hojas examinadas	Muestra : Hoja ancha			Muestra: Hoja ancha		
	Nº de hojas	Total esporas blancas	Total esporas amari- llas	Nº de hojas	Total esporas blancas	Total esporas amari- llas
Malezas dentro de la parcela de ensayo	26	89	711	9	8	32
X/hoja		3.4	27.3		1.0	4.0
Malezas fuera de la parcela de ensayo	11	21	36	8	5	2
X/hoja		1.9	3.3		0.8	0.3
Malezas en el vivero	19	48	204	4	1	1
X/hoja		2.5	10.7		0.3	1.0
Hojas de cafetos li- bres de roya		Hojas viejas			Hojas nuevas	
	9	33	43	9	155	97
X/hoja		3.7	4.8		17.2	10.8

material de propagación infectado, pero con síntomas poco visibles, puede provocar un avance acelerado de la roya en grandes áreas geográficas. También podría ser posible la propagación de la enfermedad a través de otras especies vegetales importadas de otros países.

El hombre

Afirma Becker (4) que al examinar los sacos utilizados normalmente para la cosecha del café en Kenya, se encontraron solo unas pocas uredosporas blancas de *H. vastatrix* normalmente viejas y sin capacidad germinativa. En promedio en dos gotas de un lavado de los sacos plásticos de cosecha se encontraron 0.6 esporas blancas y 0.3 amarillas. El mismo procedimiento con sacos de cosecha de sisal dio 1.0 esporas blancas y 0.5 esporas amarillas.

En las labores de la plantación se pudo observar frecuentemente uredosporas que quedaban adheridas en la ropa o en los brazos del personal.

En experimentos de laboratorio se trató de investigar si era posible una transmisión de la enfermedad de esta forma y el número de esporas que podían ser dispersadas por este mecanismo. Para ello, se rozó por una sola vez con tejidos de distinta textura o con brazos, hojas relativamente atacadas de roya (30, 40% de ataque) y

luego el envés de hojas libres de la enfermedad.

En la tabla 4 se presentan los resultados según los cuales un solo contacto de ropa o brazos del personal basta para permitir que una gran cantidad de uredosporas quede adherida en el envés de hojas sanas. La piel humana (sobre todo sudada) mostró una menor capacidad de transmisión.

TABLA 4. Número de uredosporas de H. vastatrix observadas en el envés de hojas de cafeto después de un leve contacto con tejido o piel contaminada con esporas.

Orden correlativo de las hojas	Esporas blancas	Tejido		Piel	
		Esporas amarillas	Esporas blancas	Esporas amarillas	Esporas blancas
1	-	3.285	-	168	-
2	-	1.022	2	189	-
3	1	509	-	313	-
4	1	124	-	1.208	-
5	2	34	3	610	-
6	-	41	-	16	-

Con base en los anteriores resultados concluye Becker (4) que la constatación de la posibilidad de dispersión de H. vastatrix incluso después de un leve contacto de hojas infectadas con ropa o piel del personal, señala el peligro de una extensión aún mayor de la enfermedad. Si se toma en cuenta la densidad del tránsito aéreo es perfectamente posible imaginar el "transporte involuntario" de esporas por esta vía incluso entre continentes. Los sacos de café pueden ser ocasionalmente vehículos de la roya.

Resumen

De acuerdo con los resultados obtenidos por los distintos investigadores, la diseminación de la roya del cafeto no se efectúa como resultado de la acción de un solo factor sino que es la resultante de eventos que en distintas proporciones configuran la dispersión del inóculo a corta, media y larga distancia. La sumatoria de la acción del viento, la lluvia, los insectos y el hombre dan como resultado la dispersión del inóculo y la velocidad con que dicha dispersión se efectúe en una región dada.

EPIDEMIOLOGIA DE LA ROYA DEL CAFETO

El hospedante

En general, todas las especies de café son atacadas en mayor o menor grado por H. vastatrix, como también lo son las especies silvestres.

La planta de café es susceptible al ataque de la roya durante todas las etapas de su desarrollo : desde el estado cotiledonar hasta y durante la etapa productiva en el campo.

Las variedades que poseen genes específicos de resistencia aunque son infectadas por las razas del hongo no compatibles, el crecimiento del hongo según Rijo y Rodríguez (26) se puede detener en la fase de ancla o sucede un pequeño crecimiento adicional que alcanza a los tejidos lagunosos. Alrededor de seis días después de la inoculación comienza a observarse un aumento progresivo en el volumen de las células del mesófilo con la consiguiente desaparición de los espacios intercelulares. Más tarde todas las células del tejido lagunoso de esa área toman una forma irregular y algunas de ellas engruesan las paredes originando una tumefacción. En estas variedades no se presenta esporulación y por lo tanto el patógeno no se reproduce en este hospedante. Este tipo de resistencia reduce el inóculo inicial (X_0) confinando el inóculo solamente, a las razas que pueden atacar a la variedad (28).

Otras variedades de café que poseen resistencia horizontal son infectadas, el patógeno se establece en ellas pero, o bien el número de lesiones es menor, el período de latencia más prolongado o, la cantidad de esporas producidas por pústula es menor que en una variedad susceptible (28). En este tipo de variedades con resistencia horizontal se reduce la tasa de infección (r) y también algunas veces afecta el inóculo inicial (X_0) indirectamente (28).

Por ejemplo, mientras que el índice de infección por roya en 16 plantas de la variedad Conilón expresado por el número de hojas con pústulas y el número de pústulas por hoja fue de 1.5 y 0.9 respectivamente, para 5 plantas de Mundo Novo fue de 9.4 y 2.7, durante un período de 9 meses (8). En las plantas de Conilón la enfermedad presentó un comportamiento estable durante el período de las observaciones con un índice de infección mensual entre 4.6 para el mayor valor en el mes de mayo y 2.0 en el mes de octubre. Por el contrario en las plantas de la variedad Mundo Novo dicho índice de infección mensual fluctuó entre el 45 % en los meses de junio y julio y 13 % para el mes de septiembre (8).

En relación con la cantidad de follaje de los cafetos, desde las primeras epidemias en Ceylán, se anotaba por parte de Ward, citado por Rayner (24) que en la época en la cual las plantas tenían escaso follaje, las pústulas de la roya eran escasas ; en el perío-

do de incremento del follaje las pústulas se distribuían en la planta, principalmente en las hojas bien desarrolladas y en baja frecuencia en las hojas jóvenes. Durante el siguiente período se observaban miles de pústulas en hojas de diferente edad. En el último período la enfermedad descendía para luego incrementarse un poco al final de la cuarta fase.

