

Capítulo VIII

LA ESCOBA DE BRUJA DEL CACAO [*Crinipellis pernicioso (Stahel)* Singer] EN LA REGION DEL PIEDEMONTE LLANERO DE COLOMBIA: LA DINAMICA DE LA PRODUCCION DE ESCOBAS Y EL PERIODO DE LATENCIA.

Germán Tovar¹, Miguel Mayorga², Guillermo Rondón², Ciro Cifuentes², Jesús Prieto² y Mario Ortíz².

¹ Profesor Titular.

¹⁻² Ingenieros Agrónomos. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 14490. Santa Fé de Bogotá. D.C.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar la dinámica de la formación de escobas en el tiempo, el período verde y el período seco de la escoba y la capacidad de regeneración de las mismas después de su remoción. El estudio se realizó durante varios años en tres plantaciones híbridas de cacao de 5, 7 y 12 años. Las tasas de infección variaron de un año a otro y estuvieron relacionadas con la cantidad de inóculo inicial (X_0). La proporción de enfermedad de un año a otro o incremento anual del número de escobas fue relativamente constante con un intervalo

de variación entre 1: 1,5, y 1: 2,5. La mayor parte de las escobas tuvieron un período verde entre 4 y 6 semanas. El período seco o de inducción de la fructificación del hongo fue variable y su duración depende de la época del año en que ocurre la infección, con un mínimo de 14 semanas y un máximo de 54 semanas. El ciclo de la enfermedad es predominantemente anual o monóclico dentro de un año y poliético a través de varios años, lo cual determina la periodicidad anual de la poda fitosanitaria de las escobas para el control de la enfermedad. La brotación enferma después de la remoción de las escobas fue de 6,3% y su desarrollo fue escaso (3 cm), lo cual sugiere que la poda fitosanitaria de las escobas es

una medida eficaz desde el punto de vista de reducción del inóculo (Xo), estrategia de control especialmente relevante en las enfermedades monocíclicas.

INTRODUCCION

La escoba de bruja del cacao causada por *C. pernicioso* (Stahel), Singer, es una enfermedad endémica del Valle Alto del Amazonas, que ocasiona pérdidas importantes en cultivos de Suramérica e Islas del Caribe (Baker y Crowdy, 1941-1943; Baker y Dale, 1944; Baker y Holliday, 1937; Medeiros, 1974; Capriles, 1977; Buriticá, 1984).

El hongo fue descrito inicialmente por Stahel (1913) quien lo denominó *Marasmius perniciosus* y, posteriormente, fue transferido por Singer (1942) al género *Crinipellis*. Los variantes morfológicos del hongo se comenzaron a establecer desde la primera descripción efectuada por Stahel en 1915 y hasta ahora han sido descritas tres variedades (Pegler, 1978; Evans, 1978). Se han identificado varios patotipos (variantes patogénicos) basados en la reacción producida sobre cacao, lianas y solanáceas (Evans, 1978; Bastos y Evans, 1983). El hongo infecta tejidos en activo crecimiento, induciendo una amplia variedad de síntomas sobre brotes y yemas vegetativas, cojines florales, flores y frutos; sin embargo, el síntoma típico consiste en una proliferación anormal de yemas hipertrofiadas (escoba) como consecuencia de la infección de las yemas vegetativas y, en ocasiones, de los cojines florales (Baker y Holliday, 1937). Las escobas de cojín presentan características similares a las escobas de yema vegetativa, salvo por su menor proliferación de yemas axilares (Thorold, 1975).

Las escobas presentan un período verde seguido por un período de marchitamiento

y muerte que culmina en la formación de los basidiocarpos del hongo. Durante el período verde el micelio parasítico crece intercelularmente (Stahel, 1913; Pegus, 1972) dentro del tejido parenquimatoso (Calle, 1978; Calle, Cook y Fernando, 1982) del córtex, floema, xilema, cambium vascular y médula observándose tanto hifas lisas como convolutas. Las hifas son relativamente gruesas, entre 2,5 y 10 μm en estados tempranos (Mayorga, 1988), monocarióticas y sin conexiones en grampa (Pegus, 1972, Evans, 1980); las células asociadas con la hifa incrementan el espesor de la pared, siendo de 1,4 μm con 7 a 12 capas de microfibrilos hacia la mitad del período verde (3-6 semanas), alcanzando su máximo grosor al final del período (2,4 μm) con, aproximadamente, 15 capas de microfibrilos (Mayorga, 1988); la destrucción de células en esta fase es poco frecuente.

La duración del período verde fluctúa entre 3 y 6 semanas (Baker, Crowdy y Thorold, 1941; Capriles, 1977; Aranzazu, 1981). Cuando la escoba se marchita y muere hay un período de aparente inactividad, denominado *período de dormancia*, *período seco* o *período de inducción de la fructificación*, con una duración mínima de 11 semanas, promedia entre 20 y 23 semanas y máxima de 78 semanas (Baker y Crowdy 1943; Capriles, 1977; Aranzazu, 1961; Evans y Solórzano 1982), en el cual no hay producción de basidiocarpos independientemente de las condiciones ambientales.

La cantidad de inóculo y la tasa de progreso de la enfermedad son parámetros epidemiológicos mayores de utilidad para el manejo de las enfermedades (Van der Plank, 1963, 1968, 1973, Zadoks y Schein, 1979; Fry, 1982), de igual manera que el conocimiento del ciclo de enfermedad. La formación de escobas está en función del hospedante y los factores ambientales, habiéndose observado una marcada periodi-

cidad en Trinidad de acuerdo con la floración y brotación del cacao (Baker y Mckee, 1943; Cronshaw y Evans, 1978); la precipitación es el factor climático que tiene una mayor influencia en la producción de escobas y basidiocarpos, de esta manera la enfermedad comienza a incrementarse con la aparición de las lluvias (Baker, Crowdy y Thorold, 1941; Aranzazu, 1977). La producción de escobas en plantaciones jóvenes es baja, pero ésta se incrementa rápidamente cuando sobrepasan los 6 años de edad (Bartley, 1977; Aranzazu, 1981); sin embargo, existe una tendencia a la estabilización en niveles altos (Baker, 1943; Baker y Crowdy, 1941; Aranzazu, 1981). En algunos árboles la infección en cojines es severa, sin embargo, éstos no presentan infecciones fuertes a nivel de las yemas vegetativas, en una misma plantación; en otros árboles puede presentarse una situación contraria, lo cual probablemente depende del vigor del árbol y del estado fenológico al momento de la infección (Evans, 1978). En Trinidad la formación de escobas presenta una variación estacional comenzando con la aparición de las lluvias hasta alcanzar un máximo entre febrero y marzo; la producción mínima se obtuvo entre junio y julio, y una producción intermedia en octubre (Baker y Crowdy, 1943; Baker y Dale, 1944). En Urabá - Colombia la formación de escobas es similar a la de Trinidad, con una producción máxima en los meses de diciembre - enero (Aranzazu, 1981).

En Rondonia - Brasil se determinó un ciclo de enfermedad por año, debido al largo período de latencia y al intervalo entre el marchitamiento y muerte de las escobas y la producción de basidiocarpos (Rudgard, 1987); de la misma manera en Urabá - Colombia se observó un ciclo anual definido, sugiriéndose la posibilidad de una variación en la intensidad de la enfermedad en regiones cacaoteras con dos estaciones de verano bien definidas.

El manejo cultural de la enfermedad mediante la poda fitosanitaria de las escobas con el propósito de reducir las fuentes y la cantidad de inóculo requiere del conocimiento sobre la dinámica de la enfermedad para una región determinada. El propósito de este trabajo fue estudiar la dinámica de la formación de escobas, el *período verde* y *seco* (o de inducción de basidiocarpos) de la escoba y la capacidad de regeneración de las mismas después de su remoción.

