

LOS ELEMENTOS CLIMATICOS Y EL DESARROLLO DE *Coffea arabica* L., EN CHINCHINA, COLOMBIA

Alvaro Jaramillo-Robledo*
Germán Valencia-Aristizábal**

INTRODUCCION

La interrelación entre componentes genéticos, ambientales y de manejo influye en la fenología y en las modificaciones que muestran las plantas durante su vida.

Los estudios que se han hecho en café para tratar de determinar la influencia de los elementos del medio ambiente sobre algunas variables biométricas de la planta, demuestran que en aquellas regiones donde se presenta un período seco, el comportamiento está condicionado a las variaciones en la cantidad de precipitación o en la humedad del suelo.

En El Salvador se encontró una relación significativa y positiva entre las lluvias que caen en los primeros meses del año y la producción de café del mismo año (26).

En Kenya los crecimientos máximos de ramas ocurren en la estación lluviosa y los crecimientos mínimos, en la estación seca (19, 20); la iniciación floral parece ser influida por la falta de agua durante el período seco, siendo activada por lluvias ligeras o por una baja en la temperatura (30); para Wakefield, citado por Maestri y Barros (22), el crecimiento del café está correlacionado con la distribución de la precipitación en aquellas regiones secas.

* Asistente de la Sección de Agroclimatología del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Jefe de la Sección de Fitofisiología del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

En Yangambi el ritmo de desarrollo de los árboles de café depende esencialmente de la lluvia; otros elementos climáticos solo atenúan los efectos de la lluvia o de la sequía (25).

En las regiones donde no se presentan déficit hídricos en el suelo, el comportamiento del café está estrechamente relacionado con la disponibilidad de radiación solar (9, 23).

Boss (6), observó, en las condiciones de Turrialba, que el mínimo crecimiento ocurrió cuando las temperaturas fueron bajas y los días cortos, y no se encontró una correlación entre la tasa de crecimiento y la precipitación o la humedad del suelo, lo cual es razonable, ya que los suelos tienen alta capacidad de retención de agua.

Barros y Maestri (4), al estudiar el ritmo de crecimiento en café en lotes irrigados observaron un paralelismo entre las curvas de crecimiento y las curvas de temperatura, de irradiancia y de fotoperíodo; se demostró además que el tallo, las ramas laterales y las hojas tienen un crecimiento periódico similar.

Gindel (15) encontró que los elementos climáticos que controlan el desarrollo foliar del café son la radiación solar y la temperatura.

El café en Colombia crece durante todo el año, con dos épocas de intenso crecimiento las cuales coinciden generalmente con las épocas de florecencia; no se ha encontrado una relación entre la cantidad de lluvia caída y el crecimiento, pero si se ha determinado una relación directa entre las sumas de las temperaturas medias horarias y el crecimiento máximo y mínimo (27).

Castillo (11), en Cenicafé, al estudiar la relación del crecimiento del cafeto con la temperatura en condiciones de campo, encontró la mayor correlación con el número de horas con temperaturas nocturnas superiores a 20 °C observadas 3 ó 4 semanas antes; la temperatura máxima estuvo correlacionada con el crecimiento. Valencia (28), demostró que las plantas de café ubicadas a 1.050 m.s.n.m. (22,5 °C) crecieron 2,5 veces más que las que estaban a 2.050 m.s.n.m. (16,0 °C).

Para las condiciones climáticas de Cenicafé similares a las de Naranjal, no se encontró relación entre las variables de la planta y la precipitación (16).

El máximo desarrollo de flores proveniente de botones florales, más o menos coincide con los períodos de máxima radiación solar y no parece depender del contenido de agua en el suelo, el cual para las condiciones de Yangambi es suficiente para asegurar una hidratación completa de la planta (21).

Para Alvim (1) los factores externos que controlan la floración del café son la longitud del día y la distribución de las lluvias.

La lluvia o el riego inducen la antesis de muchos botones en un plazo de 8 a 12 días y depende de la temperatura; las yemas florales en reposo ocurren debido a una deficiencia de agua y por lo tanto cualquier tratamiento que disminuye la tensión de agua dentro de las yemas causa la floración (17).

