

421

NOTA SOBRE EL EFECTO DE LA INTENSIDAD DE LA LUZ EN LA FLORACION DEL CAFETO

Jaime Castillo Z.

Roberto López A.*

INTRODUCCION

En Chinchiná la producción de los cafetales a libre exposición ha sido siempre superior a la obtenida en los cultivos bajo sombra. Por ejemplo, en los experimentos conducidos en la Sección de Fito-mejoramiento con la variedad Típica, se ha observado que a pleno sol cada árbol puede producir corrientemente hasta 13 Kg de café cereza por año, o sea 2.6 Kg de café comercial, mientras que en cafetales bajo sombrío, una producción de solo 1.0 Kg de café pergamino se considera alta. Esta diferencia de rendimientos entre los cultivos a pleno sol y bajo sombra puede deberse principalmente a dos causas inmediatas que actúan conjuntamente:

- 1.- A mayor crecimiento vegetativo, es decir, a la formación de mayor número de nudos en las ramas a pleno sol. El mayor número de nudos emitidos durante una temporada de crecimiento tiene una estrecha relación con la producción subsiguiente pues, en las axilas foliares correspondientes, se forma la mayor parte de los frutos (1).
- 2.- A una mayor florescencia en cada nudo, a libre exposición.

En un trabajo anterior realizado en Cenicafé con plantas pequeñas (3) se encontró que el crecimiento vegetativo aumentó proporcionalmente a la exposición solar. Este aumento fue especialmente

* Jefe y Asistente, respectivamente, de la Sección de Fito-mejoramiento del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia.

notable en el crecimiento de las ramas, expresado en longitud y número de nudos. Lo anterior muestra una relación directa entre energía luminosa y crecimiento vegetativo. La presente nota tiene por objeto discutir algunas observaciones sobre la magnitud de la florescencia en diversas intensidades de luz natural.

PROCEDIMIENTO

Las observaciones se efectuaron en plántulas de café Borbón de 18 meses de edad, que habían sido trasplantadas del almárgo al campo cuando tenían 8 meses, en octubre de 1964; de esta fecha a agosto de 1965 fueron mantenidas bajo diferentes intensidades de luz natural.

Los arbolitos fueron sembrados en parcelas de 8 plantas, a 50 cm de distancia. Para obtener las intensidades de luz requeridas, en cada parcela se usaron ambráculos de madera con listones separados convenientemente para dejar expuesta a la luz la proporción deseada del área experimental. Las intensidades empleadas fueron 25, 50, 75 y 100 % de la plena exposición y de cada intensidad se tenían dos repeticiones.

Las observaciones realizadas consistieron en conteos de las siguientes variables, en los seis primeros nudos partiendo del tallo principal, y en ramas escogidas a una altura intermedia entre la base y el ápice del arbusto:

- 1.- Número de glomérulos en los cuales las flores aún no eran visibles.
- 2.- Número de glomérulos que tenían flores bien diferenciadas
- 3.- Número de flores en cada uno de estos glomérulos
- 4.- Número total de nudos de la rama.

Con estos datos se calculó el número de glomérulos y flores por nudo, y el porcentaje de nudos que habían florecido en la rama.

Los glomérulos iniciaron su desarrollo a principios de 1965 y en julio de este año, cuando se hicieron las observaciones,

tenían flores de unos 5mm de longitud. Las condiciones del clima en lo referente a intensidad de la radiación en Chinchiná, durante este periodo, serán comentadas más adelante.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las flores del *Coffea arabica* L. aparecen en las axilas de las hojas y están agrupadas en cimas cortas o glomérulos que contienen de 1 a 4 flores comunmente. Las yemas que dan origen a los glomérulos pueden ser muy numerosas y se presentan en una gradación continua de desarrollo y tamaño, desde varios milímetros y con flores más o menos desarrolladas, a yemas casi microscópicas, que solo pueden observarse al desprender las hojas. Después de algún tiempo esas yemas pueden crecer y diferenciar un pedúnculo que se ensancha un poco hacia el extremo, donde se insertan los cortos pedicelos de las flores y una o dos pequeñas brácteas foliares. El número de yemas que se desarrolla hasta formar glomérulos es en extremo variable, encontrándose comúnmente entre 1 y 5 en cada axila foliar.

En Chinchiná, el crecimiento del cafeto ocurre durante todo el año; por esto, en un mismo nudo pueden presentarse glomérulos con flores perfectamente desarrolladas, cuya antesis depende solo de un estímulo ambiental, y otros en proceso de formación, en los cuales las flores apenas se inician o no son aún visibles.