MATERIALES Y METODOS

Dinámica de la formación de escobas

Se seleccionaron tres plantaciones de cacao híbrido de 5, 7 y 12 años de edad y una plantación de cacaos nativos, de 25 años. Los registros de escobas de yemas vegetativas y de cojín floral producidas por árbol y por año se efectuaron en parcelas experimentales de 40 y 16 árboles. En subparcelas de 10 árboles se registró la producción de escobas de acuerdo con una estratificación del árbol en tronco, ramas primarias, secundarias y terciarias.

Determinación del período verde y seco o de inducción de la fructificación

En parcelas de 10 árboles se marcaron quincenalmente durante dos años escobas recién formadas, con el propósito de seguir su desarrollo y determinar la duración del período verde, y del período de aparente inactividad o de inducción de la fructificación del hongo (Período seco).

Regeneración de Escobas en sitios de remoción

Las remociones se efectuaron sobre 1000 sitios, en la estación seca secundaria (agosto), en árboles evaluados como altamente susceptibles. Las observaciones se realiza-

ron durante 7 meses hasta la siguiente estación húmeda (principal).

Datos climáticos

La temperatura, la humedad relativa y la precipitación se registraron a nivel de la parcela experimental, en el espacio tridimensional del cultivo.

RESULTADOS

Dinámica de la formación de escobas

La dinámica de la formación de escobas en las diferentes plantaciones estudiadas presentó un comportamiento cualitativo parecido, pero con grandes diferencias en el aspecto cuantitativo del proceso (Fig. 1 a,b). Con base en los datos promedios del número de escobas por árbol y por mes, para el conjunto de experimentos, se observó que tomando como punto de partida los meses de la primera estación lluviosa del año (abril-mayo) (Fig. 2) el número de escobas por árbol se incrementa alcanzando niveles importantes entre agosto y septiembre, es decir, durante la segunda estación seca, para finalmente alcanzar su punto máximo en los meses de enero-marzo, durante el período de verano más importante del año. Para cada plantación y cada año de estudio se pueden presentar ligeros desfases hacia atrás o hacia adelante dependiendo del comportamiento climático, especialmente el de la precipitación.

Tasas de progreso de la enfermedad

Para la plantación híbrida de 7 años de edad (San Agustín) se obtuvo una tasa de incremento de 2,48 escobas por árbol y por mes para el primer año, diferente estadísticamente ($P < 0.01$) a la tasa de 3,27 para el segundo año (Fig. 3a). En el caso de los cacao nativos, de 25 años de edad, la tasa calculada para el primer año fue de

27,8 escobas por árbol y por mes, y la del segundo año de 14,7, la cual estuvo altamente influenciada por una poda drástica de los árboles, realizada por el productor en la estación seca de enero de 1980 (Fig. 3b). En la plantación híbrida de 12 años de edad, se obtuvo una tasa de 27,3 escobas por árbol y por mes (Fig. 3c). La dinámica de la tasa de infección en el transcurso de tres años (1983 - 1985) en una plantación (La Cabaña) que al comienzo del experimento tenía 3 años muestra que ésta es variable y no siempre aumenta. En este primer año la tasa fue de 17,2 en el segundo descendió a 12, alcanzándose en el tercer año (6 años de la plantación) una tasa de 23 escobas por árbol y por mes (fig. 3d). La razón de incremento de las escobas de un año a otro fue de 1:1,8 entre 1984 y 1983 y de 1:1,7 entre 1983 y 1986.

Formación de escobas por estrato del árbol

La producción de escobas por estrato fue estudiada en la plantación de híbridos de 7 años y en la plantación de nativos de 25 años. La cantidad de escobas observadas en cada uno de los estratos para cualquiera de las dos poblaciones fue proporcionalmente similar, aunque se observan diferencias cuantitativamente importantes, siendo la población de nativos la de mayor producción de escobas, independientemente del estrato que se considere (Fig. 4). Para las dos poblaciones se observó que la producción de escobas de cojín fue netamente superior a la producción de escobas de yema vegetativa. Además, las coronas superiores del árbol (r2 y r3) fueron las que produjeron la mayor parte de las escobas (fuentes de inóculo).

Relación entre escobas de cojín y escobas de yema.

En las cuatro plantaciones bajo estudio se observó que la producción de escobas

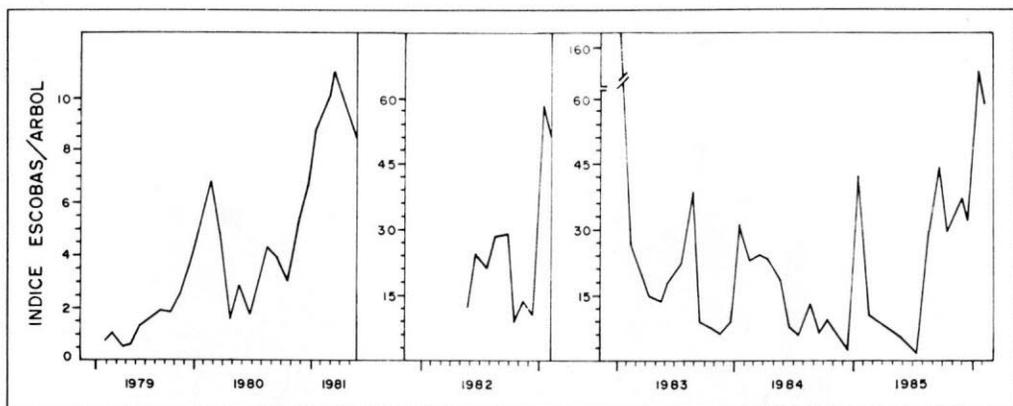


Fig. 1a. Intensidad de la enfermedad expresada como número de escobas por árbol y por mes en tres plantaciones de cacao híbrido: Finca S. Agustín (7 años), 1979-1981; Finca Santa Inés (12 años), 1982; Finca La Cabaña (5 años), 1983 a 1985.

