

TALLER SOBRE ROYA DEL CAFETO

EL AREA FOLIAR Y LA PRODUCTIVIDAD DEL CAFETO

Germán Valencia-Aristizábal*

1. Area foliar

1.1 Importancia

Si la productividad de una planta es el resultado de la actividad de la superficie foliar o sea de la intercepción de la energía lumínica y su conversión por las hojas en energía química, la mejor medida del capital productivo de la planta es el área foliar ; en otras palabras, si la agricultura es básicamente un sistema de explotación de la fotosíntesis y las hojas son las que aprovechan la radiación solar, se puede considerar la superficie foliar como la base de los rendimientos tanto biológicos como económicos, de cualquier cultivo.

Existe información en que se demuestra que las variaciones en el área foliar son el factor más influyente en las variaciones de materia seca acumulada por las plantas ; por tanto, los cultivos que mantengan durante más tiempo un área foliar que intercepte la energía solar, serán potencialmente más productivos.

En cultivos perennes como el cafeto, es muy importante estimar la cantidad de follaje o área foliar necesaria para satisfacer la demanda de fotosintetizados de todas y de cada una de las partes de la planta, con el fin de racionalizar el manejo de dicho cultivo, bien sea con podas, fertilización, raleos, etc.

1.2 Sistemas de medición

Existen varios métodos para conocer el área foliar ; en Cenicafé (9) se ensayaron dos métodos de laboratorio, que implicaban la recolección del material, y tres métodos de campo, en los que no se des-

* Jefe (E) de la Sección de Fitofisiología del Centro Nacional de Investigaciones de Café -CENICAFE- Chinchiná, Caldas, Colombia.

prendían las hojas de la planta.

Los métodos ensayados fueron :

a) Método fotográfico

Se impresiona con las hojas un papel oxálico sensible a la luz ; se cortan y se pesan las impresiones y por peso de una superficie conocida de ese papel, se obtienen las áreas correspondientes a los pesos obtenidos. Este métodos da las áreas reales y se usó para comparar las áreas obtenidas por los demás métodos en estudio.

b) Método del peso de la hoja

Se determina el área foliar conociendo el peso de la muestra de hojas y el peso de una superficie conocida de la hoja. Este método induce variación debida a : 1). Variación del peso desde la base al ápice de la hoja ; 2). Variación debida al ciclo vegetativo de la planta.

c) Método de comparación de superficies

Hojas de diferentes tamaños se fotografian y se les determina el área según el método fotográfico. Estas superficies se dibujaron y recortaron en láminas delgadas de aluminio y se ordenaron con intervalos de 2 centímetros cuadrados. Se agruparon entres series de áreas : 10 a 31, 31 a 60 y 61 a 110 centímetros cuadrados, correspondientes a una clasificación arbitraria de hojas pequeñas, medianas y grandes.

d) Método gráfico

En una muestra de hojas se estableció la correlación entre las dimensiones de la hoja y el área de la misma.

Si existe una correlación alta del área de la hoja con la longitud y anchura de la misma, era de esperar una correlación estrecha con el área del rectángulo circunscrito. Como una misma área puede obtenerse con diferentes longitudes y anchuras, se calcularon para áreas constantes, las hiérbolas determinadas por longitud y anchura variables. El gráfico resultante se dibujó para áreas de dos en dos centímetros cuadrados desde 4 hasta 130 centímetros cuadrados.

e) Método de las dimensiones foliares

En el campo se mide el largo y el ancho de las hojas y en el laboratorio se determina el área sobre un gráfico ya elaborado.

Una hipótesis de trabajo que fue comprobada luego fue la de que no había diferencias entre las áreas de hojas situadas en el mismo nudo y que el área foliar de un cafeto podría calcularse midiendo solamente el área foliar de un lado de sus ramas.

Las diferencias entre las áreas medidas con los cinco métodos descritos no fueron significativas.