En Kenya, las floraciones ocurren después de una sequía severa cuando la lluvia o el riego por si solos son estímulo suficiente (5, 7, 8); sin embargo, temperaturas relativamente bajas (17 °C) pueden desempeñar un importante papel en la iniciación floral (22).

Para Browning (7), la floración es un estímulo independiente del efecto de la humedad del suelo por la reducción rápida de la temperatura que ésta origina; el comportamiento de la floración no parece apoyar la idea de la existencia de un período previo de alta tensión de agua en el suelo. Esta tensión de agua está determinada por la demanda atmosférica por evaporación, más que por la humedad del suelo; además, existe una correlación altamente significativa entre la temperatura y la apertura de flores. La evaporación calculada por la fórmula de Penman entre dos floraciones consecutivas y la magnitud de la disminución de la temperatura asociada con la segunda floración fue significativa y negativamente correlacionada.

El presente estudio pretende conocer cuáles son los elementos del clima que influyen en la altura de la planta, crecimiento de ramas, número de flores y número de frutos en *Coffea arabica*, variedad Caturra para las condiciones de Naranjal (Chinchiná, Colombia), durante un período de tres años y medio de observaciones, y al mismo tiempo verificar cuáles son las medidas biométricas de la planta que reflejan mejor el efecto de los elementos del clima.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo, que tuvo una duración de 44 meses (enero de 1963 - agosto de 1966), se realizó en la subestación experimental de Naranjal, a 4°58' norte y 75°36' oeste, con una altitud de 1.370 m.s.n.m.

Las medidas se efectuaron semanalmente excepto para el número de flores las cuales se hicieron cada dos días, en 48 árboles de *Coffea arabica* L., de la variedad Caturra, a plena exposición solar, iniciándose cuando las plantas tenían dos años de edad; las medidas consideradas fueron: altura de la planta, longitud de ramas plagiogeotrópicas, número de flores y número de frutos.

Los registros meteorológicos se obtuvieron en una estación próxima a la parcela experimental, considerándose para el estudio temperatura mínima media, temperatura máxima media y temperatura media, medidas efectuadas dentro de la caseta termométrica a 2,0 metros de altura; la precipitación se registró en un pluviógrafo tipo Hellmann; el brillo solar en un heliógrafo Campbell-Stokes; la evaporación se midió dentro de la caseta meteorológica con balanza Lambrecht; la evapotranspiración potencial se calculó con la fórmula de García-López (14), la cual se ajusta bien a las condiciones climáticas de la región al ser comparada con el tanque de evaporación clase A (18). A partir de los registros del termógrafo se estimaron los siguientes coeficientes: temperatura máxima x duración, temperatura mínima x duración y temperatura efectiva. Esta última se estimó midiendo áreas debajo de la curva de temperatura y considerando una temperatura base de 10 °C.

La variación del almacenamiento de agua en el suelo se calculó por el método de Thornthwaite-Mather utilizando la fórmula para cálculo de la evapotranspiración potencial de García-López y una capacidad de retención de agua del suelo de 100 milímetros.

Se consideraron además las relaciones brillo solar observado/brillo solar posible (n/N) y precipitación/evapotranspiración potencial (P/ETP).

La información anterior se procesó en el computador del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), utilizando el modelo "stepwise" máximo r^2 para regresión múltiple; este modelo lo utilizó Wielgolaski (29) en trabajos fenológicos con manzano. El análisis anterior relaciona una variable dependiente Y (cada una de las variables de la planta) con las variables independientes X_1, X_2, \dots, X_n (variables del clima), en varias combinaciones para obtener un mínimo de varianza residual con el mínimo de variables independientes. Cualquier variable independiente que no remueva una porción significativa de variación en Y se elimina del análisis. Por lo tanto, entra en el programa la variable independiente que explica la mayor cantidad de variación (el más alto coeficiente de determinación o valor r^2) con la variable dependiente. Las variables restantes, se analizan de nuevo y aquella con el valor más alto para r^2 entra de segunda. El proceso se repite hasta que se incorpora el total de variables independientes (3). De esta forma se seleccionan las variables que expliquen la mayor parte de la variación en el desarrollo y crecimiento de la planta.

