

# **Capítulo VI. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA BROTACION FOLIAR, LA FLORACION Y LA FRUCTIFICACION DEL CACAO**

*Germán Tovar<sup>1</sup>, Víctor Ortíz<sup>2</sup>, Jorge Rodríguez<sup>2</sup> y Mario Ortíz.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Profesor titular.

<sup>1-2</sup> Ingenieros Agrónomos, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 14490. Santa Fé de Bogotá, D.C.

## **RESUMEN**

**S**e estudiaron los ritmos de brotación foliar, floración y fructificación en una plantación joven de híbridos de cacao. La brotación foliar tuvo un comportamiento rítmico y la duración del ciclo del renuevo fue de, aproximadamente, ocho semanas. En algunos períodos la brotación apareció después de períodos de lluvia que siguieron a períodos marcados de sequía (1984). Sin embargo, en 1985 cuando la precipitación fue abundante a lo largo del año, el ritmo de la brotación fue sensiblemente igual. La floración tuvo un comportamiento bimodal a lo largo del año, siendo más importante el pico del primer semestre. La formación de frutos tuvo una distribución normal a través del año y la mayor parte se forma en el segundo semestre. La tasa de cuajamiento de frutos fue mayor durante los meses de tendencia seca y, en

general, aumenta cuando la floración declina.

## **INTRODUCCION**

Los estudios ecofisiológicos del cacao, además de su importancia para el aumento de la productividad, mediante la comprensión y manipulación de los factores que determinan su crecimiento y desarrollo, son indispensables para el análisis y comprensión del proceso epidémico de la *escoba de bruja*.

El cacao presenta períodos de brotación o emisión foliar que alternan con períodos de reposo vegetativo casi total, a pesar de que las fluctuaciones estacionales en el trópico no son fuertes (Alvim, Machado y Vello, 1981). En la mayoría de las zonas cacaoteras del mundo las plantas adultas presentan dos a tres brotaciones fuertes al año e igual número de brotaciones leves. En ge-

neral, se ha observado un período de reposo de 3 a 4 meses, durante la estación seca, durante la cual la brotación es prácticamente nula (Braudeau, 1981). En Rondonia - Brasil se constató que los árboles estaban sincronizados en cuanto a su ritmo de brotación foliar, con un modelo recurrente de períodos de crecimiento de 8 semanas (3 ciclos) entre picos y de 16 semanas (3 ciclos) (Rudgard, 1987).

Las fluctuaciones de los factores externos determinan en gran parte los períodos de actividad del cacao; sin embargo su determinismo reside en factores que se sitúan entre la acción ejercida por el ambiente y la respuesta última de la planta (Boyer, 1984). Las plántulas de cacao brotan a intervalos más o menos fijos de dos meses y no se presenta sincronización entre plantas.

El ritmo de las brotaciones foliares depende de factores endógenos y exógenos. La temperatura parece jugar un papel predominante en el desarrollo de brotes y en el número de brotaciones foliares en el año, asociándose a períodos con una temperatura elevada del aire (superior a 26° C), lo que corresponde, en general, a épocas en que las fluctuaciones diarias son grandes (Alvim, 1956; Murray y Spurling, 1964); sin embargo, trabajos realizados en Trinidad (Sale, 1966) indican que las brotaciones ocurren aunque se mantenga el cacao en condiciones de temperatura constante e incluso a temperatura baja (22° C). Parece también que hay una acción energética positiva de la radiación sobre la brotación (Boyer, 1970, 1974) cuando aquella se relaciona con datos del mes precedente. Las plantas de cacao irrigadas después de un período de sequía brotan vigorosamente, en más o menos 10 días después del riego; sin embargo, parece que la relación entre brotación y déficit o exceso de agua en el suelo es aparente, ya que períodos de brotación y expansión foliar estuvieron

siempre precedidos de un agotamiento de la humedad del suelo.

La floración en el cacao depende de factores endógenos y exógenos (Alvim, Vogel y Machado, 1981), con períodos de reposo absoluto como en el caso de la brotación (Boyer, 1974). El cacao puede florecer durante todo el año, siendo favorecido por temperaturas medias elevadas y lluvias abundantes (Alvim, 1967).