1.3 Metodología adoptada en Cenicafé

Posteriormente, se comprobó (7) que existe una relación funcional real entre el logaritmo del área de la hoja de café y el logaritmo del largo de esa hoja. Esta relación se puede considerar la misma para las variedades estudiadas: Típica, Borbón, Caturra y Mundo Novo. La ecuación de regresión que la Sección de Biometría de Cenicafé encontró que más se ajustaba a los datos obtenidos por la Sección de Fisiología, fue la siguiente:

$$Y = 2.02501X - 0.57278, \text{ donde}$$

Y = Log. del área

X = Log. del largo

Mediante este sistema, en el campo únicamente fue necesario medir el largo de las hojas de un lado de cada rama del árbol y luego efectuar los cálculos en la oficina.

1.4 Utilidad y necesidades

La metodología que se acaba de describir era una necesidad para la realización de numerosos estudios en los cuales era fundamental el conocimiento del área foliar sin destruir el material vegetal, tales como determinación del índice de área foliar óptimo para café, estimativos de la cantidad de cobre por aplicar para el combate de la roya, estimativos de área foliar por kilogramo de café cereza y por grano de café, estimativos de daños ocasionados por plagas o enfermedades y relación de área foliar con deficiencias nutricionales de la planta.

2. Índice de área foliar (IAF)

El IAF es la relación que existe entre el área foliar de la planta y el área de terreno ocupado por esa planta. Así como los rendimientos agrícolas se expresan en términos de cosecha por unidad de área de terreno, de igual manera el área foliar se puede expresar sobre la misma base de los rendimientos.

Con el objeto de conocer el IAF con el que se obtendría la máxima productividad del cafeto, se realizó un estudio de comparación de tres densidades de siembra del cafeto en plantación definitiva a plena exposición solar, en Naranjal (22).

Se hicieron las determinaciones de área foliar en junio y noviembre y registros de producción, durante cuatro años, a partir de un año y medio desde la siembra. Matemáticamente, se estudió la influencia de los tratamientos en el área foliar y en el índice de área foliar, así como la relación entre estos valores y la producción.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de área foliar e índice de área foliar en junio de cada año y los datos de producción anual obtenidos en el experimento.

Los coeficientes de correlación entre IAF en junio (X) y la producción por parcela (Y) en su respectivo año, fue altamente significativa.

La regresión cuadrática dio mejor ajuste con los datos observados, que la regresión lineal y su ecuación fue la siguiente :

$$Y = -8,96 + 25,51X - 1,60X^2$$

En el gráfico 1 se representa esta ecuación y se señalan los puntos observados en el experimento. La primera derivada de esta ecuación da 7,97, que es el valor del IAF con el que se lograría la mayor producción de café, o sea el IAF óptimo.

Este IAF óptimo, una vez alcanzado, debe tratar de mantenerse mediante manejo de la plantación, bien sea con fertilización, podas, raleos, etc.

3. Área foliar y producción de café

3.1 Estimativos de área foliar para la producción

En la India, Cannell (4) encontró que por cada fruto de café se necesitaban 20,00 centímetros cuadrados de hoja y Vasudeva & Ratageri, en 1981 (24), encontraron que eran necesarios 17,70 centímetros cuadrados de hoja por cada fruto.

En Cenicafé, según el estudio de IAF (22), si una hoja tiene un área (proyección) promedio de 25 centímetros cuadrados, un grano de café pergamino seco pesa 0,22 gramos y necesita 1,6 hojas, se estima que se necesita disponer cinco meses antes de la cosecha de 18,5 metros cuadrados de hoja (proyección) ó 37 metros cuadrados de área total de hojas ó 7.400 hojas para producir un kilogramo de café pergamino seco, lo que corresponde a 40,00 centímetros cuadrados por grano.

CUADRO 1. Afea foliar (m^2), índice de área foliar y producción (kilogramos café pergamino seco) por árbol y por parcela de $100 m^2$ en tres densidades de siembra. Cenicafé.