Por consiguiente, la florescencia depende de dos variables: el número de glomérulos formados en cada nudo y la cantidad de flores diferenciadas sobre ellos. Es decir, la florescencia se puede expresar como el número total de glomérulos - con flores diferenciadas o no - y también como la cantidad de flores visibles en el momento de hacer la observación.

En el gráfico 1 se presenta el número promedio de glomérulos por nudo en cada intensidad luminosa, notándose que estos aumentan con la cantidad de luz. Puede observarse que las diferencias correspondientes a todos los niveles de luz fueron estadísticamente significativas.

Los datos representados en el gráfico 1 indican que hay una interdependencia entre el número de glomérulos y la intensidad de la luz, que sigue una función caracterizada por los aumentos menores del número de glomérulos a medida que se incrementa la radiación luminosa.

GRAFICO 1

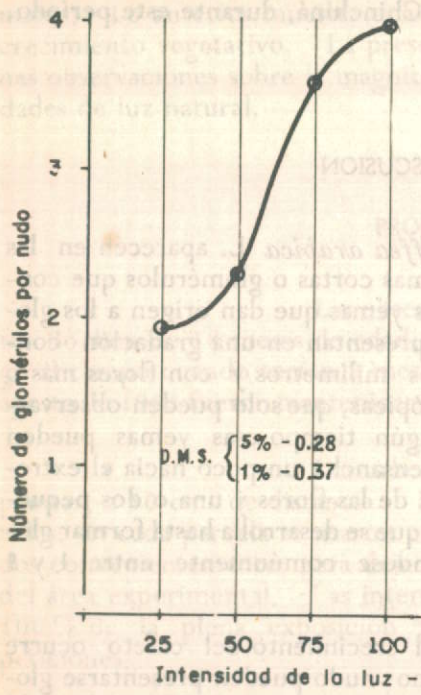
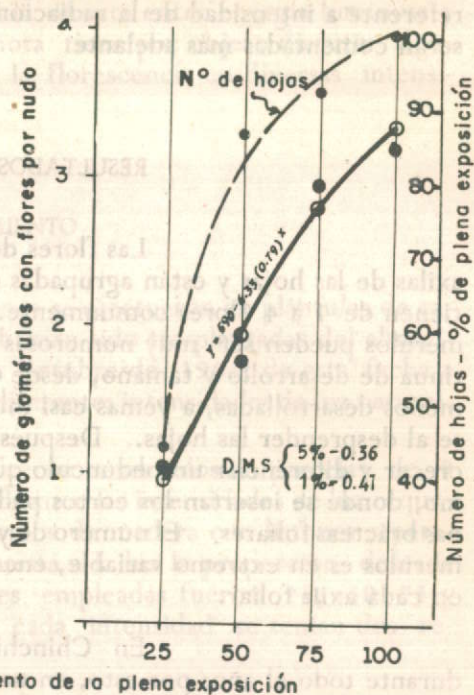


GRAFICO 2

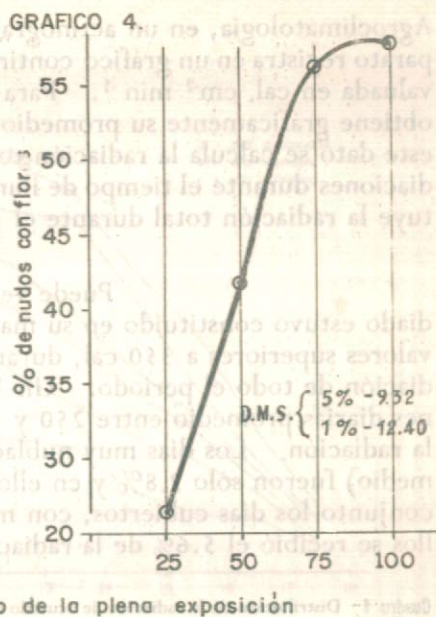
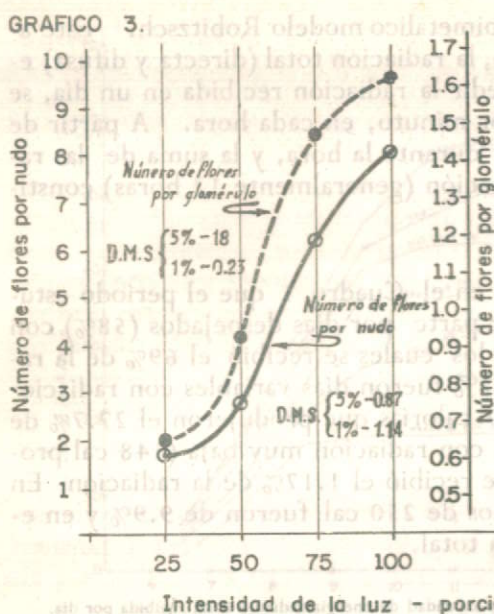


Gráficos 1 y 2 Efecto de la luz sobre el número total de glomérulos y sobre el número de glomérulos con flores diferenciadas. En ambos casos la cantidad de glomérulos aumentó con la intensidad de la luz, y en el segundo, se nota una relación directa con la cantidad del follaje.