El cacao tiene una aptitud para fructificar durante todo el año (Paulin, 1981) y la fertilidad ovular es muy alta, aunque muchas flores no son aptas para la fecundación, cayendo precozmente (Mossu 1980). Algunos han registrado que la tasa de cuajamiento en el cacao es débil si se relaciona con el número de flores emitidas, y el valor del porcentaje de flores es de un interés limitado, pues depende del método de conteo utilizado, siendo más importante conocer el número de frutos cuajados a lo largo del año (Couprie, 1972). En estudios realizados en Camerún, la tasa de cuajamiento aumentó de manera estacional y paralelamente a un descenso de las medias térmicas y radiactivas, siendo favorecida por un grado de hidratación de los tejidos próximo a la turgencia máxima (Boyer, 1974). La duración del desarrollo de las mazorcas entre el cuajamiento y la maduración es de 5 a 6 meses con dos fases de desarrollo, la primera referida al aumento de volumen y la segunda al incremento en el peso seco, mientras que la variación en el volumen es mínimo.

El propósito del presente trabajo fue estudiar los ritmos de brotación foliar, floración y formación de frutos en una plantación de cacao con el fin contribuir al esclarecimiento de las interacciones *T. cacao*-C. pernicioso.

## Situación del ensayo

El experimento de campo se realizó en la finca "La Cabaña", localizada en el *pedemonte llanero*, en el municipio de Granada, Departamento del Meta, a 450 msnm. Dicha zona se clasifica como un bosque húmedo tropical (Holdridge), o un clima superhúmedo de selva tropical con lluvias durante todo el año (Köppen).

Las coordenadas geográficas del sitio de experimentación son 3° 32' de latitud norte y 73° 43' de longitud oeste. La zona presenta los siguientes datos climatológicos:

VARIABLE CLIMÁTICA	VALORES		
	MEDIOS	MAXIMOS	MINIMOS
Temperatura(°C)	25,1	28,5	22,0
Humedad relativa (%)	79,0	92,0	52,0
Precipitación (mm)	2.431,3	553,0	0,0
Evaporación (mm)	1.355,8	232,1	0,0

## Metodología experimental

El experimento se diseñó con base en un enfoque holístico, el cual implica un registro simultáneo de las variables, pudiéndose establecer relaciones mutuas entre éstas. Dicha metodología tiene como premisa el comportamiento homogéneo de las variables a nivel de la población, razón por la cual se omiten las repeticiones. Este modelo es válido solamente para las condiciones establecidas. Para el trabajo de campo se seleccionó un lote correspondiente a una plantación de seis años de edad, bajo sombrío. La base genética del material estaba constituida por una mezcla de híbridos, sembrados a una distancia de cuatro por cuatro metros en triángulo, obtenidos en la granja "Luker", en la localidad

de Santaguada (Caldas). La parcela experimental constó de 16 árboles.

## Estudio de los aspectos fenológicos del cultivo.

*Estudio del ritmo de brotación.* Sobre 16 árboles de la parcela experimental se determinó la frecuencia de las brotaciones foliares a partir del registro quincenal, en 10 ramas de cada árbol (para un total de 160), de las brotaciones, tanto axilares como terminales, que iban apareciendo. En cada observación se estableció el estado de desarrollo del brote, con base en la siguiente clave (Orchard *et al.*, 1981):

F<sub>-1</sub>: Activación de la yema, iniciación de la hoja y desdoblamiento.

F<sub>-2</sub>: Expansión de la hoja, hojas delgadas con pigmentos de antocianinas prominentes y yema apical dormante.

I<sub>-1</sub>: Expansión completa de la hoja, rápido verdeamiento y yema apical dormante.

I<sub>-2</sub>: Producción de hojas de color verde oscuro, opaco y cutícula delgada; yema apical dormante.

Además se determinó el número de hojas por brote y se hizo un seguimiento de cada yema durante el ciclo de brotación, separando las yemas activas de las que terminaron completamente el ciclo (brotación efectiva).