Registro	Densidad de siembra/Ha	1967		1968		1969		1970	
		árbol	Parc.	árbol	Parc.	árbol	Parc.	árbol	Parc.
Area foliar (junio)	10.000	4.6		7.7		9.5		9.8	
	5.000	4.4		10.4		14.5		16.0	
	2.500	3.5		8.0		14.5		18.8	
IAF (junio)	10.000	4.6		7.7		9.5		9.8	
	5.000	2.2		5.2		7.2		8.0	
	2.500	0.9		2.0		3.6		4.7	
Producción Kg. c.p.s.	10.000	0.9	90	1.1	108	1.0	96	0.8	81
	5.000	0.9	42	1.7	84	1.8	88	1.6	78
	2.500	0.8	19	0.8	21	2.3	56	2.9	71

3.2 Estudios de defoliación y su influencia en la producción

Se quería conocer la influencia que tenían en la producción de café distintos grados o intensidades de defoliación ocasionados en diferentes épocas en relación con el estado de desarrollo del fruto, a fin de establecer una base fisiológica para estudios económicos de control sanitario en cafetales.

Para este propósito, plantas de café de primera cosecha se sometieron a 0 - 20 - 40 - 60 - 80 % de defoliación, una vez, en enero, mayo o septiembre de cada año (bloques I, II y III). Las defoliaciones se repitieron en las plantas a los 16 meses después de la primera defoliación.

Los resultados obtenidos mostraron lo siguiente :

a) Número de hojas y porcentaje de recuperación de follaje

En los períodos de marzo a mayo ocurrió el más importante aumento de número de hojas. La tendencia de los tratamientos de defoliación, en todos los bloques, fue a igualar rápidamente en número de hojas al testigo y continuar la tendencia de éste.

Es importante destacar que al hablar de número de hojas no se considera el área foliar. Se observó que mientras más se defolia una planta, pueden aparecer más hojas, pero aparentemente más pequeñas.

b) Producción de café (Cuadro 2)

El promedio de producción fue mayor en los tratamientos de 40 y 60 % de defoliación, por las altas producciones del bloque II y sensiblemente baja en el caso del 80 % de defoliación, en todos los bloques ; la producción del testigo varió entre 17,8 y 21,6 kilogramos de café cereza, por parcela de 6 árboles.

Del estudio se concluye que, como consecuencia de los tratamientos de defoliación manual en determinado momento, se provoca un estímulo para la formación de follaje (rápida recuperación) y que solamente una defoliación muy alta puede perjudicar sensiblemente la producción de café.

Lo anterior significaría que la defoliación manual de las plantas de café no es la forma más adecuada para estudiar la influencia que tiene sobre la producción de café la pérdida de hojas provocada por una plaga o enfermedad, es decir, que es diferente una pérdida de hojas, más o menos persistente, a una defoliación provocada mecánicamente en determinado momento.

En la India, Srinivasan y otros (19) encontraron que la defoliación y la poda de yemas aumentan la formación de yemas axilares y, por tanto, la formación de follaje.

CUADRO 2. Producción (Kg. café cereza) por parcela de 6 árboles en años comprendidos entre abril y marzo.

Bloque (época de defoliación)	Fecha de registro	Tratamientos (% de defoliación)				
		0	20	40	60	80
I	Octubre/78-marzo/79	21.3	8.5	12.7	9.5	3.4
	Abril/79-marzo/80	21.6	18.7	26.0	13.1	6.6
	Abril/80-marzo/81	20.6	22.1	19.1	24.9	19.2
	Abril/81-marzo/82	17.8	17.4	16.7	23.6	14.7
	Total	81.3	66.7	74.5	71.0	43.8
II	Septiembre/78-marzo/78	21.3	16.7	16.9	15.8	13.8
	Abril/79-marzo/80	21.6	21.8	37.1	33.3	23.9
	Abril/80-marzo/81	20.6	28.6	33.5	29.8	19.6
	Abril/81-marzo/82	17.8	19.1	24.4	28.4	3.5
	Total	81.3	86.3	111.9	107.4	60.7
III	Septiembre/78-marzo/79	21.3	10.6	18.9	20.0	12.5
	Abril/79-marzo/80	21.6	30.0	22.2	25.5	21.2
	Abril/80-marzo/81	20.6	22.3	30.3	17.3	12.3
	Abril/81-marzo/82	17.8	17.8	17.7	19.1	16.2
	Total	81.3	80.7	89.1	81.8	62.1
	Promedio general	81.3	77.9	91.8	86.7	55.6

En Brasil, se ha encontrado que la cosecha de café comienza a mermar cuando la defoliación alcanza un 25 a 30 % (11, 15, 16) y si la defoliación ocurre entre mayo y octubre, se perjudica la siguiente cosecha.