Cuando la florescencia se expresa por la cantidad de flores o por el número de glomérulos con flores ya diferenciadas, según puede observarse en los gráficos 2 y 3, los diagramas son similares al anterior y hay una correspondencia estrecha entre todos sus valores, como era de esperarse

Para precisar mejor la relación entre la florescencia y la intensidad de la luz, se calculó una ecuación para las variaciones del número de glomérulos con flores diferenciadas. Al analizar la función que se representa en el gráfico 2, se observa que la rata de crecimiento es proporcional a la diferencia actual entre el número de flores y un valor límite superior. Esta clase de curva es típica de muchas formas de crecimiento cuando se aumenta un factor limitante de éste, pues describe el principio de los rendimientos decrecientes.

En el gráfico 2 se incluyó también la información del número de hoja obtenida en cada intensidad de luz, según observacio-



Gráficos 3 y 4 Efecto de la luz sobre la cantidad de flores observada en cada nudo y en cada glomérulo. En el gráfico 4 se representa el porcentaje de los nudos de las ramas que tenían flores diferenciadas, bajo cada intensidad luminosa.

nes realizadas en ensayos anteriores, y puede notarse que, cuando éste se expresa como porcentaje del número de hojas a plena exposición, la tendencia es similar a la indicada para el comportamiento de las flores. Esto sugiere una interrelación positiva entre el follaje, la florescencia y la intensidad de luz. Puesto que las hormonas o estímulos florales se forman en las hojas, la influencia de la intensidad de la luz en la cantidad de flores parece ocurrir en función de la cantidad de follaje formado.

En el gráfico 4 puede apreciarse la proporción de la rama que había formado flores en cada intensidad de luz, calculada como porcentaje de los nudos florecidos sobre el total de nudos de la rama. Se observa que la cantidad de nudos florecidos también aumentó rápidamente al pasar del 25 al 75 % y con mucha menor rapidez de este nivel hasta el 100 %.

Las relaciones representadas en los gráficos anteriores muestran que la luz puede ser un factor limitante en las condiciones de Chinchiná. No sólo el número de flores por nudo y por glomérulo aumentó con su intensidad, sino que la parte de la rama en que se formaron las flores aumentó en la misma forma

La energía radiante recibida en Chinchiná de enero a julio de 1965 (211 días) puede apreciarse en el Cuadro 1 y en la figura 5. Para estimarla se emplearon los datos obtenidos por la sección de

Agroclimatología, en un actinógrafo bimetalico modelo Robitzsch. Este aparato registra en un gráfico continuo, la radiación total (directa y difusa) evaluada en cal. $\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$. Para medir la radiación recibida en un día, se obtiene gráficamente su promedio por minuto, en cada hora. A partir de este dato se calcula la radiación total durante la hora, y la suma de las radiaciones durante el tiempo de iluminación (generalmente 12 horas) constituye la radiación total durante el día.

Puede verse en el Cuadro 1 que el periodo estudiado estuvo constituido en su mayor parte por días despejados (58%) con valores superiores a 350 cal, durante los cuales se recibió el 69% de la radiación de todo el periodo. Un 31.7% fueron días variables con radiaciones diarias promedio entre 250 y 350 calorías que produjeron el 27.7% de la radiación. Los días muy nublados con radiación muy baja (148 cal promedio) fueron sólo 2.8% y en ellos se recibió el 1.17% de la radiación. En conjunto los días cubiertos, con menos de 250 cal, fueron de 9.9% y en ellos se recibió el 5.6% de la radiación total.