*Estudio del ritmo de floración.* Se utilizó un método de estimación indirecto, en el cual se recolectaban y contaban las flores caídas en mallas sintéticas, montadas sobre 4 paralelos en marcos de un metro cuadrado, colocadas debajo de 8 árboles. El conteo tuvo frecuencias semanales y quincenales. Con los datos se calculó un índice de floración dado por la siguiente fórmula:

$$If = \frac{N_t}{nt.S} ; \text{ donde}$$

If = Índice de floración

Nt = Número de flores caídas en 1 m<sup>2</sup> en un tiempo determinado

Nt = Número de mallas colectoras

S = Superficie ocupada por los árboles

Este índice se interpreta como el número de flores para cualquier árbol de la plantación en un momento dado.

*Estudio de la fructificación.* La unidad o parcela constó de 4, 9 y 27 árboles, los cuales fueron sometidos a una remoción inicial de todos aquellos órganos enfermos o afectados por algún trastorno fisiológico.

La fructificación se estudió en parcelas con polinización artificial y con polinización natural. Para el primer caso, las flores de 9 de los árboles fueron sometidas a un régimen periódico de polinizaciones manuales, utilizando para ello polen de flores pertenecientes a árboles con fruto morado para polinizar flores de árboles con frutos de color verde, y, viceversa, con el fin de reducir los fracasos por incompatibilidad. Dicha polinización se realizó teniendo en cuenta los diferentes estratos del árbol: tronco, rama primaria, rama secundaria y rama terciaria.

Las flores para polinizar, al igual que las flores de las que se obtuvo el polen, fueron seleccionadas y protegidas la víspera de su apertura por medio de tubos plásticos, teniendo en cuenta que dicha apertura empieza en la horas de la tarde, entreabriéndose las extremidades de los sépalos, y completándose en la primeras horas de la mañana.

Además de estas polinizaciones se iban registrando sistemáticamente los pepinos originados de fecundaciones naturales, tanto en los árboles sometidos a polinización controlada como en los restantes.

## RESULTADOS

### Comportamiento de la brotación

El número promedio de hojas por brote terminal fue de 3,5, y para un brote axilar o lateral, de 2,5. El área foliar aportada por cada tipo de brotación fue de 85% y 15%, respectivamente. El tiempo de duración de un ciclo de brotación, desde la activación de la yema hasta su madurez, osciló entre 45 y 75 días para la yema terminal, con un promedio de 52 días, mientras que para la axilares el promedio de duración fue de 49 días.

La actividad vegetativa durante 1984 presentó un ritmo periódico bimensual (Fig. 1a), siendo más intensa durante el segundo semestre. Los picos se registraron en marzo, abril, en agosto y en diciembre - enero. El pico de septiembre - octubre fue muy discreto, desplazándose hacia diciembre - enero, debido a factores climáticos. Durante este año se observó una alternancia entre los picos de lluvia y los de brotación (Fig. 1b).

El porcentaje de brotes que completa su ciclo alcanzó un máximo de 42%. Esto quiere decir que muchas yemas que comienzan el proceso lo abortan. En las épocas en que la brotación es más intensa, la pérdida de yemas es menor (Fig. 2).

Para 1985 sólo se tuvo en cuenta la brotación en estado F-1, cuando la yema presenta una actividad meristemática y cuando hay una mayor probabilidad de infecciones de *escoba de bruja*. El comportamiento de la brotación muestra seis brotaciones entre