En Brasil (16), se observó también que con defoliaciones superiores a 50 % mermaba la producción, pero las plantas se recuperaban y al año siguiente rendían buenas cosechas.

Destacan el hecho de que el período en que las plantas presentaban 50 % de defoliación fue relativamente muy corto.

Los datos obtenidos en Cenicafé no son comparables con los obtenidos en Brasil, especialmente por las disímiles condiciones ambientales entre los dos países.

En Puerto Rico (17) se ha encontrado una ecuación de regresión en la que los rendimientos de café disminuyen a medida que la renovación de hojas aumenta.

3.3 Retención y duración de hojas de café

Existe información sobre el efecto tónico del cobre en el sentido de que sin mostrar efectos muy notables sobre la retención de hojas, provoca importantes aumentos de la producción de café (1, 2, 3, 6, 12, 13, 18). Esta información es un tanto contradictoria con otros datos (15, 16), en donde se dice que defoliaciones hasta de 40 - 50% no influyen en la producción.

En Cenicafé, se han hecho algunos experimentos para tratar de retener las hojas al árbol, mediante fungicidas (5) y mediante aspersiones de 2,4-D y de ácido naftalenoacético (21).

Sin embargo, como se acepta que existen algunos vacíos de información básica sobre retención y duración de las hojas y que es necesario estudiar más la fisiología del desarrollo foliar, se decidió efectuar un experimento con los objetivos siguientes :

- a) Conocer en condiciones de campo la duración natural de las hojas, las épocas de formación y de caída de ellas.
- b) Incrementar la duración de las hojas en el árbol.
- c) Verificar cómo esta mayor duración de las hojas influye en la producción de café.

El experimento, en bloques al azar y con cinco repeticiones, comparó los tratamientos : testigo - cobre (Cu_2O) al 1 y al 2 % - 2,4-D (5 p.p.m.) y Difolatán (2,5 g/litro).

Los tratamientos se aplicaron en aspersión foliar cada tres sema-

nas, hasta completar una cosecha, y los registros se llevarán durante 30 meses.

Los resultados obtenidos se presentan en los gráficos 4 y 5 y en el Cuadro 3. En ellos se destacan los siguientes hechos :

Gráfico 4 (formación de hojas o número de hojas nuevas), muestra que el cafeto siempre estuvo en continuo crecimiento, con épocas de mayor formación de hojas. Aparentemente, hubo una tendencia a disminuir el ritmo de formación de hojas con el transcurso del tiempo en las ramas escogidas, pero ésto estaría compensado por la aparición de ramas secundarias. En los tratamientos en estudio, el número de hojas nuevas fue muy similar y las tendencias fueron las mismas.

Gráfico 5 (número de hojas caídas). En este gráfico se aprecia una época de mayor caída de hojas, que va de octubre a diciembre (época de cosecha principal) ; se aprecia además que los tratamientos con cobre, 1 y 2 %, y difolatán tienen menor número de hojas caídas, lo que equivale a mayor retención de hojas. Estos mismos tratamientos tuvieron, en cifras relativas, producciones más altas que los demás tratamientos (Cuadro 3).

En el Cuadro 3 se ve como los tratamientos con cobre tuvieron menor número de ramificaciones secundarias, lo cual se explicaría parcialmente por la menor pérdida de hojas que ellos tuvieron.

En la Sección de Fitopatología de Cenicafé (5), en estudios realizados sobre el efecto tónico del cobre (oxicloruro de cobre, óxido cuproso) y del difolatán obtuvieron más porcentaje de hojas retenidas 12 meses después de iniciado el experimento ; de esta edad en adelante, se presentó una drástica pérdida de hojas (época de cosecha : octubre, noviembre, diciembre).