En la India (3) también se comprobó una estrecha relación entre el desarrollo del follaje y la severidad de la enfermedad. En las épocas con abundante follaje, es mayor el número de hojas con pústulas y de pústulas por hoja. Figura 2. Esto también ha sido comprobado en Kenya y Brasil (2, 6). Bock (6) estudiando la influencia de la densidad foliar constató niveles de infección máximos de 2.3 y 7.3 pústulas por hoja respectivamente para cafetos con baja y alta densidad foliar. Ortolani (23) comprobó que los mayores niveles de infección se observaron en la población con auto sombra excesiva de las progenies de Borbón amarillo con área foliar estimada en 50 metros cuadrados por planta. También comprobó que los niveles más altos de infección se registraron en el año de mayor producción y que la incidencia de la roya es mayor en la parte de la planta que recibe mayor radiación solar directa.

En relación con el efecto del estado nutricional de las plantas de café y la incidencia de la roya, no se han encontrado evidencias que demuestren que la enfermedad sea más o menos severa con la adición o con la falta de ningún nutriente solo o en combinación con otros (11, 20).

En el Brasil (20) se ha comprobado una relación significativa entre la producción y la incidencia de la roya. En cafetales con mayor producción la enfermedad expresada tanto en porcentaje de hojas con pústulas como pústulas por hoja es mayor que en cafetales con producción media o baja, entre los cuales no se presentan diferencias.

El patógeno

La disponibilidad y la cantidad de inóculo es un prerrequisito para la infección. La eficiencia del inóculo depende de su composición y virulencia y agresividad. La sobrevivencia del inóculo entre un período y otro es una fase importante porque determina el inóculo inicial disponible al comienzo de la etapa susceptible del hospedante, o cuando las condiciones ambientales son favorables. Este inóculo inicial, puede determinar la severidad final en un cultivo en particular.

Bock (6) mostró que el número de pústulas por hoja existentes en la fase de menor incidencia de la enfermedad, (inóculo residual) antes del período de lluvias, determinaba la severidad de la enfermedad durante la siguiente epidemia (tabla 5).

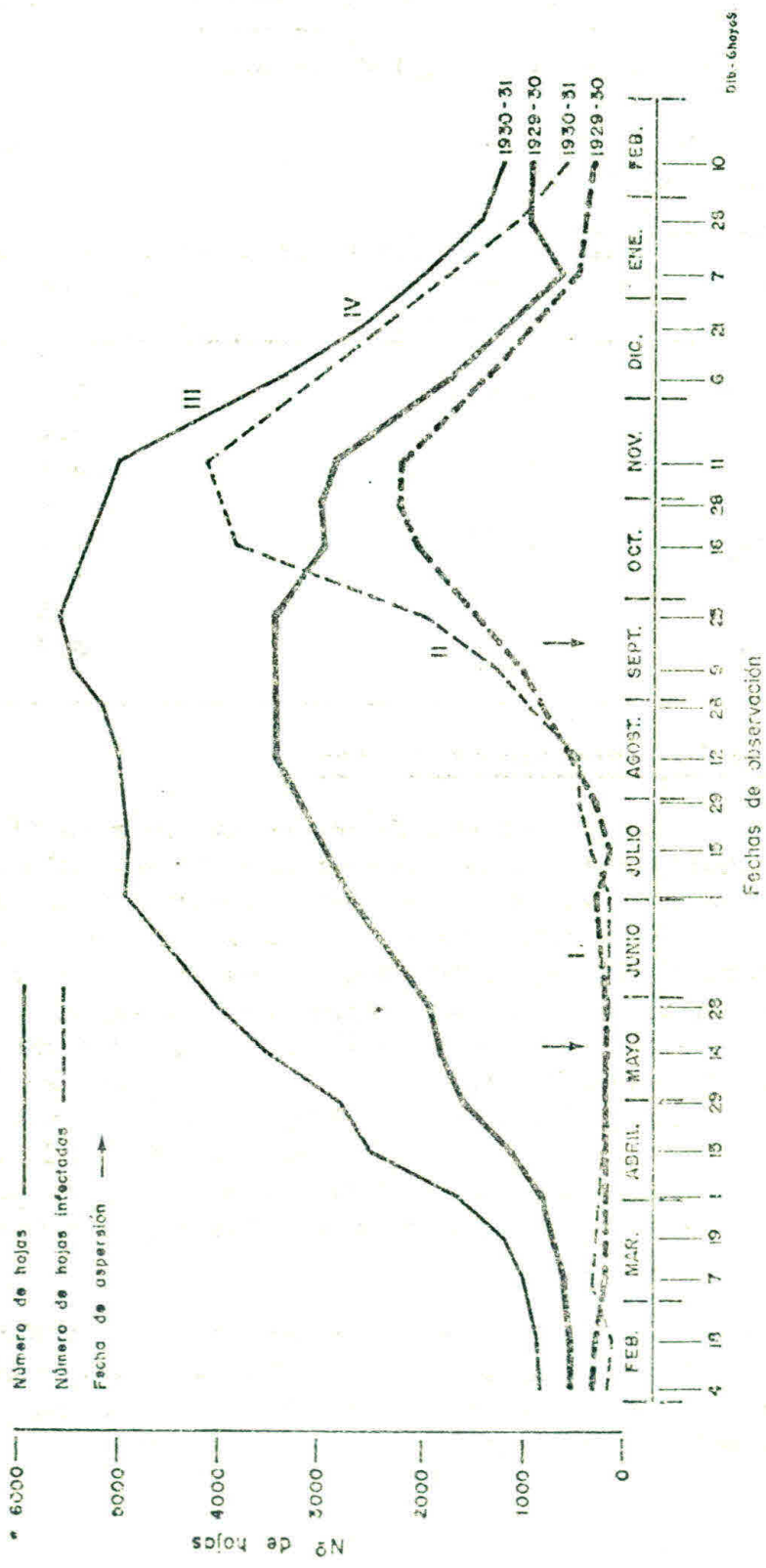


Figura 2.- TOTAL DE HOJAS PRODUCIDAS Y TOTAL DE HOJAS INFECTADAS POR *Hemileia vastatrix* DURANTE DOS AÑOS (I - II - III - IV, ESTADOS DE DESARROLLO SEGUN MAYNE). INDIA, FEBRERO/1929 - FEBRERO/1931.

Según Bock (6) este hecho también fue mencionado por Mayne en la India como el factor principal que afecta la severidad de las epidemias en su país. También en el Brasil Chalfoun (9) menciona la cantidad de inóculo residual como un importante factor que determina la gravedad de la epidemia al final de la estación.

TABLA 5. Relación entre el inóculo residual y el grado final de severidad de la epidemia.

Sitio N ^o	Altitud (pies)	Nivel de infección en la fase menor (N ^o pústulas/hoja)	Máximo nivel de infección en la siguiente epidemia (N ^o pústulas/hoja)
1	5.000-5.500	0.50	7.0
2		0.60	8.5
3		2.60	15.1
4	5.600-5.800	0.20	1.6
5		0.25	2.7
6		0.90	5.5
7		1.50	8.9

Período de incubación y período de latencia

El período de incubación (PI) es el tiempo necesario para el desarrollo de los síntomas (28). En el caso de la roya del café es el tiempo transcurrido entre la llegada de las uredosporas al follaje hasta cuando los primeros síntomas son visibles. En las enfermedades de las plantas el PI es importante, aparte de otras razones, porque la estimación de la cantidad de enfermedad usualmente se hace con base en la enfermedad visible (28). En las enfermedades de las plantas el PI es usualmente más corto que el período de latencia (PL). El período de latencia se define como el tiempo necesario para la formación de una generación del patógeno. En términos de enfermedades fungosas PL es el tiempo después de la iniciación de una nueva lesión, necesario para que las esporas sean liberadas a partir de esa lesión.