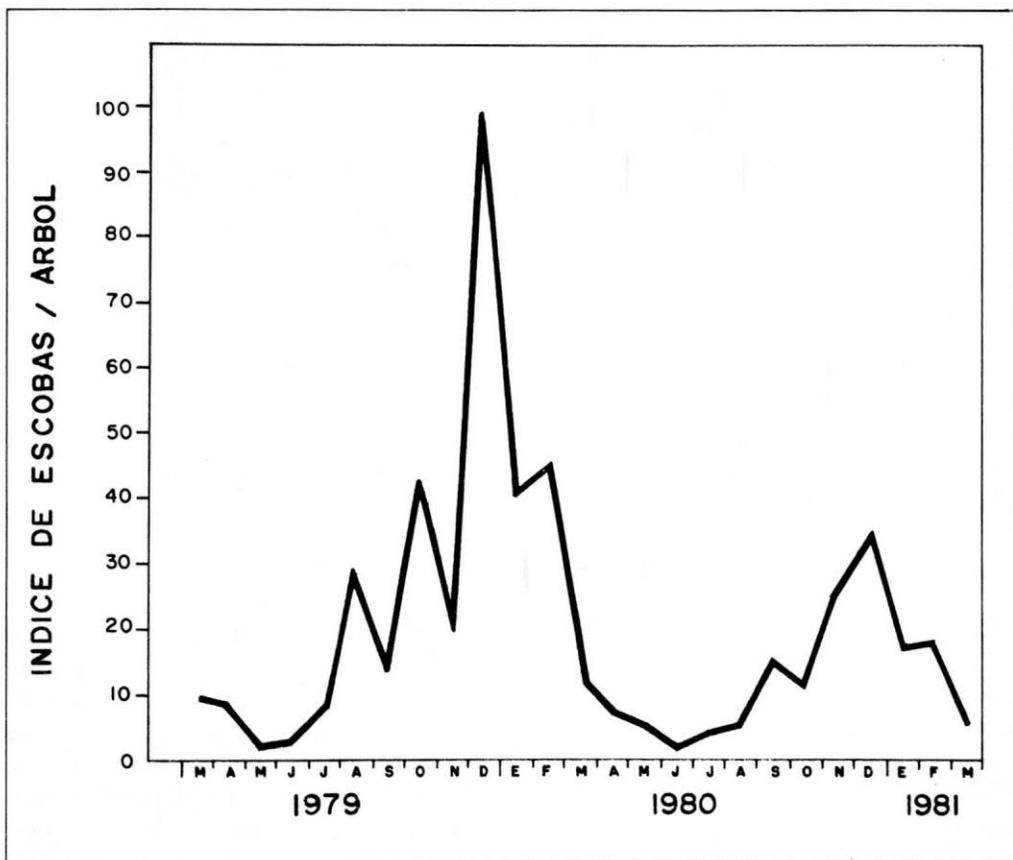


Fig. 1b. Intensidad de la enfermedad expresada en número de escobas por árbol y por mes en una plantación de cacao nativo de 25 años de edad.

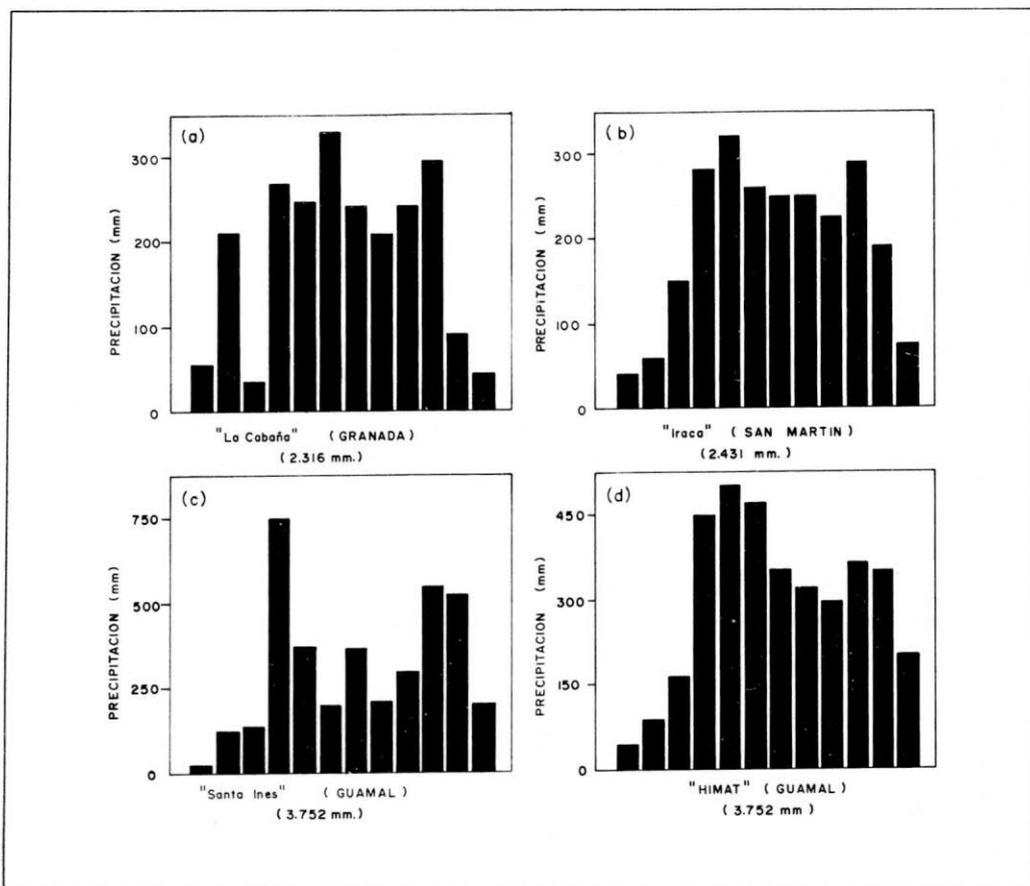


Fig. 2. Distribución mensual de la precipitación: (a) Parcela experimental (Finca La Cabaña-Granada); (b) Estación HIMAT-San Martín (Finca Iraca); (c) Parcela experimental (Finca Santa Inés-Guamal) y (d) Estación HIMAT-Guamal.

de cojín y de escobas de yema no siguen el mismo patrón. En el cultivo de híbridos de 7 años y en el cultivo de nativos de 25 años la tendencia fue parecida, es decir, la producción de escobas de cojín superó ampliamente a la de yema (Fig. 3 a,b). En el cultivo de híbridos de 12 años, la producción de escobas de yema superó ligeramente a las de cojín, (Fig. 5c), mientras que en el cultivo de híbridos de 3 años (Fig. 3d) la producción de escobas de yema fue superior hasta los 7 años de edad y de ahí en adelante la producción de escobas de cojín comenzó a ser más alta que aquella de escobas de yema.

Modelo para la dinámica de producción de escobas.

Mediante el promedio del índice de escobas por árbol y por mes, para las diferentes plantaciones estudiadas se estableció un modelo para la variación cualitativa y cuantitativa de la producción de escobas a través de un año (Fig. 6), en el cual el máximo de formación de escobas corresponde al mes de enero, durante el período seco principal. Posteriormente, la curva descendiendo paulatinamente, alcanzando los valores mínimos entre abril y mayo (primer período invernal del año). Un segundo má-

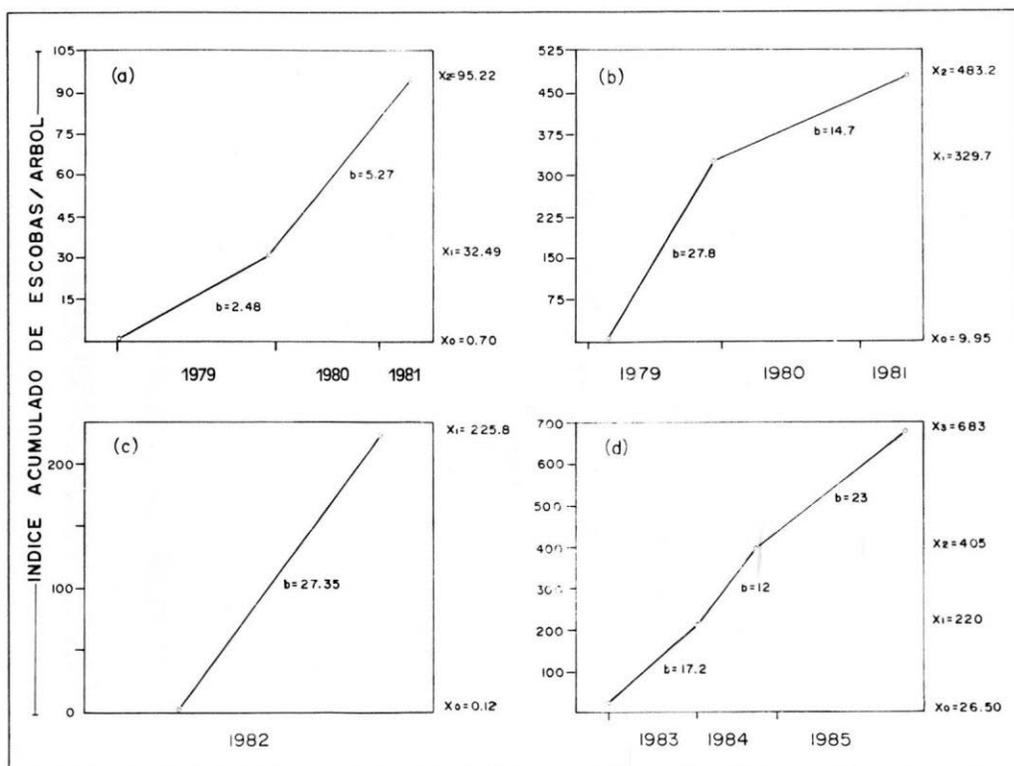


Fig. 3. Tasas promedio de progreso de la enfermedad, expresada en número de escobas por árbol y por mes para cuatro plantaciones de cacao: (a) Plantación híbrida de 5 años, 1979-1981; (b) Plantación de nativos de 25 años, 1979-1981; (c) Plantación híbrida de 12 años, 1982 y (d) Plantación híbrida de 5 años, 1983-1986.