Si estos resultados se confirman, se obtendría un beneficio de los tratamientos con cobre para fines de combate de la roya, ya que se lograría una mayor retención de hojas sanas.

El efecto tónico del cobre se ha explicado desde el punto de vista nutricional (1) y desde el punto de vista de la disminución de la microflora del café (8, 23), por disminución de producción de etileno.

Hasta el momento, para las hojas, se ha obtenido un promedio de vida de 10.4 meses, promedio que debe aumentar puesto que aún existen adheridas hojas viejas que no se han caído.

En estudios anteriores realizados en Cenicafé (14), se encontró que la mayor frecuencia de duración de las hojas, en cafetal bajo sombra, era de 10 a 15 meses y, en cafetales a pleno sol, de 9 a 14 meses.

En la India (10), bajo sombra natural, las hojas duran entre 15 y 612 días y el 25 % de las hojas se cae entre 3 y 6 meses de edad y en Tanganyika (20) han encontrado una duración de 15 a 300 días.

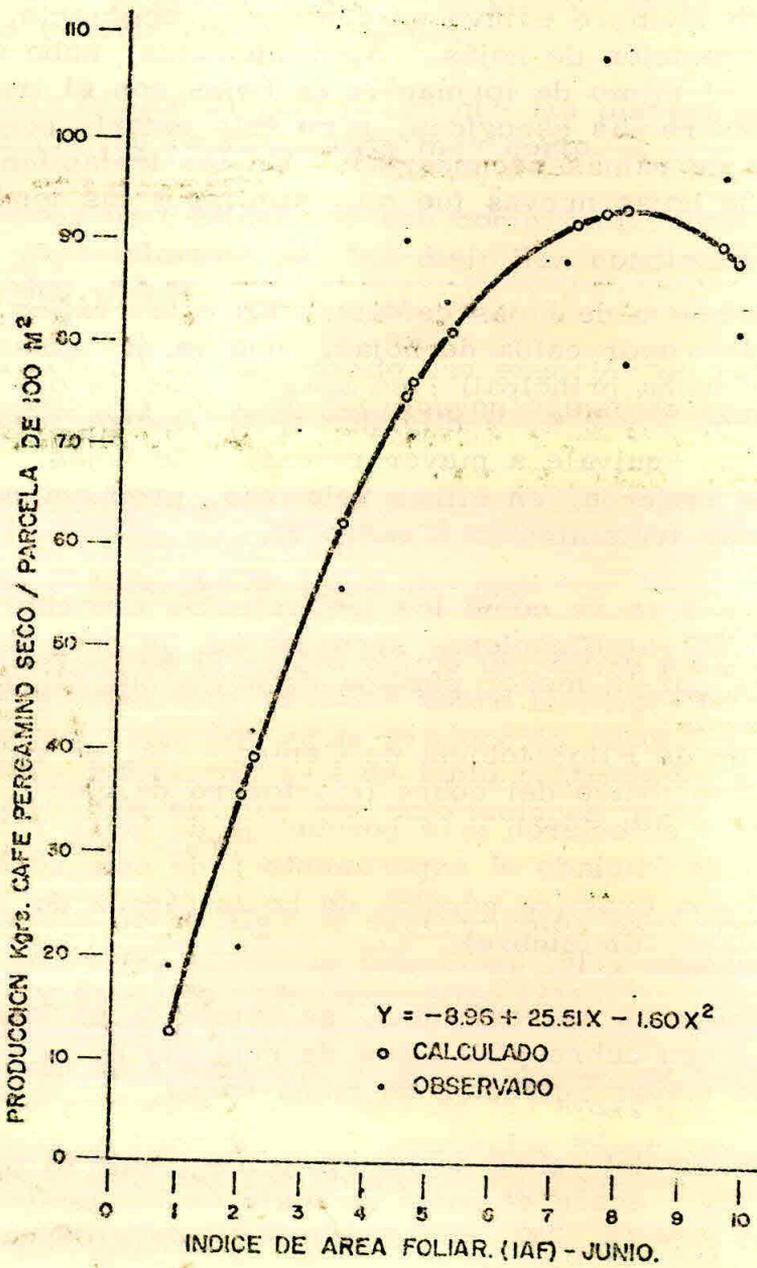


Figura 1.- ECUACION DE REGRESION DE LA PRODUCCION POR PARCELA (Y) SOBRE EL INDICE DE AREA FOLIAR EN JUNIO (X) Y VALORES OBSERVADOS.