La importancia del PI y del PL en el comportamiento epidémico de una enfermedad reside en el hecho de que ellos determinan el número de generaciones del patógeno que se pueden producir durante una determinada fase del cultivo y por lo tanto son básicas en el incremento de la tasa de infección y en el daño que la enfermedad pueda causar sobre la cosecha.

El PI y el PL de *H. vastatrix* está influenciado por los factores de la planta (resistencia), del patógeno (agresividad) y los factores ambientales, siendo el principal de ellos la temperatura.

En la relación café-roya el PI y PL han sido estudiados profusamente y su variación es muy amplia dependiendo de la región y de las condiciones ambientales durante el año.

Rayner (24) registra que el PI varió de 25 a 45 días para que el 5% de las lesiones esporularan y de 27 a 45 día para el 50%. Bock (6) en Kenya registró que para la primera aparición de manchas incipientes visibles, el período era de 23 días; períodos hasta de 27 días se registraron para épocas más frescas y en los distritos más bajos y calientes del oeste del Valle del Rift los promedios fueron de 20 días y aún se observaron períodos tan cortos como 18 a 19 días. Rara vez observó períodos mayores de 35 días, siendo el máximo de 42.

En el Brasil Moraes y colaboradores (21) estudiaron el PI de H. vastatrix expresado como el tiempo desde la inoculación hasta la esporulación del 50% de las lesiones resultantes bajo condiciones de sombra y a plena exposición; en tres localidades situadas a distintas altitudes. Encontraron que el PI varió entre los extremos de 28 y 65 días. Encontraron diferencias bajo las condiciones de sombra y pleno sol atribuidas a las condiciones microclimáticas de cada tratamiento. En los meses más fríos el PI fue menor a pleno sol que a la sombra. En los meses más calientes el PI fue más corto a la sombra.

Otro trabajo realizado en el Brasil por Figueiredo y colaboradores (12) determinó que el PI (50% de lesiones esporulando) variaban de acuerdo con el mes en que se hicieran las inoculaciones y sus condiciones climáticas prevalentes, desde 3.5 hasta 5.5 semanas.

Trabajos realizados por Kushalappa y Martins (17) en el Brasil demostraron que el período de incubación y el período de generación o de latencia de H. vastatrix en café a la sombra fue de 29 a 62 días y de 38 a 70 días respectivamente. El período necesario para que el 5% y el 95% de las lesiones máximas (PI) o lesiones esporulantes (PL) en el 50% de las hojas en las cuales las lesiones se desarrollaron varió de 4 a 22 días y de 16 a 27 días.

El clima

Los factores climáticos son los más importantes entre los factores ambientales que afectan a las enfermedades de las plantas y su desarrollo epidémico. En general el factor más importante (excepto para virus) es la humedad foliar, debida al rocío, la lluvia o la neblina, tanto para la infección como para la esporulación. Siguen en orden de importancia la temperatura, la cual determina los procesos del ciclo de la enfermedad, en particular la duración de los períodos de incubación y de latencia. La lluvia puede ser importante en la dispersión de las enfermedades pero además también puede proporcionar alta humedad y humedad foliar. La luz en diferen-

tes formas puede tener importancia en el progreso de la enfermedad. En los trópicos, la escasez de agua durante la época seca es el factor más limitante en la supervivencia de los patógenos (14).

Altitud

En el trópico hay una relación inversa entre la temperatura y la altitud.

En Kenya según Dawson, citado por Bock (6) la intensidad de la roya se incrementa cuando disminuye la altitud. En el Brasil, Matiello, citado por Schieber (27) encontró que la severidad de la enfermedad disminuye en las áreas localizadas por encima de 700 m de altitud. Bock (6) confirmó que en el este de Africa hay un marcado efecto de la altitud sobre el nivel de la enfermedad y que tal factor es uno de los más importantes en la determinación de la severidad de la enfermedad.

Bock (6) menciona que la lluvia (1.470 mm) y la temperatura en el oeste del Valle del Rift en el rango de 1.525 - 1.675 m son normalmente más altas que a altitudes similares en el este del Rift. Esos dos factores son los que incrementan la severidad de las epidemias en el oeste en comparación con el este. Las altas temperaturas incrementan la tasa de multiplicación del patógeno. En el este de Africa durante la estación húmeda se pueden desarrollar de 5 a 6 generaciones del patógeno a 1.370 m, pero sólo 3 a 4 a 1.830 m según Waller (29).

De acuerdo con Bock (6) cuando la temperatura no es un factor limitante, la severidad de la epidemia depende de la interacción de los siguientes factores: distribución e intensidad de las lluvias, cantidad de inóculo al final de la estación seca y grado de densidad foliar al comienzo y durante el curso del período de lluvias.

Temperatura

La temperatura afecta el desarrollo epidémico de la roya del café debido a su acción directa sobre el proceso de germinación e infección del hongo y una vez establecido sobre el período de incubación y de latencia.

En los países tropicales la temperatura parece que no es un factor determinante en la variación estacional de la enfermedad.

Sobre la acción de la temperatura en la germinación de las esporas en el campo, Rayner (24) analiza la relación existente entre la temperatura mínima nocturna, su duración y las probabilidades de que ocurra germinación e infección en las plantaciones. El concluye que la temperatura puede ser un factor limitante si es inferior a 15°C o si la temperatura óptima coincide con ausencia de hume-

dad foliar. En el este del Rift en Kenya, donde la roya es importante, la germinación probablemente es más fomentada por condiciones como las que existen alrededor del crepúsculo y durante las primeras horas de la noche. También puede tener lugar después de las 22 horas, pero la germinación se vuelve menos probable con el avance de las horas de la noche, cuando las temperaturas bajan.

En áreas de mayor altitud agrega Rayner (24) la ausencia o el bajo nivel de la roya posiblemente podría relacionarse con los bajos niveles de temperatura durante la noche, lo que reduciría el número de oportunidades en las cuales podría ocurrir germinación. Por el contrario, una disminución de la altura significaría tanto una mayor frecuencia de noches con temperaturas óptimas, como también un mayor número de horas en tales noches cuando podría ocurrir la germinación.

En el Brasil, según Monaco (20) al contrario de lo que podría esperarse, se encontró que durante el verano, cuando llueve y las temperaturas son altas, las epidemias de la roya se retrasan. De acuerdo con la región, durante el verano la infección se detiene en el estado de "fleck" o pequeñas manchitas cloróticas.