ximo en importancia ocurre en el mes de agosto durante el segundo período de verano del año, denominado en la región "veranillo" debido a su corta duración y a que el nivel de lluvias no desciende drásticamente. A partir de este punto desciende nuevamente la formación de escobas, durante el segundo período de lluvias, para alcanzar, nuevamente, un punto máximo en la estación seca principal (diciembre-enero).

El período verde de las escobas.

Para el análisis de la duración del período verde de las escobas los datos fueron agrupados por trimestres a partir del primer período invernal del año, siguiendo

el ritmo de la producción de escobas a través del mismo, de la siguiente manera: trimestre A, comprendió los meses de marzo, abril y mayo; trimestre B: junio, julio y agosto; trimestre C: septiembre, octubre y noviembre, y trimestre D: diciembre, enero y febrero.

Los datos de dos años muestran que, en el caso de las escobas de yema vegetativa, el 53,7% de las escobas formadas presentaron un período verde entre 4 y 6 semanas; el 26,8% un período menor de 4 semanas, y el 18,1%, un período mayor de 6 semanas (Fig. 7a). Los valores obtenidos para el trimestre A (marzo, abril y mayo) se apartan sustancialmente de los obtenidos para los tres trimestres restantes. En este caso el

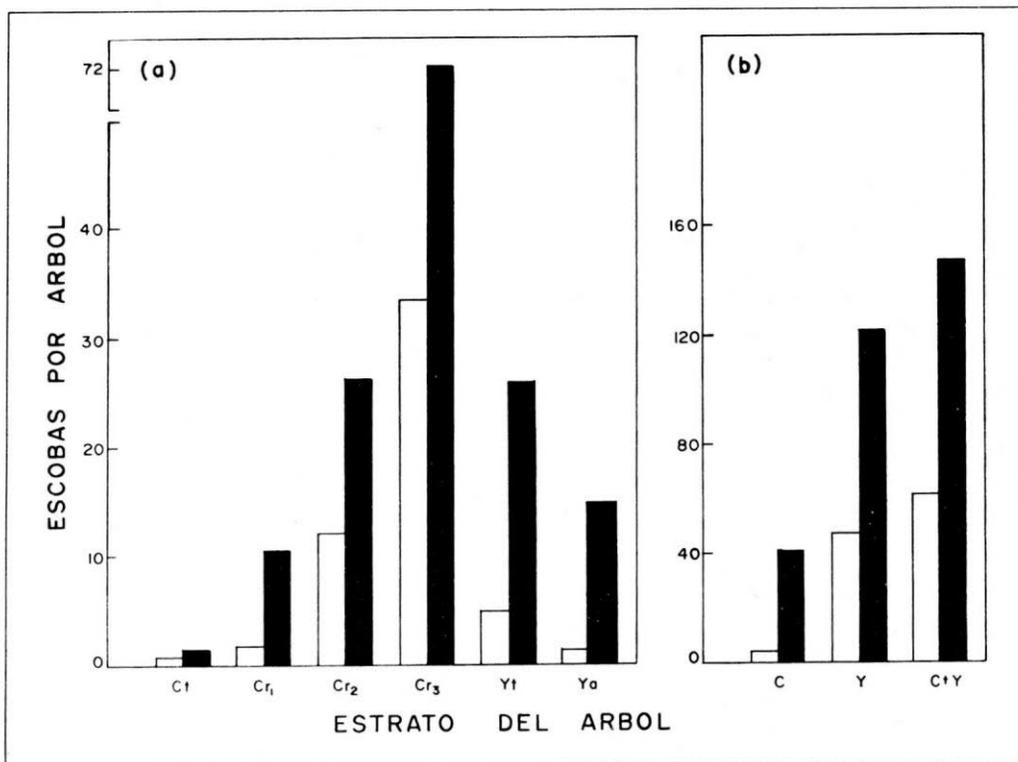


Fig. 4. Número de escobas según el estrato del árbol. Escobas de cojín floral: En el tronco (Ct); en la rama primaria (Cr₁), en la rama secundaria (Cr₂) y en la rama terciaria (Cr₃). Escobas de yema vegetativa: Terminales (Yt) y axilares (Ya). (a) Cultivo de cacao híbrido de 8 años de edad (b) Cultivo de cacao nativo de 26 años de edad.

77,3% de las escobas presentó un período menor de 4 semanas. La longitud de las escobas en este trimestre también es la más corta; el 86,2% de las escobas tuvieron una longitud menor de 20 cm (Tabla 1).

La duración del período verde en escobas de cojín floral presentó una tendencia similar en el transcurso de los cuatro trimestres. El 80,37% de las escobas presentó un período verde entre 4 y 6 semanas, el 7,12% un período menor de 4 semanas y el 12,5% restante, un período mayor de 6 semanas (Fig. 7b).

Período seco o de inducción de la fructificación

El período de inducción o período seco de la escoba es aquel comprendido entre

el marchitamiento de la escoba y el comienzo de la fructificación sobre la misma. Para el establecimiento de dicho período los datos fueron manejados por trimestres de la misma manera que para el período verde. En términos generales se pudo establecer que el período de inducción puede ir desde 14 semanas (mínimo) para un porcentaje bajo de escobas (10,0%) formadas en el trimestre B (Fig. 8) hasta 36 semanas (máximo) para las escobas formadas en el trimestre C.

Teniendo en cuenta que el proceso de fructificación del hongo se presentó con mayor intensidad en las dos épocas de lluvia del año (abril-junio y septiembre-octubre), éstas se tomaron como referencia para determinar la duración del período

de inducción de las poblaciones de escobas agrupadas por trimestre.

Los resultados, a través de un año, mostraron que el 30%, de las escobas formadas en el trimestre A y el 10,0% del trimestre B comenzaron su período de fructificación durante la segunda estación húmeda (septiembre-octubre), después de 24 y 14 semanas de inducción, respectivamente.

En la primera estación lluviosa (abril - junio) del siguiente año el 100% de escobas de los trimestres A, B, y C había fructificado por lo menos una vez, mientras que el 75% de las escobas del trimestre D, después de

20 semanas de secamiento, comenzó la formación de basidiocarpos.