El programa correlacionó cada variable de la planta con los elementos de clima ocurridos un mes antes y dos meses antes. Además se calcularon regresiones simples entre valores mensuales de las variables de la planta y los elementos de clima ocurridos simultáneamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento a través del tiempo de las variables de la planta y de los elementos climáticos se presentan en las figuras 1 a 7.

Altura de la planta.

Los máximos crecimientos en altura ocurrieron en dos períodos del año: durante el primer semestre se observó en marzo-abril y durante el segundo semestre en septiembre-octubre, con incrementos frecuentes entre 10,0 y 11,0 cm por mes. Los menores incrementos en altura ocurren en los meses de mayo y junio con valores comprendidos entre 2,0 y 5,0 cm.

Lo anterior está demostrando la existencia de un crecimiento continuo del árbol para las condiciones ambientales de Chinchiná, ya descrito por Castillo y López (12) y Suárez y Rodríguez (27).

Los ritmos en los crecimientos de altura y en longitud de ramas plagiogeotrópicas fueron semejantes como se comprueba estadísticamente por el alto coeficiente de correlación simple encontrado al comparar las dos variables de la planta (0,86**).

Al correlacionar de manera simultánea los valores mensuales de temperatura mínima con la altura se observó que cuando ocurren meses con temperatura mínima entre 15 °C y 16 °C, la respuesta de la planta es la de aumentar las tasas de crecimiento; efecto similar es reportado por autores como Boss (6) y Castillo (11). Este comportamiento no puede explicarse por el efecto de la temperatura mínima en sí, sino por las condiciones climáticas de la zona en la que las temperaturas mínimas más bajas ocurren en días con baja cobertura de nubes y por lo tanto las tasas de crecimiento en altura aumentan por incremento en la radiación solar, siempre y cuando no exista la limitación de la humedad del suelo.

Las máximas tasas de crecimiento en altura se observan cuando ocurren los mínimos valores de la relación precipitación/evapotranspiración potencial y viceversa, ocurridos un mes antes; los valores mínimos para una misma cantidad de precipitación ocurren cuando aumentan las tasas de evaporación las cuales reflejan mayor disponibilidad de energía. Para el período en estudio los valores mensuales de precipitación fueron superiores a 50 mm/mes lo que garantizó un buen suministro de agua para la planta en las condiciones climáticas del ensayo.

No se observaron relaciones entre la altura de la planta y las variables temperatura mínima x duración y la temperatura mínima acumulada.

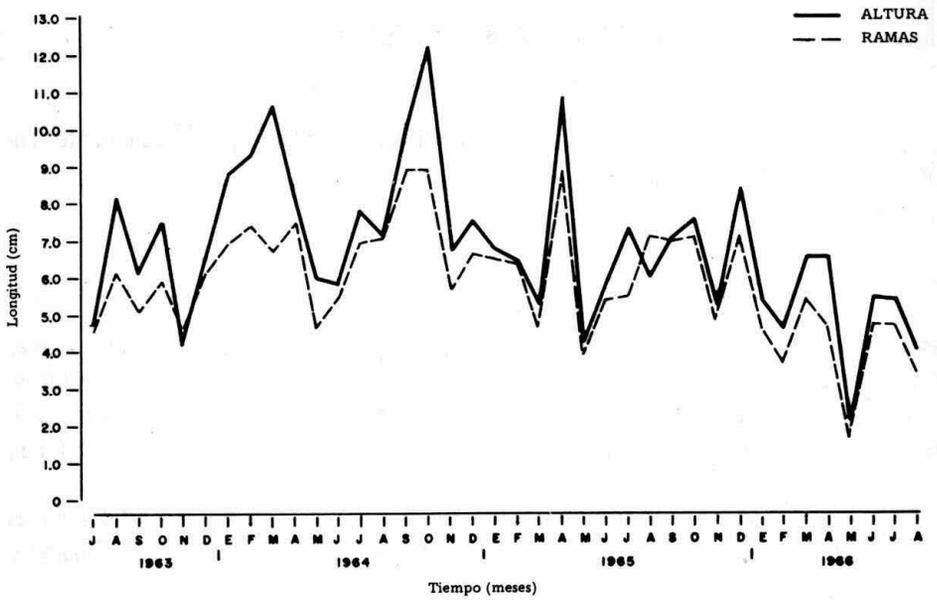


FIGURA 1.- Tasas mensuales de crecimiento en altura y extensión de ramas en *Coffea arabica* L., variedad Caturra. Naranjal (1963 - 1966).