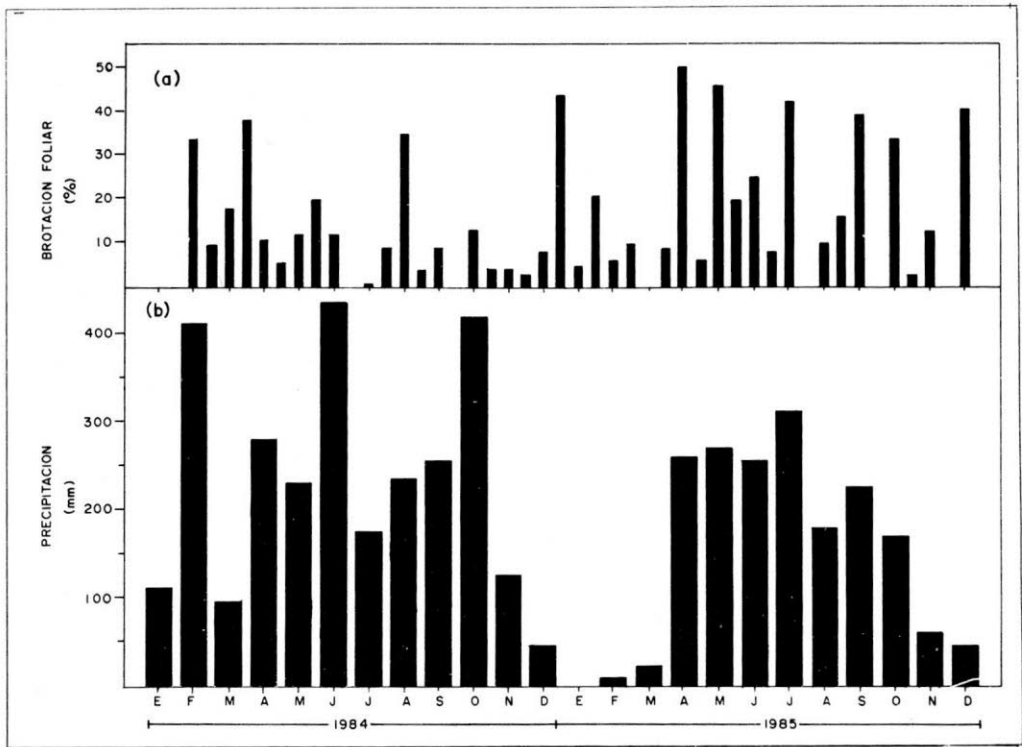


Fig. 1. (a) Ritmo e intensidad de la brotación foliar observados durante dos años, (b) precipitación mensual registrada en la parcela experimental durante 1984 y 1985.

25 y 50%, de yemas activadas (abril, mayo, julio, septiembre, octubre y diciembre), seguidas por brotaciones de menor intensidad (0 a 25%); la brotación fue más intensa en el segundo semestre.

### Comportamiento de la floración

El comportamiento de la floración en los dos años de estudio (Fig. 3) es cualitativamente igual, aunque mayor para el año de 1985 (2o año). La floración se concentra, fundamentalmente, en el primer semestre con máximos en marzo- 1984 y abril - 1985. Esta floración origina la cosecha principal en el segundo semestre. Durante el segundo semestre la floración fue baja, siendo la responsable de la cosecha de mitaca en el primer semestre del siguiente año. La floración en el año de 1984 co-

menzó antes que en 1985, debido principalmente al adelanto de las lluvias durante 1984.

### Comportamiento de la fructificación

La formación mensual de frutos (primer estado de desarrollo) para 1984 y 1985 se presentó de una manera continua a lo largo de los dos años (Fig. 4). En 1984 la formación de pepinos durante los primeros seis meses del año fue relativamente alta, originando una cosecha de mitaca importante. En 1985 los valores más altos se registraron entre mayo y noviembre, siguiendo el patrón normal de producción de frutos de la región.

Para la parcela de polinización artificial, en 1985, los frutos en primer estado de