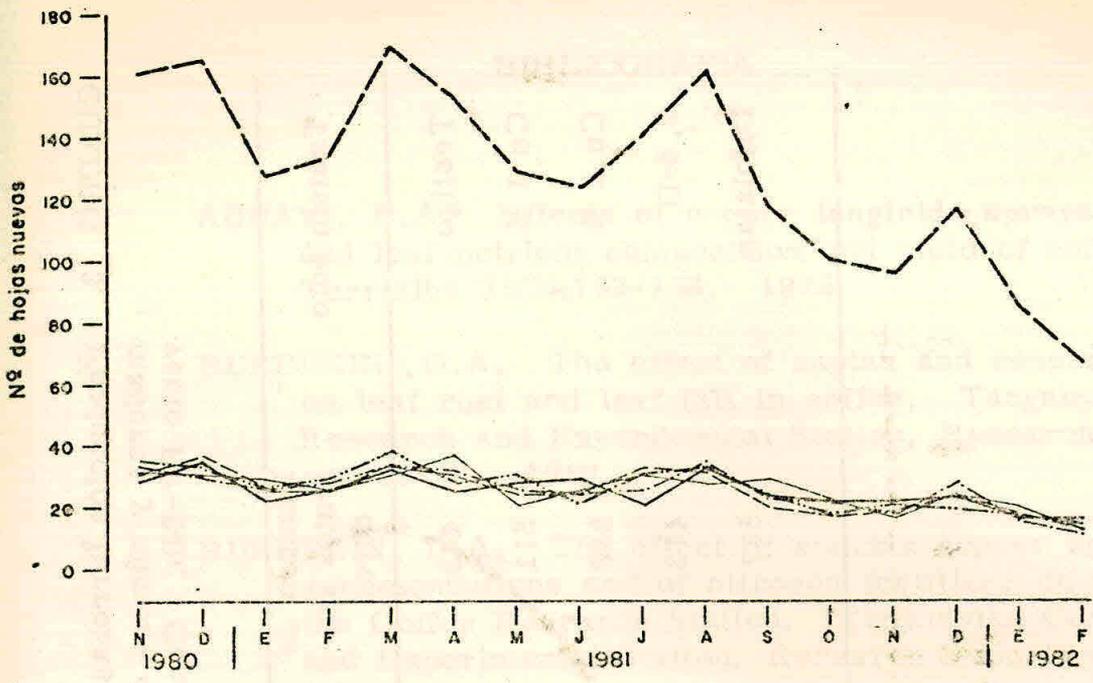


Figura 2.- PROYECTO FF-64b. FORMACION DE HOJAS (NUMERO DE HOJAS NUEVAS). CENICAFE 1982.