Experimentalmente Ribeiro y colaboradores (25) demostraron que una temperatura de 40°C durante 4 horas en 4 días consecutivos fue suficiente para impedir la evolución de la roya en plantas inoculadas en laboratorio que ya presentaban síntomas de la enfermedad. Bajo condiciones de campo y en los meses de verano ocurren a menudo, temperaturas de 40°C en el haz de hojas expuestas a la luz solar directa. En estos casos el ciclo epidemiológico de la roya se atrasa aunque los demás factores climáticos sean favorables.

Esto ha sido confirmado bajo condiciones de campo, Alfonsi y colaboradores (1) registran que en febrero de 1977 las temperaturas máximas alcanzó a 34.6°C evidenciando un efecto depresivo sobre el desarrollo de la roya, cuando los niveles de infección se estacionaron alrededor de 0.2 pústulas por hoja. Condiciones térmicas más favorables ocurrieron entre abril y julio cuando las temperaturas medias mensuales oscilaron alrededor de 19.8 a 22°C y aún bajo condiciones de baja pluviosidad, el nivel de infección alcanzó 2.3 pústulas por hoja.

Chalfoun (9) encontró que las bajas temperaturas principalmente durante el período nocturno afectó el proceso de germinación de las esporas de la roya haciendo que 3 a 4 meses después ocurriera un descenso en el índice de la roya en los cultivos. Este hecho fue evidente a través del análisis de correlación donde solo se obtuvieron coeficientes de correlación significativos entre el índice de la roya de determinado mes y la temperatura (número de hojas con temperatura nocturna entre 15 y 28°C durante un período mínimo de 8 horas) de los 3 ó 4 meses anteriores.

De acuerdo con las investigaciones realizadas, la temperatura puede afectar el desarrollo epidémico de la roya si se presentan bajas temperaturas nocturnas (menores de 15°C), al disminuir la germinación de las uredosporas y por lo tanto la iniciación de nuevas infecciones. También bajas temperaturas alargan la duración del PI y PL.

LLuvia

Teniendo en cuenta que en los países tropicales la variación de la temperatura durante el año es mínima y que el factor climático que presenta una mayor variación estacional en la precipitación, este ha sido quizá el factor ambiental más estudiado en relación con la evolución de la roya del cafeto a través del tiempo. La disponibilidad de agua o balance hídrico es otro factor que indirectamente influye sobre el desarrollo de la enfermedad a través de su acción sobre el desarrollo de la planta del cafeto. La formación del follaje, el crecimiento de las ramas, la floración y la maduración de los frutos está estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua para la planta. A su vez el desarrollo de la planta, principalmente la cantidad de hojas está relacionado con la mayor o menor intensidad de la enfermedad, en función de la cantidad de tejido susceptible y disponible a la infección.

Desde los primeros estudios de Ward en Ceylán la evolución de la roya se ha relacionado con las épocas de lluvias y con el desarrollo del follaje. En la India, Mayne, citado por Baeza (3) encontró una estrecha relación entre el comportamiento de las lluvias y la epidemia de la enfermedad. En ese país, las lluvias fuertes y continuas parecen producir un efecto detrimento sobre la enfermedad. El incremento es más rápido en períodos lluviosos con intervalos soleados. Bock (6), observó una relación directa entre cantidad de lluvia y número de esporas dispersadas en el área foliar.

Concluyó que el mínimo de lluvia efectiva para dispersar y garantizar infección era de 7.5 mm. Sin embargo, Becker (4) también en Kenya, registra que con lluvias menores de 7.5 mm se lograron contar importantes cantidades de esporas. Bock (6) encontró que el primer incremento ocurrió 21 días después del primer grupo de aguaceros, y la intensidad del ataque varía de acuerdo con la intensidad de las lluvias. El considera que se debe cambiar el concepto de "período infeccioso" según el cual las esporas ya distribuidas pueden germinar e infectar cuando las condiciones sean favorables, por el de período de dispersión, en el cual las esporas son distribuidas por la lluvia y la germinación e invasión sigue a continuación como un proceso continuo.

Para las condiciones de Kenya, Bock (6), estableció que el ciclo de la roya se caracteriza por tres fases estacionales distintas. La primera al final de la estación seca, presenta baja incidencia. Du-

rante esa fase en condiciones normales de sequía, no ocurren nuevas infecciones. La segunda fase se inicia después de las primeras lluvias. El inóculo presente en las pústulas es diseminado por la lluvia. En la tercera fase se verifica una declinación acentuada debido a la caída de las hojas infectadas.

En el este del Valle del Rift en donde hay dos períodos de lluvias monzónicas, separadas por una estación seca, hay siempre una tendencia para que existan dos picos de la enfermedad, que puede variar por modificaciones en las lluvias según su intensidad o tender a unirse (Figura 3). En el oeste del Rift, las lluvias ocurren durante un período más o menos continuo desde abril hasta noviembre. Allí resulta una epidemia extendida constantemente durante las lluvias y ocasionalmente interrumpida por períodos de caída de hojas (6). (Figura 4).