Cuadro 1 Distribución de la radiación de acuerdo con la cantidad de energía radiante total recibida por día.

cal. $\text{cm}^2 \text{ día}$	Clasificación	No. días	% del número total de días	cal. recibidas	% total de calorías recibidas
Menos de 200	Día cubierto	6	2.84	885	1.17
200 - 249		15	7.11	3.372	4.44
250 - 299	Día variable	22	10.43	6.144	8.10
300 - 349		45	21.33	14.897	19.62
350 - 399	Día despejado	47	22.27	17.667	23.27
450 - 500		76	36.02	32.948	43.40
Total		211	100.00	75.913	100.00

Si se acepta que una radiación total de 1.2 a 1.5 cal. $\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$ corresponde a iluminaciones comprendidas entre 8000 y 10000 bujías pie (7) se puede notar que, en promedio, durante los días despejados y variables, se tuvo una iluminación superior a 6000 bujías pie durante 4 a 5 horas diarias (gráfico 5). La iluminación superior a 8000 bujías solo ocurrió en algunos días despejados y durante pocos minutos, ya que de los 123 días con alta radiación, solo en 49 su intensidad alcanzó promedios horarios superiores a 1 cal. $\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$. De estos 49 días, en 12, tal promedio ocurrió durante una hora y únicamente en siete días, durante dos horas.

Esta iluminación parece suficiente si se considera que las hojas individuales del cafeto alcanzan su punto de saturación a in

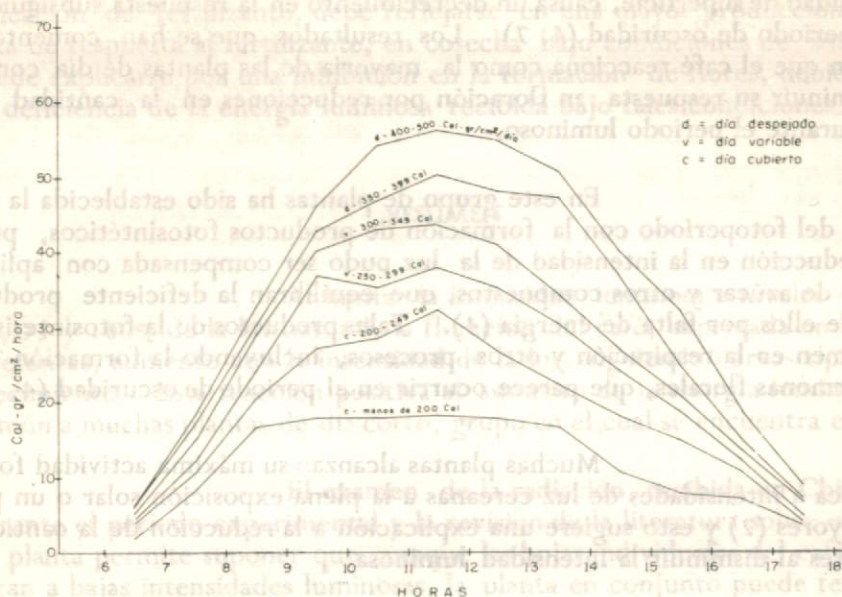


Gráfico 5 Variación horaria promedio de la energía radiante total, en días despejados (d), variables (v) y cubiertos (c) en el periodo de enero a julio de 1965, en Chinchiná.

tensidades relativamente bajas de 1000 a 2000 bujías pie en el laboratorio (10, 11).

Sin embargo, la respuesta al sombrío, reflejada en una disminución de la floración, que se ha observado en café y que es común en muchas plantas (7), es muy probable en condiciones naturales, puesto que la saturación de la planta en conjunto nunca puede alcanzarse, debido a la sombra que unas hojas proyectan sobre otras y a que la iluminación es muy variable; además, solo alcanza un máximo durante periodos de tiempo muy cortos (11).

Desde 1941 Franco encontró que el café es una planta perteneciente al grupo de especies denominadas de día corto (5). Este tipo de planta requiere para su floración un período de oscuridad mayor que cierto valor límite, variable con la especie, y un período de alta intensidad luminosa correlativo al anterior, que debe ocurrir con anterioridad al período oscuro (4, 7).

En numerosas plantas de día corto una reducción en tal intensidad, es decir, una disminución de la energía luminosa recibida

por unidad de superficie, causa un decrecimiento en la respuesta subsiguiente al período de oscuridad (4, 7). Los resultados que se han comentado indican que el café reacciona como la mayoría de las plantas de día corto, al disminuir su respuesta en floración por reducciones en la cantidad de luz, durante el período luminoso.

En este grupo de plantas ha sido establecida la relación del fotoperíodo con la formación de productos fotosintéticos, pues una reducción en la intensidad de la luz pudo ser compensada con aplicaciones de azúcar y otros compuestos, que equilibran la deficiente producción de ellos por falta de energía (4). Tales productos de la fotosíntesis se consumen en la respiración y otros procesos, incluyendo la formación de las hormonas florales, que parece ocurrir en el período de oscuridad (4, 9).