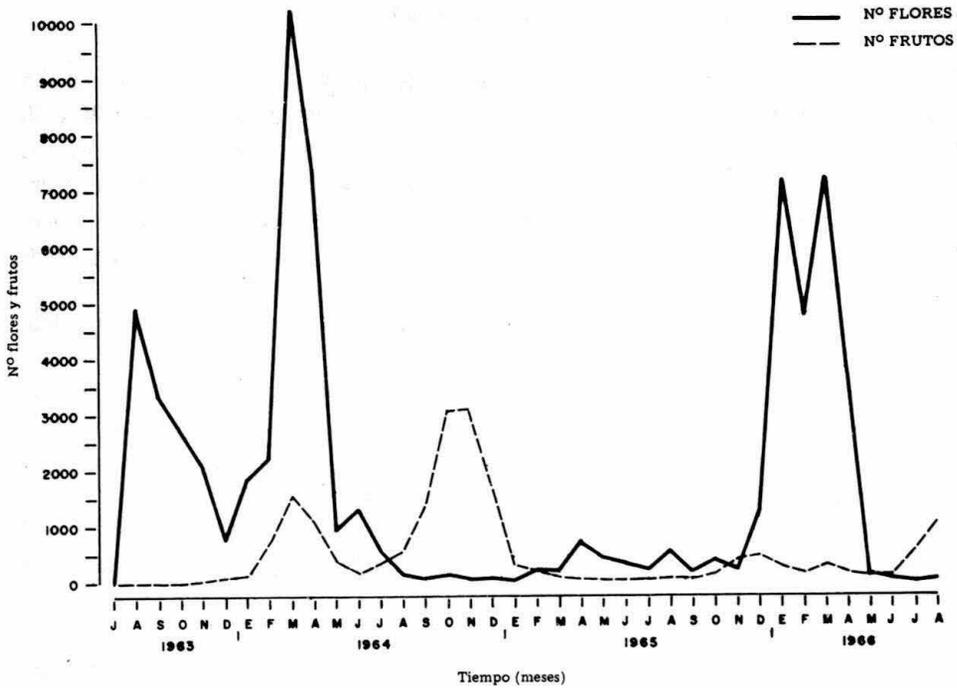


FIGURA 2.- Variación mensual en número de flores y frutos en *Coffea arabica* L., variedad Caturra. Naranjal (1963 - 1966).

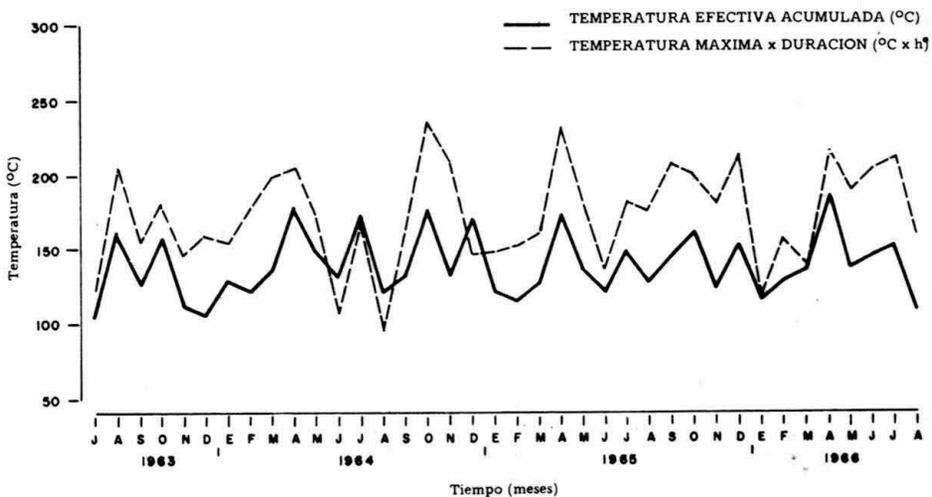


FIGURA 3.- Variación mensual de la temperatura efectiva acumulada y de la temperatura máxima por duración ocurridas durante el ensayo. Naranjal (1963 - 1966).