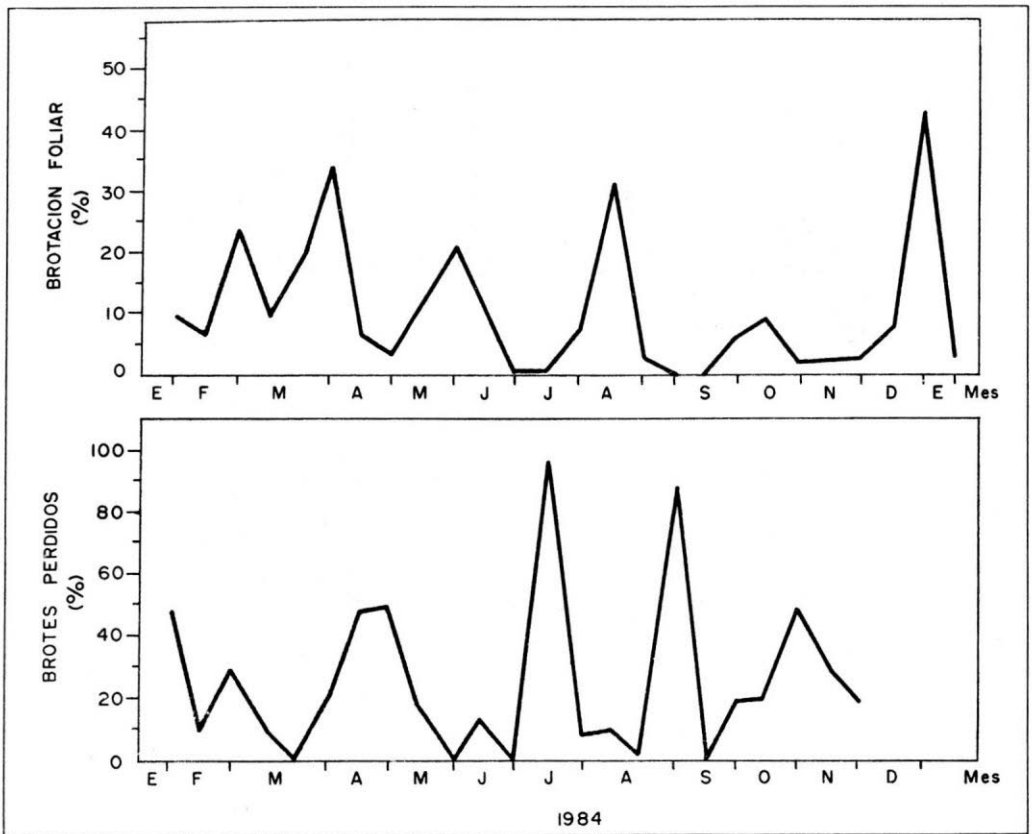


Fig. 2. Comportamiento de la brotación foliar durante 1984 y pérdida de brotes por factores fisiológicos en el mismo año.

desarrollo se incrementaron a partir de mayo, alcanzando un pico de 40 frutos por árbol en el mes de agosto, en comparación con el pico en la parcela de polinización natural que fue de 10 frutos por árbol en el mes de junio.

Las curvas de frutos por mes de todas las edades, en 1984, mostró una distribución normal entre enero y diciembre, debido a la distribución de la cosecha a lo largo del año. Sin embargo el comportamiento típico estuvo representado por la curva de 1985, donde la mayor cantidad de frutos se concentró en el segundo semestre, obteniéndose una distribución de tipo normal entre mayo y diciembre (Fig. 5). El comporta-

miento de la producción para un lote de la finca donde se realizó la investigación, de seis años de edad, se presenta en la Figura 6.

La tasa de cuajamiento de frutos, es decir, la conversión de flores en frutos fue elevada durante las estaciones de tendencia seca, en julio - septiembre y diciembre - febrero (fig. 7), coincidiendo con la terminación de los dos períodos de floración del año, la cual coincide con las precipitaciones más altas del año. La tasa de cuajamiento en enero de 1984 fue particularmente muy alta, dando origen a la formación de una gran cantidad de frutos en el primer semestre.