Muchas plantas alcanzan su máxima actividad fotosintética a intensidades de luz cercanas a la plena exposición solar o un poco mayores (2) y esto sugiere una explicación a la reducción de la cantidad de flores al disminuir la intensidad luminosa.

En algunos trabajos efectuados sobre crecimiento del café la rata de asimilación neta, o sea la diferencia entre la materia seca formada por la fotosíntesis y la consumida por la respiración, aumenta con la intensidad de la luz. Además, de acuerdo con las curvas calculadas, el crecimiento relativo o aumento de materia seca por unidad de peso, alcanza su máximo a intensidades muy superiores a la de la luz natural (3, 6).

Pesinger y Borthwick (8) encontraron un fotoperíodo crítico para el café entre 13 y 14 horas, notablemente superior al sugerido por Went (11), quien lo estima en 12 horas. Según este autor la posible función del sombrío en los países tropicales donde el período de iluminación pocas veces es menor de 12 horas, puede ser una reducción de la intensidad a niveles no efectivos en las horas de la mañana y de la tarde. La experiencia con cafetales a libre exposición en Chinchiná, que muestran un aumento de la floración cuando se elimina el sombrío, confirma el resultado de los primeros autores.

Por último la ausencia de respuesta al fertilizante en experimentos cultivados bajo sombra, observada en ocasiones, puede explicarse, de acuerdo con los resultados del presente trabajo. En un artículo publicado anteriormente (3) se encontró que el fertilizante aumentó el crecimiento vegetativo bajo todas las intensidades de luz empleadas (25% a 100%), incrementando el número de nudos sobre los cuales se desarrollan las inflorescencias. Como este mayor número de nudos, provocado por la

aplicación de fertilizante, debe reflejarse en una mayor producción, una falta de respuesta al fertilizante, en cosecha bajo condiciones de sombrío, puede explicarse por una inhibición en la formación de flores, debida a una deficiencia de la energía luminosa recibida bajo tales condiciones.

RESUMEN

Al limitar la intensidad luminosa a niveles de 25, 50, 75 y 100% de la luz natural, la floración del café, expresada en formas diferentes, aumentó con la intensidad de la luz, siguiendo curvas típicas de crecimiento. Esta reacción positiva al aumento de la energía luminosa es común a muchas plantas de día corto, grupo en el cual se encuentra el café.

El examen de la radiación recibida en Chinchiná durante el período experimental y la revisión de la literatura sobre ese tipo de planta permite suponer que, aunque las hojas individuales del café se saturan a bajas intensidades luminosas, la planta en conjunto puede tener un déficit de iluminación en las condiciones naturales, debido a la disposición del follaje, que es causa de autosombrío y las continuas fluctuaciones de la luz natural.

Los datos presentados permiten explicar parcialmente las mejores producciones obtenidas en Chinchiná a plena exposición que bajo sombrío, puesto que en la primera condición, tanto la cantidad de flores como el crecimiento vegetativo son mayores.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BEAUMONT, J. H. & FUKUNAGA, E. T. Factors affecting the growth and yield of coffee in Kona, Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin no. 113. 1958. 39 p.
- 2.- BLACKMAN, G. E. & BLACK, J. N. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. XI. A further assessment of the influence of shading on the growth of different species in the vegetative phase. Annals of Botany. 23(89):51-63. 1959.
- 3.- CASTILLO Z., J. Ensayo de análisis del crecimiento en café. Cenicafé (Colombia) 12(1):1-16. 1961.
- 4.- DOORENBOS, J. & WELLENSIEK, S. J. Photoperiodic control of floral induction. Annal Review of Plant Physiology. 10:147-184. 1959.
- 5.- FRANCO, C. M. Fotoperiodismo del café. Instituto de Defensa del Café de Costa Rica. Revista 11(81):219-222. 1941.
- 6.- HUERTA S., A. La influencia de la intensidad de la luz en la eficiencia asimilatoria y el crecimiento del café. Tesis sin publicar. Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. 69 p.

- 7.- MEYER, B. S. & BOHNING, R. H. Introduction to plant physiology. Princeton, N. J., Van Nostran, 1960. 541 p.
- 8.- PIRINGER, A. A. & BORTHWICK, H. A. Photoperiodic responses of coffee. Turrialba 5(3):72-77. 1955.
- 9.- SEARLE, N. E. Physiology of flowering. Annal Review Plant Physiology 16:97-118. 1965.
- 10.- TIO, M. A. Effect of light intensity on the rate of apparent photosynthesis in coffee leaves. Puerto Rico. University. Journal of Agriculture 46(3):159-166. 1962.
- 11.- WENT, F. W. The experimental control of plant growth. Waltham, Mass., Chronica Botanica, 1957. 343 p.