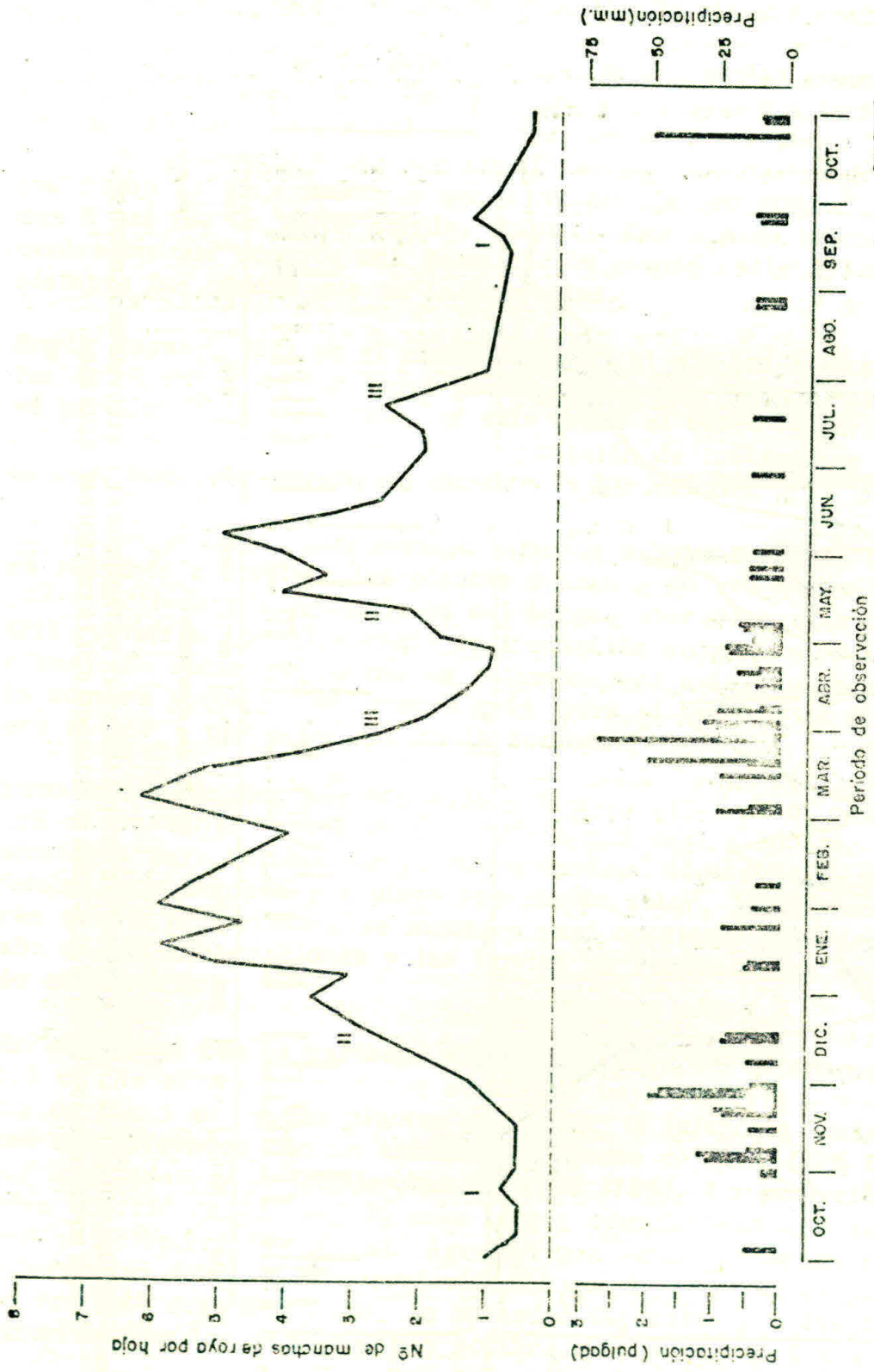
En el Brasil, Chalfoun (9) estudió el comportamiento de la roya del café bajo condiciones de campo durante seis años consecutivos y lo relacionó con la temperatura del aire y las lluvias. Los resultados de los análisis de correlación entre el índice de la roya la precipitación demostraron que los mayores coeficientes de correlación obtenidos fueron aquellos entre el índice de la roya de un mes y la lluvia de 5 a 6 meses anteriores. Por lo tanto, concluye la autora, el inicio del desarrollo de la enfermedad en determinado año agrícola, hasta alcanzar su punto máximo, no coincidió con el inicio del período lluvioso, presentándose este, solo como un parámetro indicativo para prever el índice de la enfermedad en los cultivos. Las localidades estudiadas se caracterizan por presentar un período de verano lluvioso y un invierno seco, lo que condiciona la ocurrencia de un solo pico de la enfermedad que ocurre en el período de 5 a 6 meses después del inicio de la estación lluviosa.

De acuerdo con Kushalappa y Chaves (16) el factor lluvias aislado, explica el 69% de la variación en el desarrollo de la roya del café, de acuerdo con el análisis de regresión.

La lluvia es un factor muy importante en el desarrollo de una epidemia (incremento en la intensidad y severidad) de la roya del café. La lluvia actúa como factor determinante en la germinación de las esporas, en su dispersión, e indirectamente sobre otros factores ambientales como la humedad relativa, la temperatura y la luminosidad. También parece ejercer un efecto detrimental sobre el incremento de la enfermedad cuando la intensidad y frecuencia de las lluvias exceden determinados niveles.

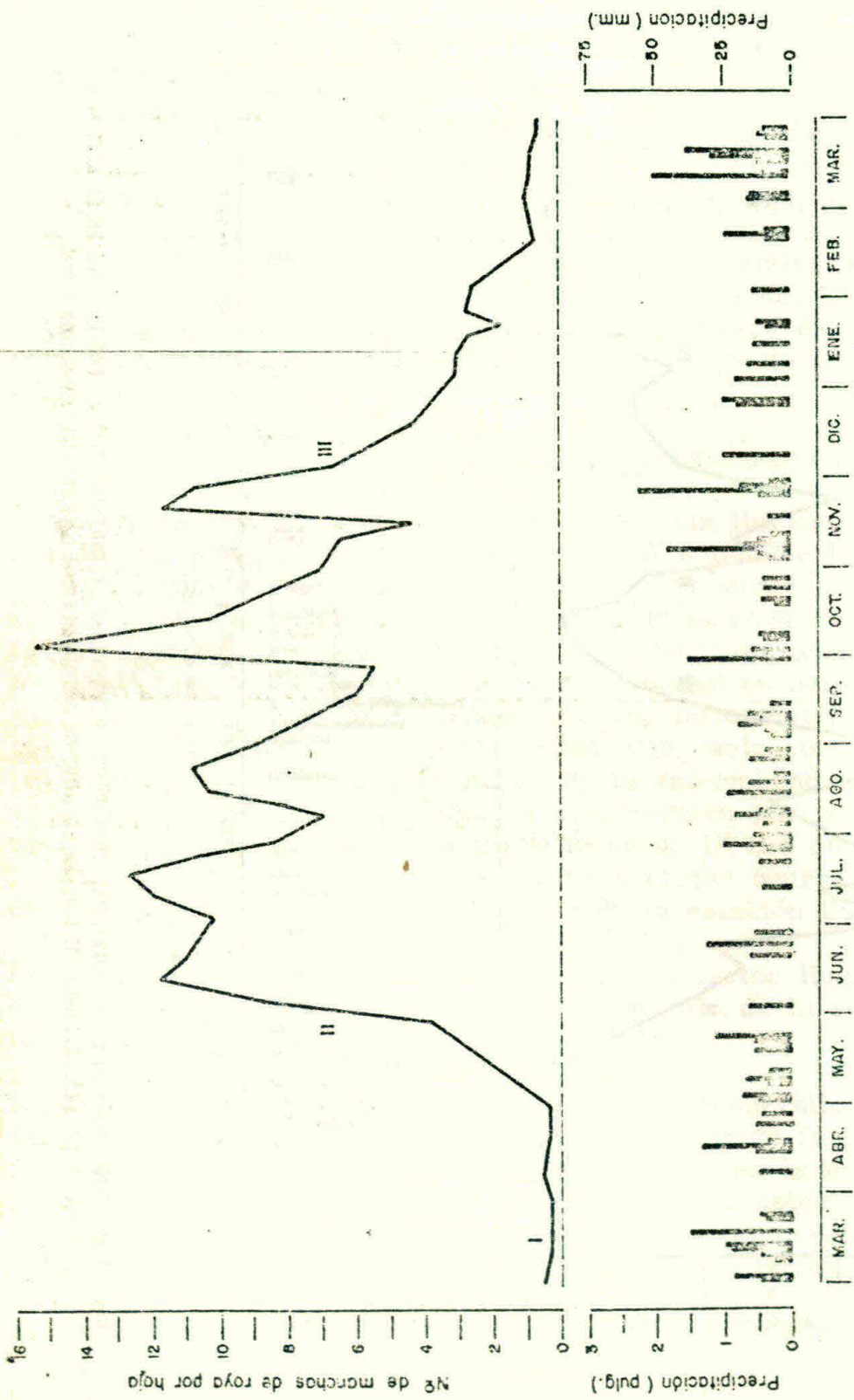
La luminosidad

De acuerdo con los estudios sobre la biología de Hemileia vastatrix la luz es un factor determinante para la germinación de las uredosporas, para el inicio del proceso infectivo y para la sobrevivencia



Dió. - Ghojeos

Figura 3.- COMPORTAMIENTO DE LA ROYA DEL CAFETO CON RELACION A LA DISTRIBUCION DE LAS LLUVIAS EN EL ESTE DEL VALLE RIFT (KENYA, 1960-1961). I - II - III, ESTADOS DE DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD SEGUN BOCK.