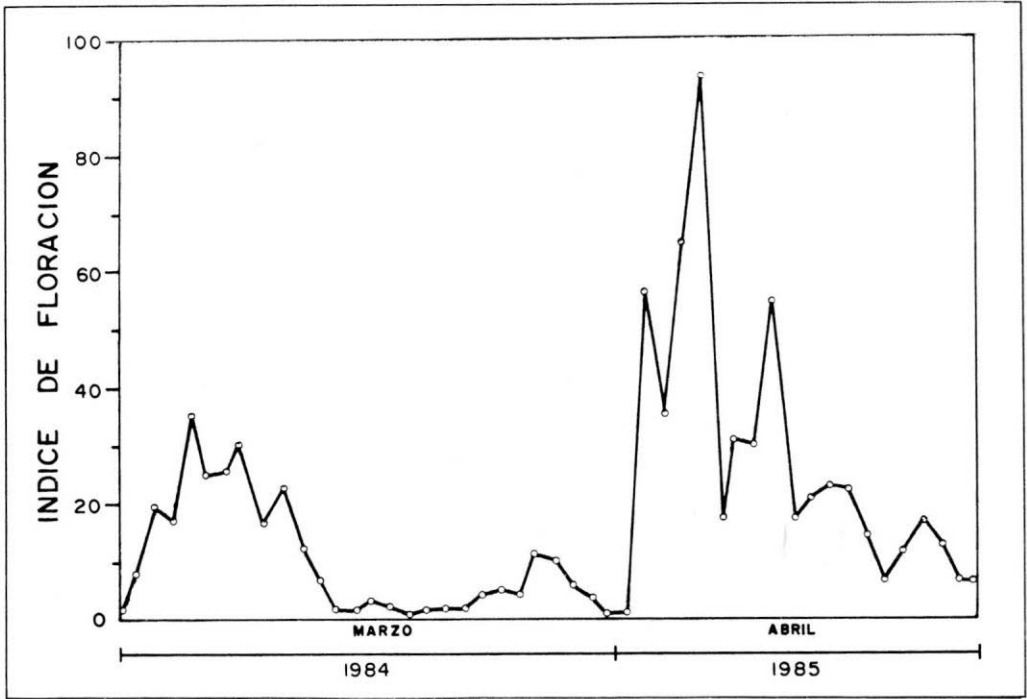


Fig. 3. Ritmo e intensidad de la floración durante 1984 y 1985.

## DISCUSION

El conocimiento de los estados de desarrollo fenológico del cacao, en lo que concierne al comportamiento de la brotación, floración y formación de frutos es de especial importancia en las relaciones cacao -

*C. pernicioso* y en la dinámica del proceso epidémico, teniendo en cuenta que las yemas, principalmente, en activo crecimiento y desarrollo constituyen los patios de infección. La evolución del proceso fenológico en concordancia con las épocas de producción del inóculo repercuten directamente

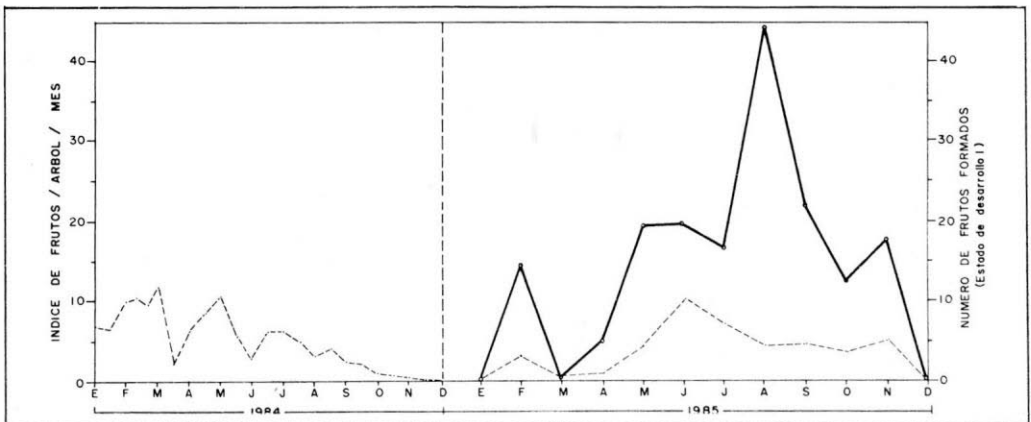


Fig. 4. Formación mensual de frutos de cacao en la parcela de polinización artificial (○) y en la parcela de polinización natural (□), durante 1985.