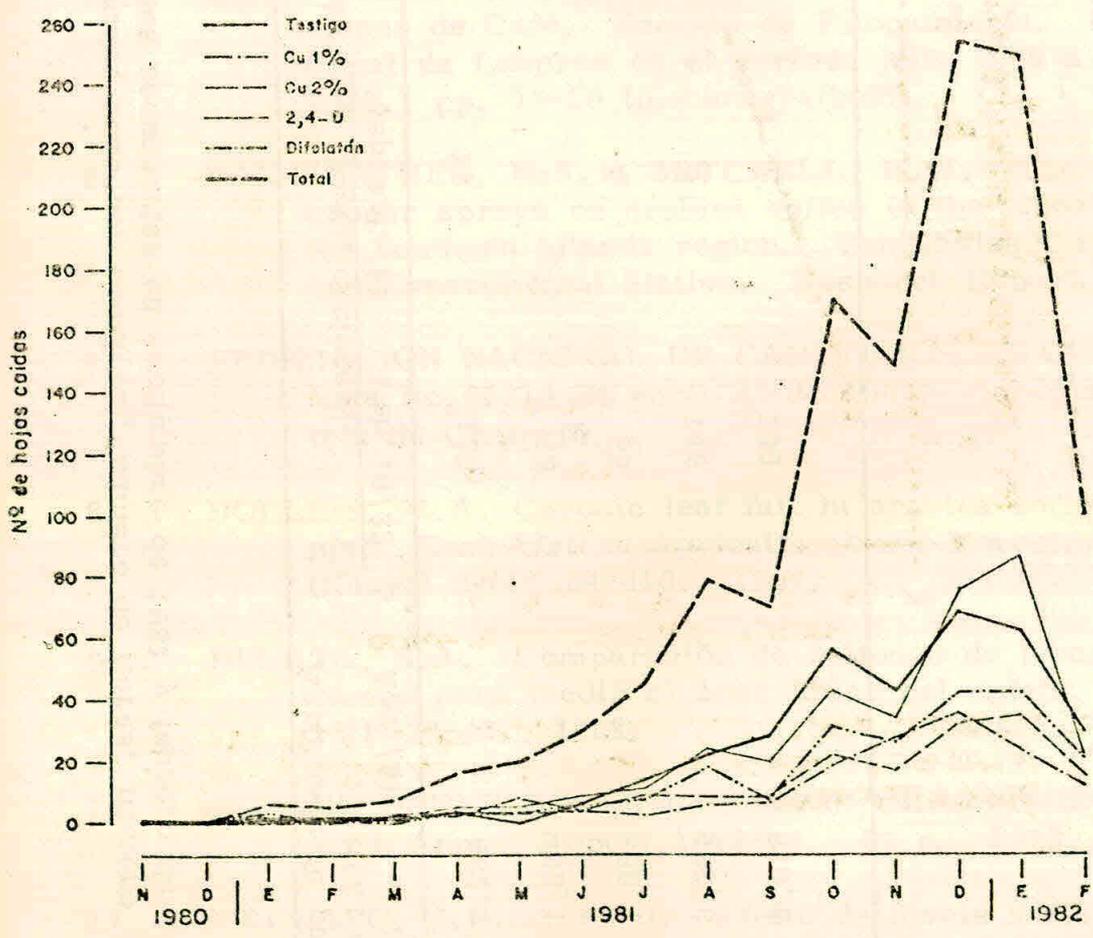


Figura 3 - PROYECTO FF-64b. NUMERO DE HOJAS CAIDAS. CENICAFE 1982.

CUADRO 3. Producción (arrobas de café pergamino seco por hectárea), número de flores, número de frutos maduros y número de ramificaciones secundarias en septiembre de 1981 y febrero de 1982. Proyecto FF-64b. Cenicafe 1982.

Tratamiento	Número de frutos maduros	Número de flores	Ramificaciones		Arrobas café perg.seco/Hectárea	
			Septem./81	Feb.10/82	Agt./81	Feb./82
Testigo	445	1.299	16	105	462,7	
Cu 1 %	511	1.432	5	78	490,1	
Cu 2 %	558	1.420	5	55	539,1	
2,4-D	413	1.545	3	146	482,6	
Difolatan	537	1.374	7	100	510,6	