Dib. - Gheyos.

Figura 4.- COMPORTAMIENTO DE LA ROYA DEL CAFETO CON RELACION A LA DISTRIBUCION DE LAS LLUVIAS EN EL OESTE DEL VALLE RIFT (KENYA, 1950-1961). I - II - III, ESTADOS DE DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD SEGUN BOCK.

o viabilidad de las uredosporas producidas o sea para la cantidad de inóculo efectivo disponible para la iniciación de una epidemia.

Nutman y Roberts, según Rayner (24) midieron las intensidades de luz en el envés de hojas en el campo en Kenya. La lectura más alta, de 315 lux, se encontró en hojas expuestas a plena luz solar. Hojas en autosombra durante un día soleado dieron valores tan bajos como 24 lux, mientras que a medio día, en condiciones nubladas 5 lux fue un valor común. Bajo condiciones de laboratorio encontraron que ocurría una germinación considerable a 10 lux aunque siempre fue menor que en la oscuridad.

Según Rayner, (24) en el campo durante el día las intensidades de luz en el envés de las hojas podría bajar más del punto en el cual se produciría la inhibición, si este fuese el único factor. Pero además existe el efecto sobre la evaporación de las goticas de agua, la cual ocurre rápidamente durante la luz del día.

La mayor o menor luminosidad también influye sobre la temperatura reinante a nivel de las plantas y esta a su vez sobre los procesos infectivos y reproductivos del hongo. Moraes y colaboradores, (21) registran que el período de incubación en plantaciones a plena exposición solar en los meses calientes era más prolongado que a la sombra y que en los meses más fríos el período de incubación era menor a pleno sol que en la sombra.

Estudios realizados por Machado y Matiello (18) en el estado de Ceará al norte del Brasil ($4^{\circ} 2' 00''$ latitud sur) a 900 m. de altitud sirvieron para determinar la curva epidemiológica de la roya en cafetales bajo sombra y a plena exposición solar. Mencionan los autores que la temperatura se mantuvo casi constante durante todo el año de las observaciones y las lluvias se concentraron en el período enero-junio.

En el cafetal con la variedad Típica de cerca de 50 años de edad, 2.5 m de altura promedio y sembrado bajo sombrío a una distancia de 2 x 1 m y dos plantas por sitio, la infección alcanzó índices más elevados con un máximo en agosto de 1978 (83% de las hojas infectadas) y en septiembre de 1979 (70%). La evolución de la roya ocurrió en un período más largo, completando un ciclo de abril a diciembre (9 meses). Agregan que este comportamiento de la enfermedad debe estar correlacionado con la cantidad de follaje poco variable durante el año, la humedad favorable y a las cargas horizontales en los cultivos bajo sombra.

En la plantación a plena exposición solar correspondiente a plantas de la variedad Catuai de 4 años de edad, 1.80 m de altura promedio y sembrado a 3.5 x 2 m y dos plantas por sitio, los porcentajes de infección cayeron con mayor rapidez con la evolución de la enfermedad, ocurriendo en el período abril a septiembre (6 meses)

con índices en el pico de la enfermedad en agosto de 1978 de 54 %, y junio de 1970 36 % que son niveles más bajos que los encontrados en la plantación bajo sombra (Figura 5).

Modelos epidemiológicos

La epidemiología es el estudio de las poblaciones de patógenos en una población de hospedantes, bajo la influencia de los factores ambientales y la intervención humana (13).

La epidemiología estudia los aspectos ecológicos de la patología vegetal utilizando técnicas de investigación ecológica y además las matemáticas. Por esta razón, su énfasis está puesto en la dinámica de las interacciones y no solamente en la simple descripción de los requisitos para la infección, el desarrollo de la enfermedad, la esporulación y otros puntos cardinales.

Generalmente las epidemias se entienden como un rápido incremento de una enfermedad durante un período limitado y en áreas restringidas. Las epidemias debido a las interacciones tienen todas las características de un sistema, es decir "complejos entrelazados de procesos caracterizados por muchos caminos recíprocos de causa y efecto". Figura 6. (13).

Kushalappa (15) realizó un estudio con el fin de desarrollar métodos para cuantificar la tasa de desarrollo de la roya del café y encontrar si una razonable cantidad de la variación en la tasa de desarrollo de la roya podía ser explicado con la aplicación de modelos lineares. Encontró que la tasa de desarrollo de la roya del café calculada con base en la proporción de las hojas enfermas presentes mostraba un falso descenso debido a la caída de las hojas enfermas y debido a la formación de nuevas hojas y a un falso incremento debido a la caída de hojas no enfermas por la roya.

Por medio del análisis de regresión "stepwise" se identificó las combinaciones de variables biológicas y meteorológicas que mejor explican la variación en la tasa de desarrollo de la roya del café, la cual fue corregida por el período de expansión de la hoja, período de incubación, defoliación y formación de hojas. La variable proporción del área foliar ocupada por masas de esporas visibles (índice de área con esporas) sola explicó hasta el 78 % de la variación en el desarrollo de la roya; la temperatura mínima hasta el 72 % dependiendo de los intervalos de predicción. Las dos anteriores variables junto con las variables lluvia, temperatura máxima y nuevas hojas formadas, explicó el 94 % de la variación en la tasa de desarrollo de la roya a un intervalo de predicción de 56 días.