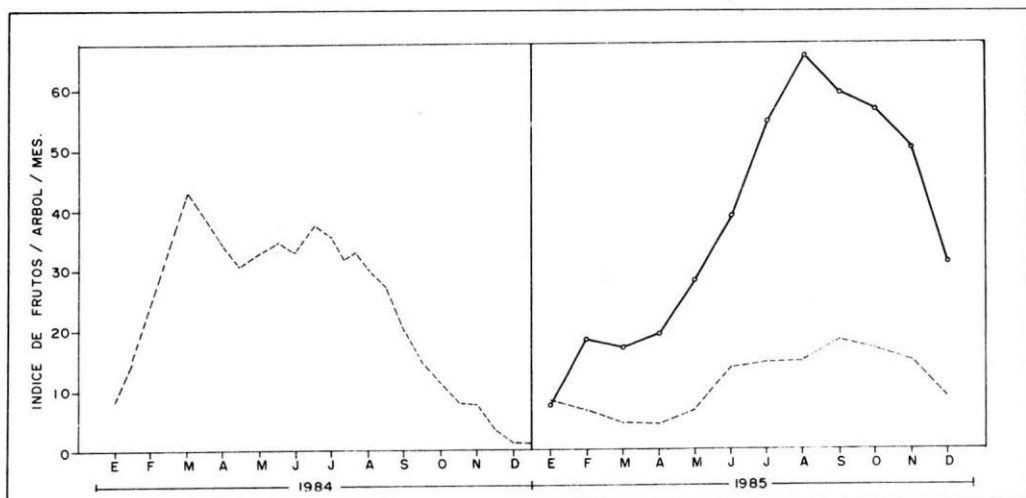


Fig. 5. Carga mensual de frutos de todas las edades registradas durante 1984 y 1985. Parcela de polinización natural (---) y parcela de polinización artificial (—○—).

en la cantidad de infecciones causadas y en la dinámica de la enfermedad en el tiempo y en el espacio.

La producción y concentración de inóculo y su concomitancia o desfase con la producción y presencia de patios receptivos determinan, en gran parte, la intensidad de la enfermedad. El conocimiento de esta dinámica define cuándo y donde actuar para regular el patosistema.

La brotación foliar presenta un comportamiento rítmico que tiende a proporci-

onar yemas activas con una aparición frecuente, y con una intensidad, promedio, relativamente baja. La duración del ciclo del renuevo es de, aproximadamente, 8 semanas (F-1, F-2, I-1, I-2), es decir, casi dos semanas por fase o estado. La combinación de estos dos aspectos determina la disponibilidad de yemas activas receptivas al parásito. Dada la naturaleza de este proceso y los resultados obtenidos en infección de yemas, las cuales pueden permanecer latentes por varias semanas, es de esperar que las relaciones entre la producción de inóculo (basidiocarpos) y la presencia de

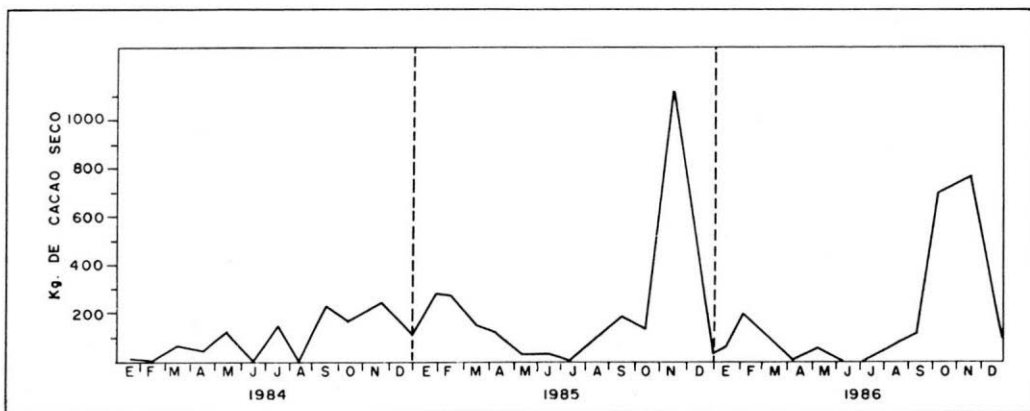


Fig. 6. Comportamiento de la producción de cacao de 1984 a 1986 en un lote de 6 años (Finca La Cabaña).



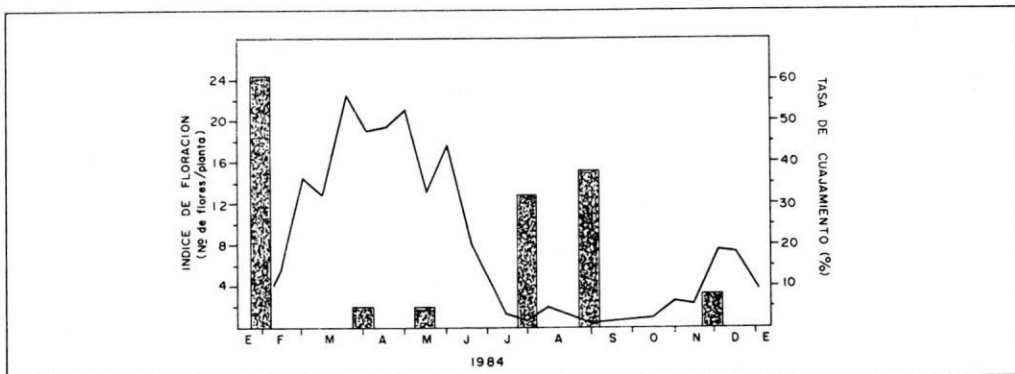


Fig. 7. Índice de floración ( — ) y tasa de cuajamiento de frutos ( ■ ) registrados durante 1984.