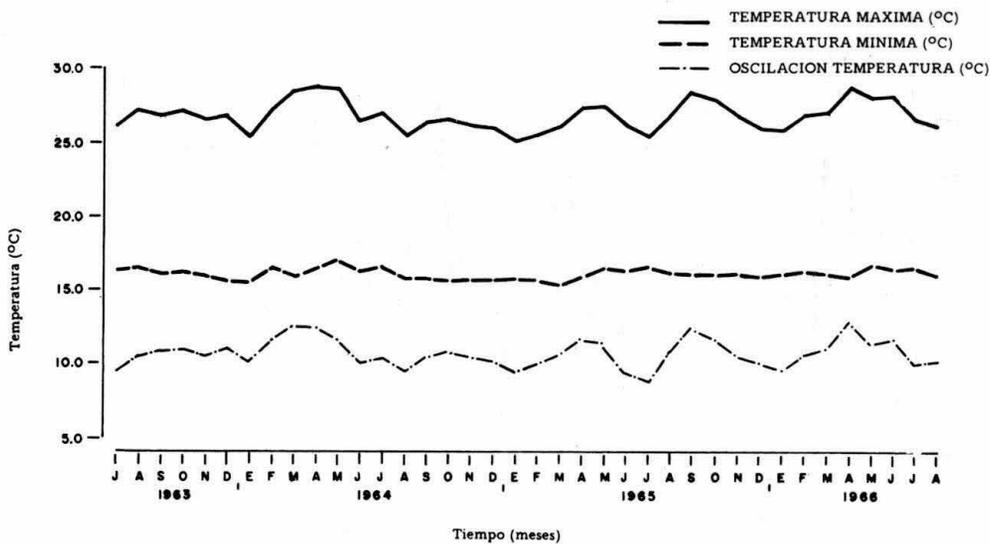


FIGURA 4.- Variación mensual de la temperatura máxima, temperatura mínima y oscilación de temperatura ocurridas durante el ensayo. Naranjal (1963 - 1966).

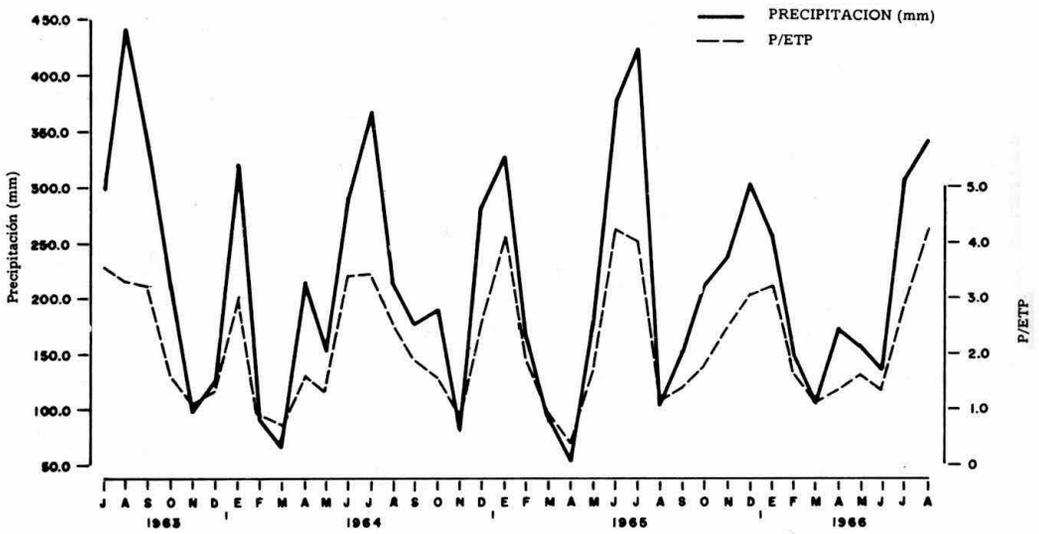


FIGURA 5.- Variación mensual de la precipitación y de P/ETP ocurridas durante el ensayo. Naranjal (1963 - 1966).