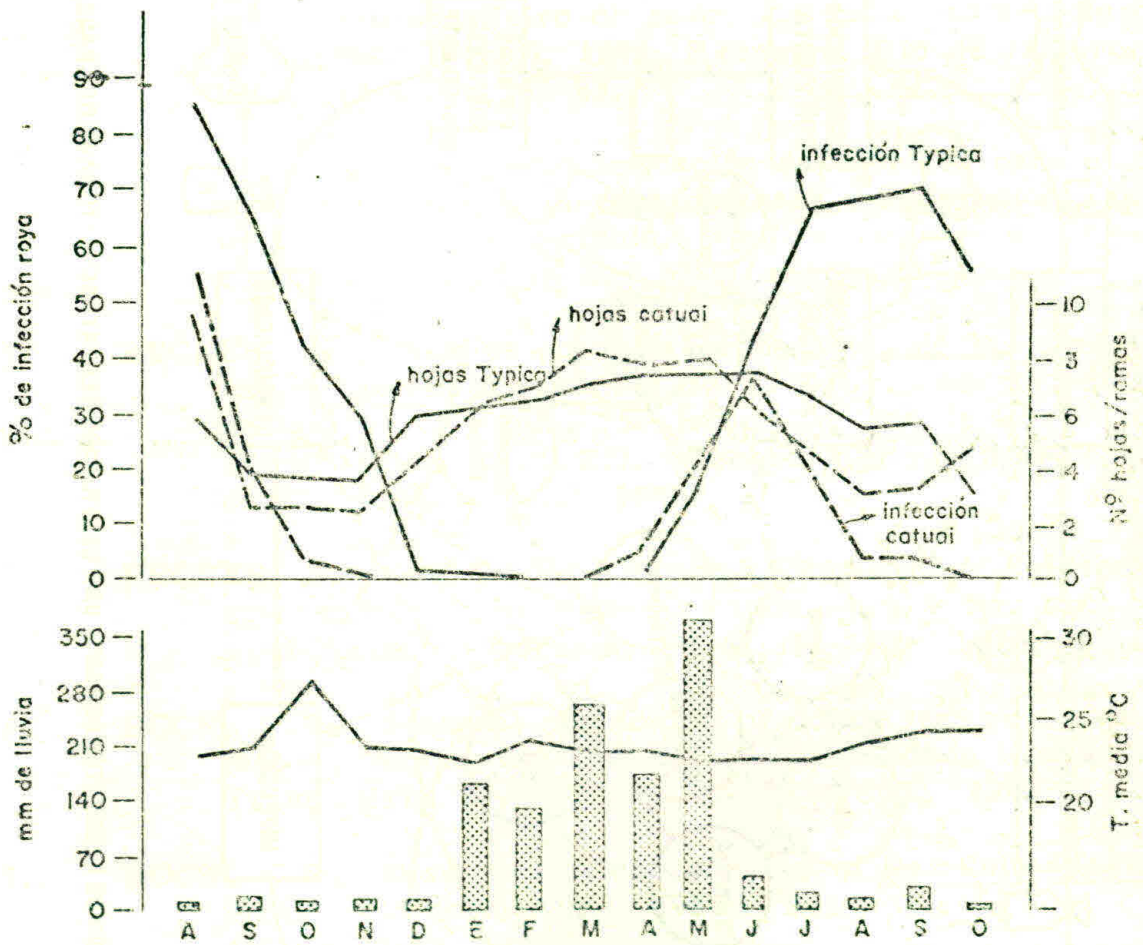


Figura 5.- CURVAS EPIDEMIOLÓGICAS DE ROYA, NÚMERO DE HOJAS Y CONDICIONES CLIMÁTICAS EN IBIAPABA - CE, 78/79.

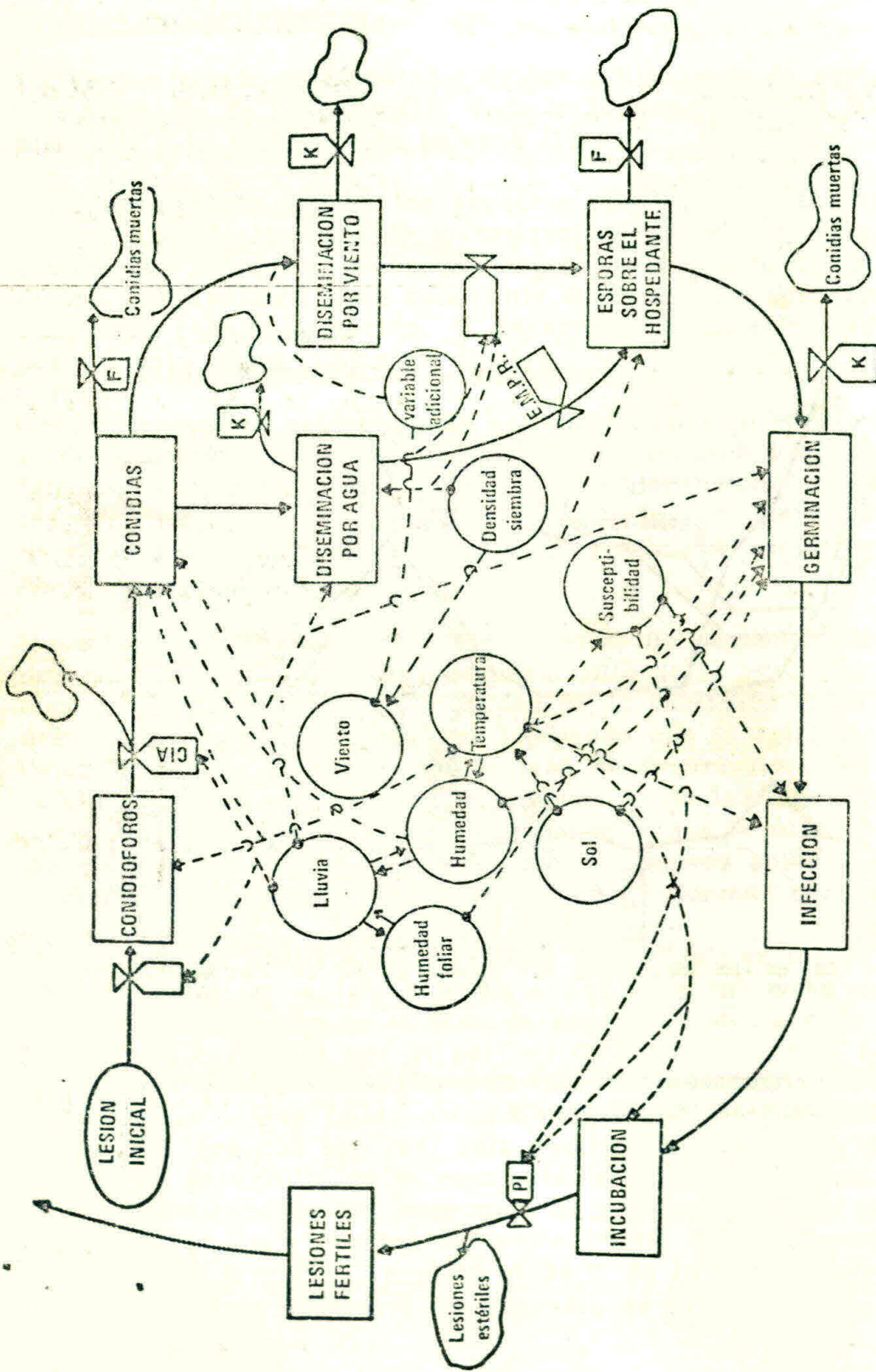


Figura 6.- INTERACCION DE ELEMENTOS DURANTE UNA GENERACION DEL PATOGENO (TOMADO DE KRANZ, 1974)