BIBLIOGRAFIA

1. ADUAYI, E.A. Effects of copper fungicide sprays on soil and leaf nutrient composition and yield of coffee trees. *Turrialba* 25(2):132-138. 1975.
2. BURDEKIN, D.A. The effect of captan and copper sprays on leaf rust and leaf fall in coffee. *Tanganyika Coffee Research and Experimental Station, Research Report*. pp. 56-59. 1960.
3. BURDEKIN, D.A. The effect of standar copper spray recomendations and of nitrogen fertilizer on coffee at the Coffee Research Station. *Tanganyika Coffee Research and Experimental Station, Research Report*. pp. 27-30. 1962.
4. CANNELL, M.G.R. Crop physiological aspects of coffee bean yield ; a review. *Journal Coffee Research (India)* 5(1/2):7-20. 1975.
5. Efecto Tónico del Cobre. In : Centro Nacional de Investigaciones de Café. Sección de Fitopatología. Informe Anual de Labores en el período julio 1979 a junio 1980. 1980. pp. 15-20 (mecanografiado).
6. FAIRWEATHER, K.S. & MITCHELL, H.W. The effect of copper sprays on arabica coffee in the Mbozi area of the Southern hilands region. *Tanganyika Coffee Research and Experimental Station. Research Report*. pp. 31-33.
7. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Nota No.01319 de abril 23 de 1964. Sección de Biometría de Cenicafé.
8. HOLLIES, M.A. Chronic leaf fall in arabica coffee in Tanzania. *East African Agricultural and Forestry Journal (Kenya)* 32(4):404-410. 1967.
9. HUERTA, S.A. Comparación de métodos de laboratorio y de campo para medir el área foliar del cafeto. *Cenicafé* 13(1):33-42. 1962.
10. INDIAN COFFEE BOARD RESEARCH DEPARTMENT. Twenty sixth Annual Report 1972/73. 67 p. 1973.
11. MACHADO, J.R.M. et al. Efeito de niveis x epocas de desfolha na produtividade de cafeeiros no noroeste do Ceara. Dados preliminares. 9^o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Resumos. Sao Lourenço, M. G. 27 a 30 outubro 1981.

12. MANSK, Z., MATIELLO, J.B. & MIGUEL, A.E. Influencia de aplicaciones tardias de fungicida cuprico sobre a retencao foliar e a produtividade do cafeeiro. Resumos, 7^o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Araxá, M.G. 4-7 dezembro 1979. pp. 361-362.
13. MIGUEL, A.E. et al. Efeitos da aplicacao de fungicida cuprico em 20 progenies e linhagens de café con fatores de resistencia a Hemileia vastatrix Berk. et Br., 7^o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Resumos. Araxá, M.G. 4 a 7 dezembro. 1979. pp. 53-56.
14. Observación del promedio de vida de las hojas de C. arabica. In : Centro Nacional de Investigaciones de Café. Sección de Fitofisiología. Informe anual de labores en el período julio 1975 a junio 1976. 1976. pp. 33-34 (mecanografiado).
15. PARRA, J.R.P. e NAKAMO, O. Determinacao do nivel de dano economico de Perileucoptera coffeella (Guerin-Meneville 1842) (Lepidoptera-Lyonetiidae). 4^o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Resumos. Caxambú, M.G., 23-26 nov. 1976. pp. 1.
16. PAULINI, A.E. et al. Efeito da desfolha causada por bicho mineiro Perileucoptera coffeella (Guerin-Meneville 1842) na produtividade do cafeeiro. 5^o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Resumos. Guarapari, E.S. 18-21 out. 1977. pp. 146-147.
17. PHILLIPS, A. Effect of leaf loss during harvest on subsequent yield of coffee. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 54(3):504-507. 1970.
18. RAYNER, R.W. Tonic copper spraying. The coffee Board of Kenya. Monthly Bulletin 13(146):20-21. 1948.
19. SRINIVASAN, C.S. et al. Vegetative-floral balance in coffee. I Effect of disturbing the floral phase on vegetative growth. Indian Coffee 33(12):1-4. 1973.
20. TANGANYIKA COFFEE BOARD RESEARCH DEPARTMENT. Balehonnur. Twenty fifth detailed Technical Report 1971/72. 175 p. 1973
21. VALENCIA, A.G. Estudio fisiológico de la defoliación causada por Cercospora coffeicola en el cafeto. Cenicafé 21(3):105-114. 1970.
22. VALENCIA, A.G. Relación entre el IAF y la productividad del cafeto. Cenicafé 24(4):79-89. 1973.

23. VAN DER VOSSSEN, H.A.M. & BROWNING, G. Prospects of selecting genotypes of Coffea arabica L. which do not require tonic sprays of fungicide for increased leaf retention and yield. Kenya Coffee 43(513):362-368. 1978.
24. VASUDEVA, N. & RATAGERI, M.C. Studies on leaf to crop ratio in two commercial species of coffee grown in India. Journal Coffee Research (India). 11(4):129-136.