Regeneración de escobas

El porcentaje de rebrotaciones enfermas después de la remoción de escobas fue muy baja. El 90% de los cojines florales donde se removieron las escobas verdes y/o secas no presentó regeneración de brotes sanos o enfermos (escobas) (Tabla 2). En el 6,3% de los casos se observó la formación de nuevos brotes hipertrofiados con un escaso desarrollo (menos de 3 cm de longitud). La rebrotación aparentemente sana fue del 2,4% y consistió esencialmente en la forma-

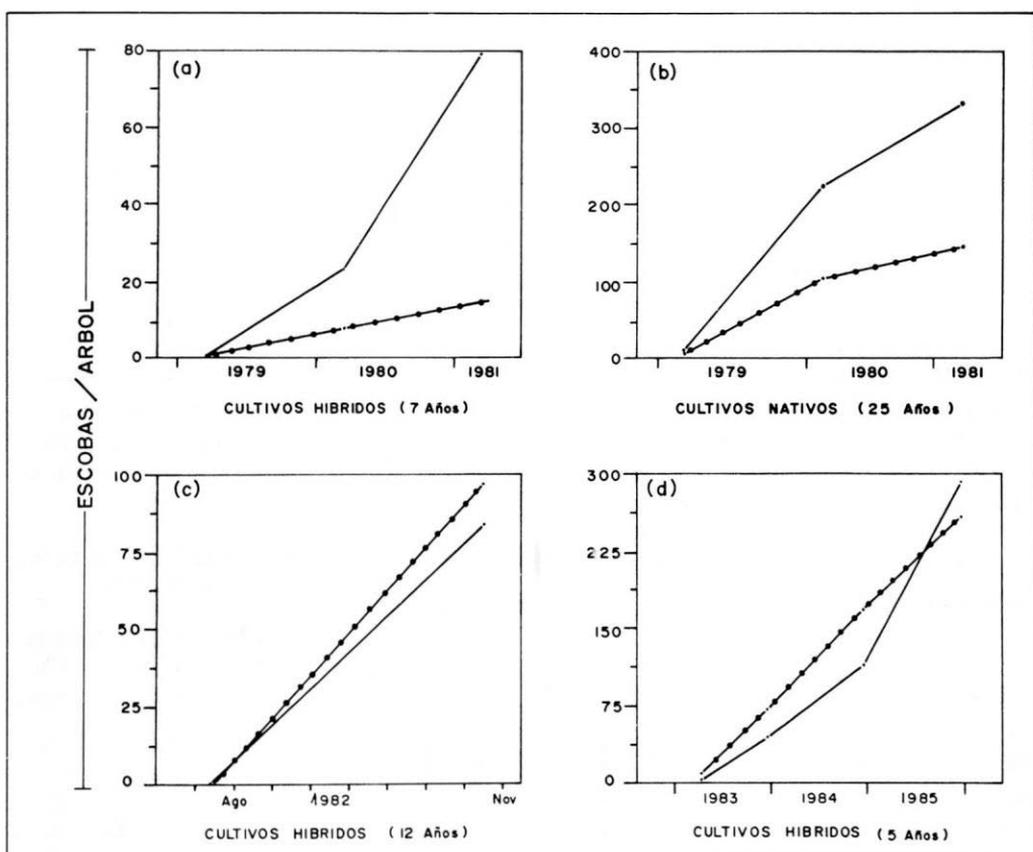


Fig. 5. Producción de escobas de cojín floral y de yema vegetativa en cuatro plantaciones de cacao: (a) Cultivo de híbridos de 7 años; Cultivo de nativos de 25 años; (c) Cultivo de híbridos de 12 años y (d) Cultivo de híbridos de 5 años.

Tabla 1. Período y tamaño de escobas verdes de yema vegetativa y de cojín floral. Promedio de dos años.

	TRIMESTRE								PROMEDIO	
	A		B		C		D		Ey	Ec
	Ey	Ec	Ey	Ec	Ey	Ec	Ey	Ec		
Período verde:										
-Menor de 4 sema.	77,5	11,0	10,0	0,0	7,5	2,5	1,5	12,5	26,8	7,12
-Entre 4 y 6 sema.	10,0	76,5	77,5	90,0	65,0	87,5	62,5	75,0	53,7	80,37
-Mayor de 6 sema.	12,5	12,5	12,5	10,0	27,5	10,0	20,0	12,5	18,1	12,50
Longitud escoba										
-Menor de 20 cm	86,2	82,5	30,0	65,0	26,2	20,0	20,0	20,0	40,6	46,9
-Entre 20 y 35 cm	13,7	15,0	56,5	22,5	41,2	62,5	42,5	57,5	38,5	39,4
-Mayor de 35 cm	0,0	2,5	13,5	12,5	32,5	17,5	37,5	42,5	20,8	13,7

Trimestre: A (Marzo-abril-mayo); B (junio-julio-agosto);
C (septiembre-octubre-noviembre); D (diciembre-enero-febrero).

Ey = Escobas de yema.

Ec = Escobas de cojín floral.

ción y desarrollo de brotes vegetativos. En algunos casos (0,8%) se observó en el sitio de la remoción de la escoba signos de la enfermedad (micelio y basidiocarpos). No se presentaron diferencias apreciables en la respuesta cuando se removieron las escobas en estado verde o seco; sin embargo, se apreció una ligera tendencia a la rebrotación sana y enferma cuando las escobas se removieron en estado verde.

DISCUSION

La poda fitosanitaria de las escobas es el método de control más frecuentemente usado para el manejo de la escoba de bruja de cacao (*C. perniciosa*). La escasa mano de obra y los costos elevados de esta práctica de control requieren de precisar la dinámica de la enfermedad en diferentes regiones de producción de cacao. Los resultados obtenidos para la región sur del pie-

demonte llanero colombiano, en el departamento del Meta, muestran que la evolución de la enfermedad está estrechamente

Tabla 2. Respuesta de los árboles de cacao después de la remoción de escobas de cojín, en estado verde y seco.

Respuesta	REMOCION DE ESCOBAS DE COJIN		
	VERDES (%)	SECAS (%)	TOTAL (%)
Ausencia rebrotación	88,0	93,0	90,5
Rebrotación enferma	8,1	4,5	6,3
Rebrotación sana	3,3	1,5	2,4
Signos de enfermedad	0,6	1,0	0,8

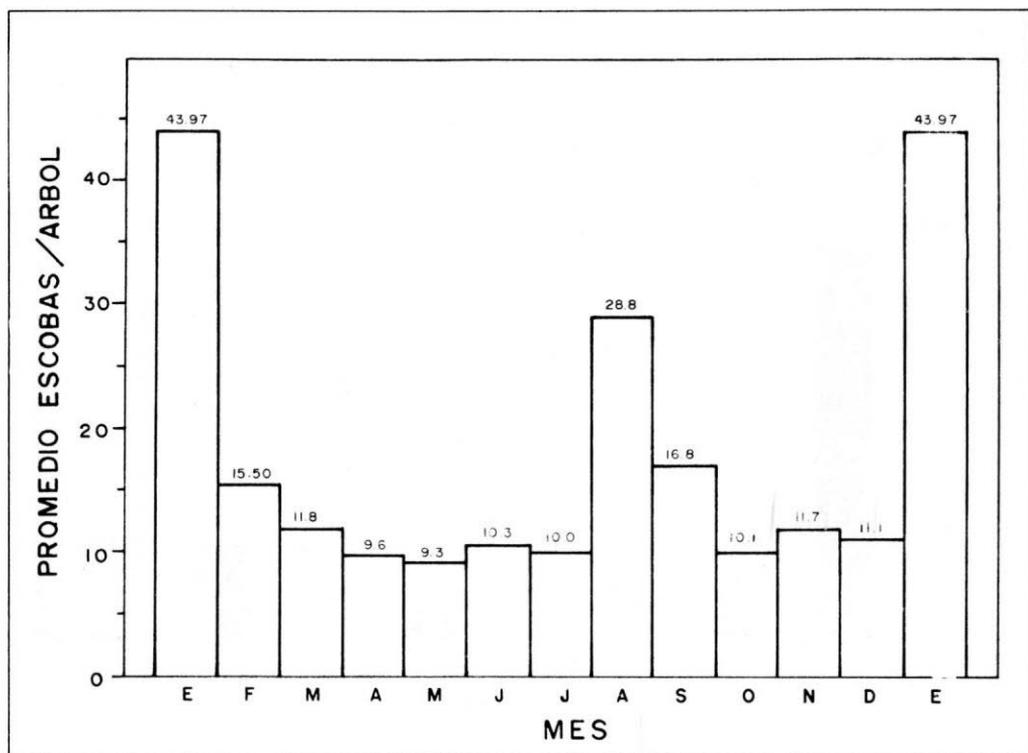


Fig. 6. Promedio del número de escobas por árbol y por mes, para el conjunto de plantaciones bajo estudio.