BIBLIOGRAFIA

1. ALFONSI, R.R. ; ORTOLANI, A.A. e FIGUEIREDO, P.
Condições climáticas e níveis de infecção da ferrugem do cafeeiro em C. arabica L. In Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras 5ª Guarapari, Brasil. 1977. Resumos. Rio de Janeiro. IBC. 1977. p. 108-109.
2. ALFONSI, R.R. ; ORTOLANI, A.A. ; PINTO, H.S. ; PEDRO JUNIOR, M.S. e BRUNINI, Q. Associação entre nível de infecção da ferrugem do cafeeiro, variáveis climáticas e área foliar, observada em Coffea arabica L. In Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras 2ª. Pocos de Caldas. Brasil. 1974. Resumos. Rio de Janeiro. IBC. 1974. p. 80-83.
3. BAEZA, A.C. Epocas de aplicación de cúpricos para el control preventivo de la roya del café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café. 26 h. 1979 (mimeografiado).
4. BECKER, S. Estudios sobre la propagación de las uredosporas de Hemileia vastatrix Berk. & Br., agente causal de la roya en Kenia. Sociedad Alemana de Cooperación Técnica Ltda. (G.T.Z.). Eschborn, República Federal de Alemania. 70 p. 1979.
5. BECKER, S. ; MULINGE, S.K. and KRANZ, J. Evidence that uredospores of Hemileia vastatrix Berk & Br. are wind-borne. *Phytopath. Z.* 82:359-360. 1975.
6. BOCK, K.R. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factor affecting the severity of outbreaks in Kenya Colony. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45(3):289-300. 1962.
7. BOCK, K.R. Dispersal of uredospores of Hemileia vastatrix under field conditions. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 45(1) : 63-74. 1962.
8. CADENA, G.G. Expresión de resistencia horizontal a la roya (Hemileia vastatrix) en la variedad Conilón (Coffea canephora). Tesis. M. Sc. Programa de Graduados en Ciencias Agrarias UN-ICA. Bogotá, Colombia. 185 h. 1978.
9. CHALFOUN, S.M. Importancia da chuva e da temperatura do ar na incidência da ferrugem (Hemileia vastatrix Berk. et Br.) em cafeeiros de tres localidades do estado de Minas Gerais. Tesis. M. Sc. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, M.G. Brasil. 50 h. 1980.

10. FIGUEIREDO, P. ; ALFONSI, R.R. ; ORTOLANI, A.A. ; MARIOTTO, P.R. e PALAZZO, D.A. Presença de uredosporos de Hemileia vastatrix Berk. & Br., no ar e sua importancia sobre epidemiologia da ferrugem. In Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras 5^o Guarapari, Brasil. 1977. Resumos. Rio de Janeiro. IBC. 1977. p. 87-88.
11. FIGUEIREDO, P. ; HIROCE, R., e OLIVEIRA, P.A. Estado nutricional e ataque da ferrugem do cafeeiro (Hemileia vastatrix Berk. et Br.). O Biologico (Brasil) 41:164-167. 1976.
12. FIGUEIREDO, P. ; MARIOTTO, P.R. ; SILVEIRA DA, A.P. e GERALDO JUNIOR, C. Periodo de incubacao, evolucao de Hemileia vastatrix Berk. & Br. e a utilizacao da equacao da Rayner em alguns municipios cafeeiros do estado de Sao Paulo. O Biologico (Brasil) 43:32-40. 1977.
13. KRANZ, J. (Ed.) Epidemics of plant diseases. Mathematical analysis and modelling. Springer, Berlin. 1974. 170 p.
14. KRANZ, J. Some relevant aspects of epidemiology. In Regional Seminar-workshop on prognosis and warning in plant protection. Manila, Filipinas. Feb.27-Marzo 18. 1978. p. 24-34.
15. KUSHALAPPA, A.C. Linear models applied to variation in the rate of coffee rust development. Phytopath. Z. 101:22-30. 1981.
16. KUSHALAPPA, A.C. and CHAVES, G.M. An analysis of the development of coffee rust in the field. Fitopatologia brasileira 5:95-103. 1980.
17. KUSHALAPPA, A.C. and MARTINS, C.P. Incubation and generation periods for Hemileia vastatrix on coffee in Vicosa, Minas Gerais. Fitopatologia brasileira. 5:177-183. 1980.
18. MACHADO, J.R.M. e MATIELLO, J.B. Curva epidemiologica da ferrugem (Hemileia vastatrix Berk. et Br.) em cafeeiros sombreados e a pleno sol, na Ibiapaba, Norceste do Ceara. In Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras 7^o Araza, Brasil. 1979. Resumos. Rio de Janeiro. IBC. 1979. p. 293-294.
19. MARTINEZ, J.A. ; PALAZZO, D.A. ; KARAZAWA, M. ; MONTEIRO, M.V.M. e REU, N.R.N. Presença de esporos de Hemileia vastatrix Berk. & Br. agente causal de ferrugem do cafeeiro em diferentes altitudes nas principais areas cafeeiras dos estados de Sao Paulo e Paraná (Brasil). O Biologico (Brasil) 41(3):77-83. 1975.

20. MONACO, L.C. Consequences of the introduction of coffee rust into Brazil. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 287:57-71. 1977.
21. MORAES DE, S.A. ; SUGIMORI, M.H. ; RIBEIRO, I.J.A. ; ORTOLANI, A.A. e PEDRO JUNIOR, M.J. Período de incubação de Hemileia vastatrix Berk. et Br. em três regiões do estado de São Paulo. *Summa Phytopathologica (Brasil)* 2:32-38. 1975.
22. NUTMAN, F.J. ; ROBERTS, F.M. and BOCK, K.R. Method of uredospore dispersal of the coffee leaf rust fungus, Hemileia vastatrix. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 43(3): 509-515. 1960.
23. ORTOLANI, A.A. Contribuição ao estudo ecológico da ferrugem do café (Hemileia vastatrix Berk. et Br.) em diferentes populações de Coffea arabica da região de Pindorama S.P., Brasil. Tese D. Sc. Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu. Botucatu, Brasil 90 h. 1973.
24. RAYNER, R.W. Micología, historia y biología de la roya del café. Trad. L. Muller. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1972. 68 p. (Publ. Misc. No.94).
25. RIBEIRO, I.J.D. ; MONACO, L.C. ; TISELLI FILHO, D. e SUGIMORI, M.H. Efecto da alta temperatura no desenvolvimento de Hemileia vastatrix em cafés suscetíveis. *Bragantia (Brasil)* 37(2):12-16. 1978.
26. RIJO, L. e RODRIGUES JUNIOR, C.J. Processo de infecção da Hemileia vastatrix Berk. & Br. em cultivares suscetíveis e resistentes de Coffea arabica L. *García de Orta. Ser. Est. Agron. (Portugal)*. 5(1-2):23-24. 1978.
27. SCHIEBER, E. Present status of coffee rust in South America. *Ann. Rev. Phytopath.* 13:375-382. 1975.
28. VAN DER PLANK, J.E. *Plant diseases : epidemics and control.* New York, Academic Press. 1963. 340 p.
29. WALLER, J.M. Coffee rust in Latin America. *PANS.* 18:402-408. 1972.