yemas activas no presentan una correlación clara entre los dos procesos. En algunos períodos se observa que la brotación sobreviene después de períodos de lluvia que siguen a períodos de sequía. En 1984 los picos de brotación alternan con los de lluvia; sin embargo, en 1985 la brotación conserva su ritmo a pesar de que la precipitación es alta y de no presentar oscilaciones importantes.

El comportamiento de la floración a través del año es bimodal, siendo más importante en el primer semestre. Durante el segundo semestre la producción de flores es relativamente baja. En general, la inmensa mayoría de las flores producidas se caen después de algunas horas sin haber sido fecundadas.

La formación de frutos presenta un comportamiento normal y la mayor parte de éstos se forma en el segundo semestre. La curva de formación de frutos comienza a aumentar cuando la floración declina. La tasa de cuajamiento de frutos es mayor durante los meses de tendencia seca y se incrementa cuando al proceso de floración declina.

## BIBLIOGRAFIA

Alvim, P. de T. 1956. Factores que controlan os lançamentos do Cacaueiro. *Actas 6a Conferencia Interamericana de Cacao*, Bahía, Brasil.

Alvim, P. de T. 1967. Ecophysiology of the cocoa tree. *Memoires Conference Internationale sur les Recherches Agronomiques Cacaoyères*, Abdijan, 15 - 20 Noviembre, 1965. París. pp. 23 -25.

Alvim, P. de T.; Machado D.A. y Vello, F. 1981. Respuestas fisiológicas del cacao a los factores ambientales. *El Cacaotero Colombiano*, 17, 27-52.

Alvim, F. de T.; Vogel M. e Machado, R. 1981. Remoção de Orgaos Jovens como Método de Avaliação das Interações Fisiológicas no crescimento, Floração e Fructificação do Cacaueiro. *Actas 8a Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacao* Cartagena, Colombia, Octubre de 1981, pp. 215-222.

Boyer, J. 1970. Influence des Régimes Hydriques, Radiatif et Thermique du Climat sur l'activité végétative et la Floraison de Cacaoyers Cultivés au Cameroun. *Café, Cacao, Thé*, 14, (3), 189-201.

Boyer, J. 1974. Etude écophysiolgique du développement de cacaoyers cultivés au Cameroun. *Café, Cacao, Thé*, 18 (1), 3 - 30.

Braudeau, J. 1981. *El Cacao*. Blume Distribuidora, S.A. México. 297 pp.

Coupric, F. 1972. Etude de Certains Aspects de l'écophysiolgie du Cacaoyer liés à sa Productivité en Ouganda. *Café, Cacao, Thé*, 16 (1) 31 - 43.

Mossu, G. 1980. Comportement de quelques clones en pollinisation manuelle. Fertilité ovulaire et chute précoce des fleurs pollinisées. *Café, Cacao, Thé*, 24 (2), 113 - 120.

Murray, D.B. y Spurling, A.T. 1964. Effect of Temperature on Growth. *Annual Report on Cocoa Research*, I.C.T.A. Trinidad, 42 pp.

Orchard, J.E.; Collin, K. and Hardwick, K. 1981. Biochemical and Physiological Aspects of Leaf Development in Cocoa (*Theobroma cacao* L.). V. Changes in Auxins and Cytokinins. *Café, Cacao, The* 25 (1), 25 - 28.

Paulin, D. 1981. Contribution à l'étude de la biologie florale du cacaoyer: bilan de pollinisations artificielles. *Café, Cacao, The*, 25 (2), 105 - 112.

Rudgard, S.A. 1987. Witches' broom disease on cocoa in Rondonia, Brasil: *Infection* of vegetative flushes and flower cushions in relation to host phenology. *Plant Pathology*, 36, 523 - 530.

Sale, P.J.M. 1966. Effect of Temperature on Growth. *Annual Report of Cacao Research, Trinidad*.