relacionada con el régimen climático predominante. La formación de escobas presenta un ritmo estacional similar al observado en Trinidad (Baker y Crowdy, 1943) y en Urabá-Colombia (Aranzazu, 1981), con una producción máxima de escobas en la estación seca principal (diciembre - febrero). En Rondonia-Brasil el ciclo de la enfermedad es de un año (Rudgard, 1987). Esta región está situada al sur del Ecuador Climático (1° S - 2° S) donde se presenta un comportamiento climático regional diferente al de la zona de trópico del hemisferio norte, donde se encuentran localizadas Colombia, Venezuela, Trinidad, Surinam y las Islas del Caribe. Al norte de 1° S - 2° S la tendencia seca principal es de noviembre a febrero, mientras que al sur es de junio a agosto; la tendencia lluviosa principal en

el norte es entre abril y junio, y en el sur entre enero y abril. El parásito (*C. pernicioso*) presenta, como es normal, un comportamiento paralelo al de su hospedante, bajo la influencia de las condiciones locales del clima, lo cual determina que la producción de escobas comience con la estación de lluvias, alcanzando un máximo en la estación seca principal (febrero para Colombia) (Fig. 6). Es ahora evidente que el macroclima juega un papel determinante en el ciclo general de la enfermedad. Colombia se halla en su casi totalidad bajo condiciones climáticas del hemisferio norte y es por esta razón que el ciclo de enfermedad coincide con el registro de Trinidad. Los países del sur, posiblemente, tienen ciclos parecidos entre ellos. En lo fundamental no debe haber diferencias entre un ciclo

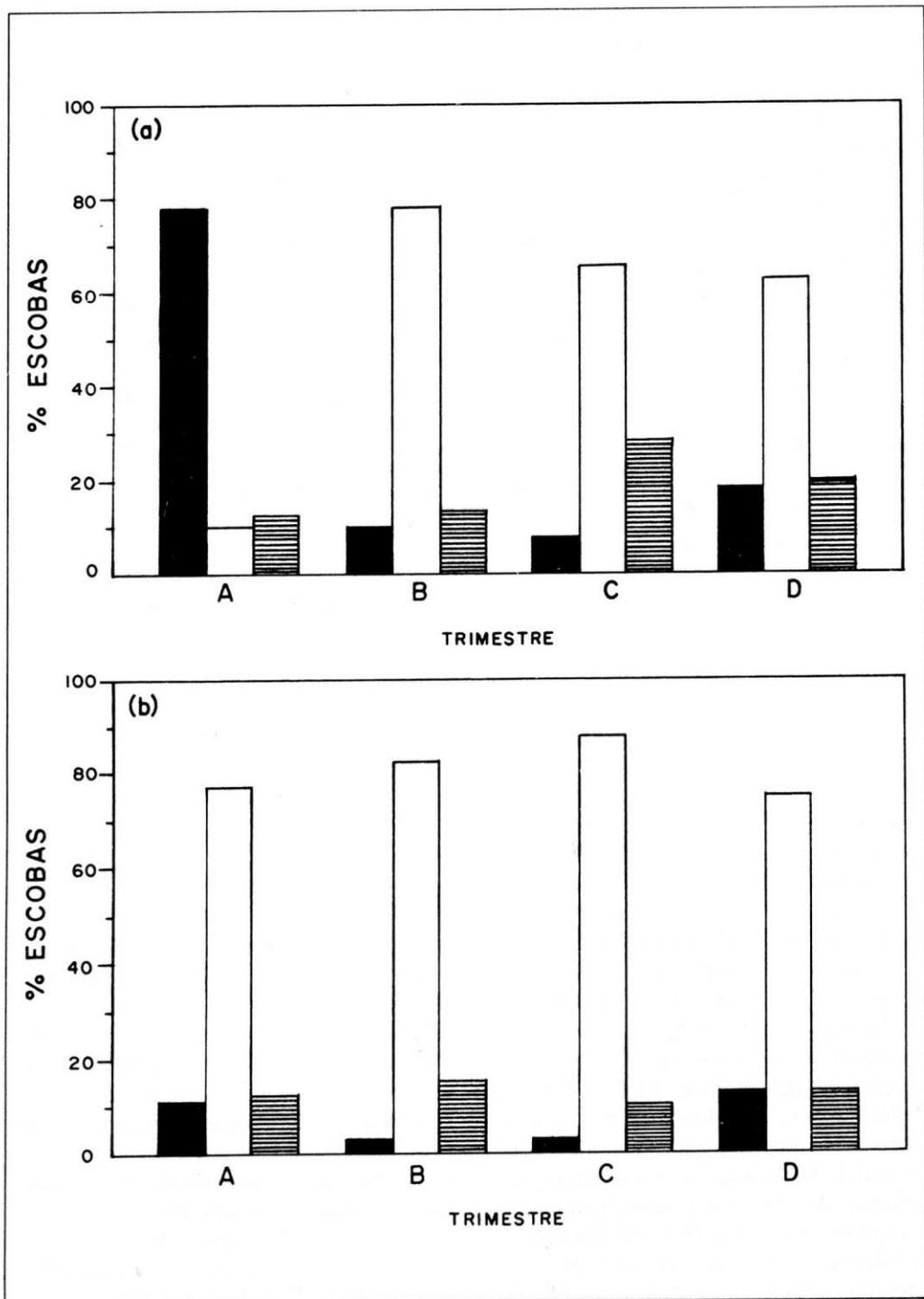


Fig. 7. Período verde de las escobas formadas: (a) En yemas vegetativas, (b) En cojines florales. Período menor de 4 semanas (■); período entre 4 y 6 semanas (□); período mayor de 6 semanas (▨).

al sur y uno al norte, por cuanto los máximos de producción de escobas siempre se darán en la estación seca principal que corresponde a meses diferentes en cada uno de los hemisferios.

Las tasas de infección de la enfermedad varían de un año a otro. Dicha variación está relacionada con la cantidad de inóculo (X_0) al comienzo del año; la abundancia en la producción de basidiocarpos, que a su vez está en función del clima (precipitación); la cantidad de patios de infección disponibles y la coincidencia entre el inóculo y el tejido receptivo. De esta manera para la plantación híbrida de 3 años (Figura 3 d) la tasa de infección fue de 12 escobas por árbol y por mes durante 1984 y de 23 para 1985. En este caso particular, el año 1984 presentó un comportamiento climático atípico para la región, con la aparición temprana de las lluvias, repercutiendo en un adelanto de fructificación del hongo y, posteriormente, entre julio y septiembre, en un descenso pronunciado del índice de basidiocarpos; estos desfases inciden directamente en la cantidad de infección. En contraste, en 1985 las lluvias se presentaron normalmente y la fructificación del hongo fue alta entre abril y septiembre, aumentando considerablemente la coincidencia con los patios de infección. La proporción de enfermedad de un año a otro, o incremento anual del número de escobas, es relativamente constante y su intervalo de variación no es muy amplio (1:1,5 a 1:2,5), es decir, que por cada escoba se producen entre 1 y 2,5 escobas por año, lo cual es una característica de patosistemas endémicos. En ausencia de un control eficaz la enfermedad incrementa año tras año, infectando progresivamente los cojines florales, tendiendo a una estabilización a niveles, alrededor de los 200 escobas/árbol, y reduciendo drásticamente la producción (entre 200 y 300 Kg/ha) como se observó para la

plantación híbrida de 7 años (Finca San Agustín).

En las plantaciones de 7 y 25 años la producción de escobas de cojín floral en el transcurso de dos años fue de 5 y 2 veces mayor que la producción de escobas de yema, respectivamente. En la plantación de 12 años la producción de escobas de yema fue ligeramente mayor, y en la de 3 años la producción de escobas de yema fue superior a la cojín hasta el 7^o año, situación que ha sido observada en otras oportunidades (Evans, Edwards y Rodríguez, 1977).

La mayor parte de las fuentes de inóculo se forma en las coronas superiores del árbol, lo que tiene una amplia repercusión en la eficacia de la poda fitosanitaria. Los árboles de porte muy alto, superiores a los 4 metros de altura, presentan dificultades para la remoción de las escobas. En muchas ocasiones los escasos resultados obtenidos con esta práctica son debidos a que no se remueven las escobas de la parte superior de los árboles. La reducción en el número de mazorcas enfermas es pequeño cuando se remueve menos del 85% de las escobas, y para obtener una reducción de 50% de enfermedad es necesario remover entre el 93 y el 95% de las escobas (Rudgard y Butler, 1987).

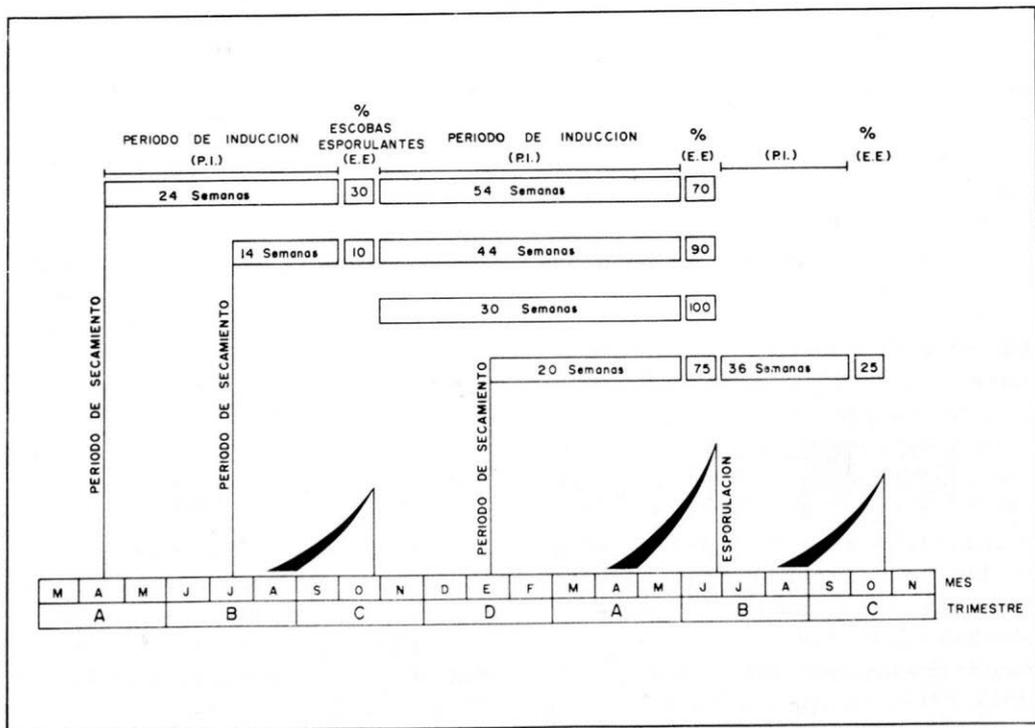
La duración del período verde de las escobas parece estar relacionado con la actividad rítmica de los brotes del cacao, característico de los árboles tropicales. Para la población de escobas de yema y de cojín estudiadas la mayor parte presentan un período verde entre 4 y 6 semanas, y puede extenderse hasta 8 semanas, en contraste con el ciclo del renuevo que es de, aproximadamente, 8 semanas (Greathouse, Laetsch y Phinney, 1971). Sin embargo, la fructificación del hongo no sobreviene enseguida, sino después de un período de secamiento variable en la escoba, también llamado período de inducción de la fructificación (Rudgard, 1986).

El proceso de producción de escobas entre la estación de lluvias principal y la estación seca principal, cuando se alcanza un máximo, muestra varios aspectos importantes relacionados con el período de latencia. Las escobas formadas durante la primera estación húmeda, al comienzo del ciclo, trimestres A y B (Fig. 8), tienen un período de inducción de 24 y 14 semanas respectivamente, el cual no es suficiente para que el 100% de las escobas fructifiquen después de la estación seca de agosto, y durante la segunda estación lluviosa del año. Sólo fructifica el 40%, y 10%. Las escobas formadas en la segunda estación de lluvias, trimestre C y parte del D, fructifican después de 44 y 33 semanas, en promedio, después de la estación seca principal del año siguiente y durante la primera estación de lluvias en un 100 y 75%, respectivamente. El porcentaje de escobas que fructifican es menor en el trimestre D, debido a que muchas se forman al final del año, al comenzar la estación de verano. Además, las escobas

A y B completan en esta época su período de fructificación.

Este modelo permite determinar varios aspectos, de interés en el ciclo de la enfermedad: 1) La inducción de la fructificación en el campo requiere de la alternancia de períodos húmedos y secos; 2) El período seco debe ser acentuado para que el proceso de fructificación sea masivo; 3) El 12,5% de las escobas formadas en un año fructifican en el mismo año en la segunda estación de lluvias (septiembre-noviembre), calculado sobre la base de producción mensual de escobas (Fig. 6); 4) en la primera estación de lluvias (abril-junio) fructifican prácticamente la totalidad de escobas formadas durante el año, siendo el máximo de esporulación más importante del año, y 5) el período de inducción puede variar entre 14 y 54 semanas, dependiendo de la época en que se forme la escoba.

El proceso histológico durante el período de inducción sugiere que al morir



la escoba el micelio pasa de una condición monocariótica a una dicariótica mediante un proceso de anastomosis con formación de estructuras de resistencia semejantes a clamidosporas de condición binucleada, las cuales permanecen latentes hasta que se someten a períodos de humedad y sequedad, germinando después de 4 semanas (Mayorga, 1988). Estas observaciones tienen una estrecha coincidencia con lo que sucede en el campo donde los períodos húmedos estarían constituidos por las dos estaciones de lluvias y los períodos secos por las dos estaciones de verano. Estos conocimientos son los que han permitido el establecimiento de métodos de inducción de basidiocarpos sobre escobas secas en condiciones de laboratorio (Dale, 1946; Evans, 1978; Suárez-Capello, 1977; Rocha y Wheeler, 1982).

El patrón de formación de escobas durante un año (Fig. 6) y el modelo de inducción de la fructificación (Fig. 8) son determinantes en la toma de decisiones para la ejecución de la poda fitosanitaria de las escobas. La medida de control debe situarse, preferencialmente, durante la estación seca al comienzo del año, y, dependiendo de la intensidad de la fructificación del hongo y de su coincidencia con los patios de infección se puede realizar una segunda remoción en el mes de julio.

El ciclo de enfermedad es predominantemente anual o monocíclico dentro de un año y poliético a través de varios años, lo que determina la práctica anual de remoción de la escoba.

La reacción de los árboles a la rebrotación enferma, después de la remoción de brotes hipertrofiados, es muy baja (6,3%) y tiene un escaso desarrollo, alcanzando alrededor de 3 cm de longitud, razón por la cual puede considerarse la remoción como una medida efectiva desde el punto de vista de la reducción de inóculo (Merchán, 1979).

BIBLIOGRAFIA

Aranzazu, F. 1977. Control de monilia y escoba de bruja del cacao. Instituto Colombiano Agropecuario - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 24 pp.

Aranzazu, F. 1981. Algunos aspectos de la biología del hongo *C. pernicioso* (Stahel) Singer en la región de Urabá. Tesis M. Sc. Universidad Nacional de Colombia, ICA - PEG., Bogotá. 148 pp.

Baker, R.E.D. 1943. Witches' broom disease investigations. III. Notes on occurrence of witches' broom disease of cocoa at River State, 1939-1942. *Tropical Agriculture, Trinidad*, 20 (1), 5-12.

Baker, R.E.D. and Crowdy, S.H. 1941. Witches' broom disease investigations. I. Seasonal variations in intensity of infection and their effect on control methods. *Tropical Agriculture, Trinidad*, 8 (6) 107-116.

Baker, R.E.D. and Crowdy, S.H. 1943. Studies in the witches' broom disease of cocoa caused by *Marasmius perniciosus* Stahel. Part I. Introduction, Symptoms and Etiology. *Memoir of the Imperial College of Tropical Agriculture, Trinidad*, No. 7. 28 pp.

Baker, R.E.D. and Dale, W.T. 1944. Witches' broom disease investigations. VIII. Observations of broom formations and loss of pod at River State from September 1942 to September 1943. *Tropical Agriculture, Trinidad*, 21 (9), pp. 170-176.

Baker, R.E.D. and Holliday, P. 1957. Witches' broom disease of cacao (*Marasmius perniciosus* Stahel). *Phytopathological Paper No. 2*, 42 pp. Commonwealth Mycological Institute, Kew.

Baker, R.E.D. and McKee, R.K. 1943. Witches' broom disease investigations. VI. The infection of flower cushions and pods of cocoa by *Marasmius perniciosus* Stahel. *Tropical Agriculture, Trinidad*, 20, 188-194.

Baker, R.E.D.; Crowdy, S.M. and Thorold, C.A. 1941. Witches' broom disease investigations. *Tropical Agriculture, Trinidad*, 20, 183 - 194.

Bartley, B.G.D. 1977. The Status of genetic resistance in cocoa to *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer. 6th. *International Cocoa Research Conference*. Caracas, Venezuela. pp. 1 - 22.

Bastos, N.C. and Evans, N.C. 1985. A new Pathotype of *Crinipellis pernicioso* (Witches' Broom disease) on solanaceous hosts. *Plant Pathology*, 34, 306 - 312.

- Buriticá, P. 1984. La escoba de bruja del cacao, una estrategia para que no barra el cultivo. *El Cacaotero colombiano*, 26, 26- 27.
- Calle, H. 1978. Relation of internal infection by *Crinipellis perniciosa* to witches' broom formation in cocoa. *M. Sc. Thesis*, University of Florida.
- Calle, H.; Cook, A.A. and Fernando S.Y. 1982. Histology of Witches' Broom caused in cocoa by *Crinipellis perniciosa*. *Phytopathology*, 72, 1479 - 1481.
- Capriles de R., L. 1977. Enfermedades del cacao en Venezuela. Caracas, Fondo Nacional del Cacao. pp. 12 - 26.
- Cronshaw, D.K. and Evans, H.C. 1978. Witches' broom disease of cocoa (*Crinipellis perniciosa*) in Ecuador. II - Methods of infection. *Annals of Applied Biology*, 89, 193-200.
- Dale, W.T. 1946. Witches' broom disease investigations XII : Further studies on the infection of cocoa pods, *Tropical Agriculture, Trinidad*, 23, 217-221.
- Evans, H.C. 1980. Pleomorphism in *Crinipellis perniciosa*, causal agent of Witches' broom disease of cocoa. *Transactions of the British Micological Society*, 74, 515-523.
- Evans, H.C. and Solórzano, G. 1982. Witches' broom disease: wrong experimented - right results. *Proceedings of the 8th. International Cocoa Research Conference*, Cartagena, Colombia, October 1981, pp. 415-418.
- Evans, H.C.; Edwards, D.F. and Rodríguez, M. 1977. Research on cocoa diseases in Ecuador : past and present. *PANS*, 23, 68 - 80.
- Fry, W. 1982. *Principles of Plant Disease Management*. Academic Press. New York. 378 pp.
- Greathouse, D.C.; Laetsch, W.M. and Phinney, B.O. 1971. The shoot growth rhythm of a tropical tree, *Theobroma cacao*. *American Journal of Botany*, 58, 281 - 286.
- Mayorga, M.N. 1988. Host-parasite relationships between isolates of *Crinipellis perniciosa* and cocoa hybrids from Colombia. *M. Phil. Thesis*. University of London.
- Medeiros, G.A. 1974. Conceptos básicos sobre la escoba de bruja del cacao. CEPLAC, Salvador, Bahía, Brasil. 11 pp.
- Merchán, V.M. 1979. Obtención *in vitro* de basidiocarpos del hongo *Crinipellis perniciosa*. En informe anual de actividades 1978B - 1979A. Programas de Fitopatología y Cacao, Manizales. 50 - 54 pp.
- Pegler, D.N. 1978. *Crinipellis perniciosa* (agaricales). *Kew Bulletin*, 32, 731-736.
- Pegus, J.E. 1972. Aspects of the host-parasite relationship in the *Theobroma cacao* L. *Marasmius perniciosis* Stahel. *M. Sc. Thesis*. The University of the West Indies. St. Augustine, Trinidad. 141 pp.
- Rocha, H.M. and Wheeler, B.E.J. 1982. The water balance as an important factor in basidiocarp production by the causal fungus of cocoa Witches' broom. *Proceedings of the 8th. International Cocoa Research Conference*. Cartagena, Colombia, October 1981. pp. 381 - 386.
- Rudgard, S.A. 1986. Witches' broom disease on cocoa in Rodania, Brazil: pod losses. *Tropical Pest Management*, 32, 24-26.
- Rudgard, S.A. 1987. Witches' broom disease on cocoa in Rondonia, Brazil: infection of vegetative flushes and flower cushions in relation to host phenology. *Plant Pathology* 36, 523 - 530.
- Rudgard S.A. and Butler, D.R. 1987. Witches' broom disease on cocoa in Rondonia, Brazil: pod infection in relation to pod susceptibility, wetness, inoculum and host phenology. *Plant Pathology* 36, 515 - 522.
- Singer, R. 1942. A monographic study of the genera *Crinipellis* and *Chaetocalathus*, *Lilloa* 8, 441 - 534.
- Stahel, G. 1915. *Marasmius perniciosis* Spec. *Bulletin, Departement van der Landbouw in Surinam*. No. 33, 1 - 26.
- Suárez-Capello, C. 1977. Growth of *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer *in vivo* and *in vitro*. *Ph. D. Thesis*. University of London.
- Thorold, C.A. 1973. Witches' broom disease. In: *Diseases of cocoa*. Oxford University Press, pp. 11-27.
- Van der Plank, J.E. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control*, pp. 1 - 5. Academic Press.
- Van der Plank, J.E. 1968. *Disease Resistance in Plants*. Academic Press. 206 pp.
- Van der Plank, J.E. 1975. Principles of Plant Infection, pp. 122 - 123. Academic Press.
- Zadocks, J.C. and Schein R.D. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford University Press. 427 pp.