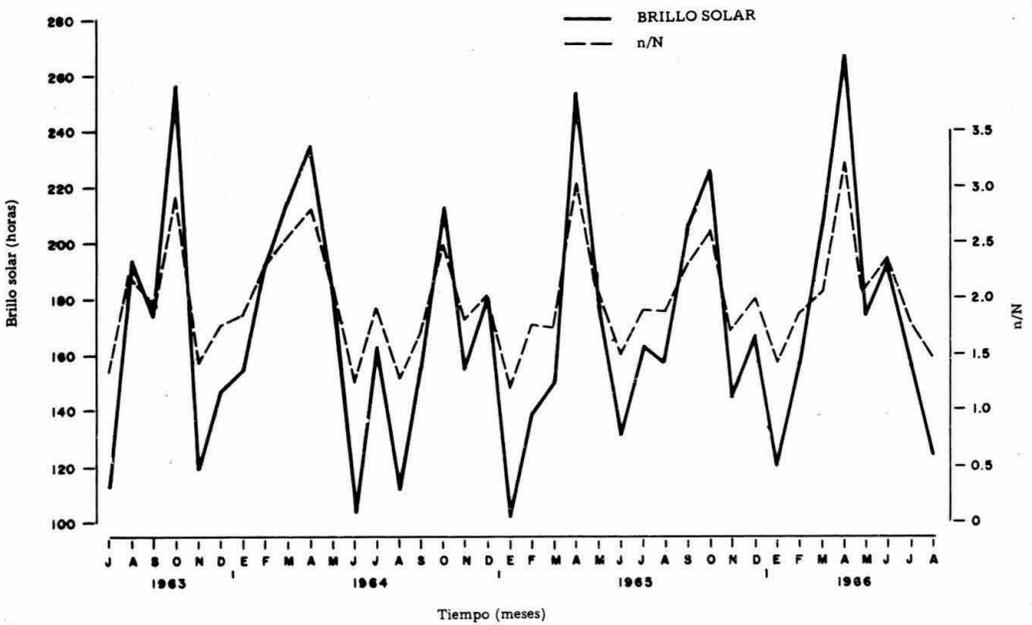


FIGURA 6.- Variación mensual del brillo solar y de n/N ocurridas durante el ensayo. Naranjal (1963 - 1966).

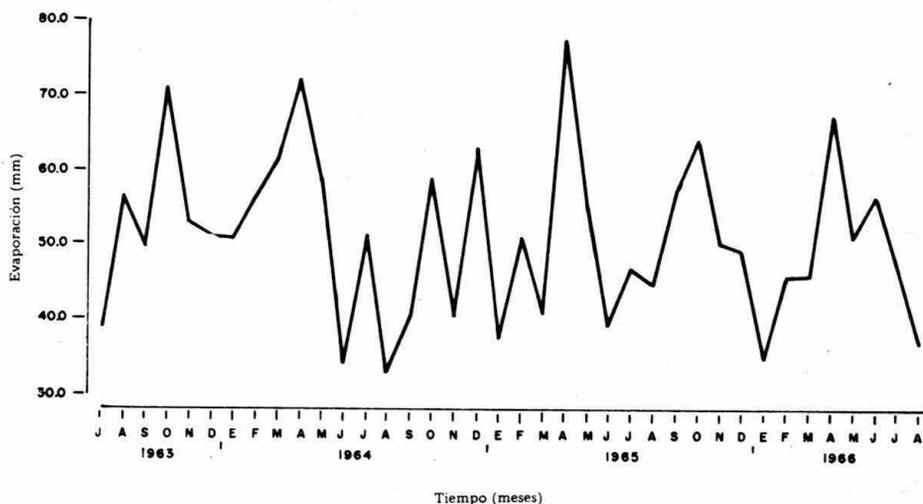


FIGURA 7.- Variación mensual de la evaporación durante el ensayo. Naranjal (1963 - 1966).

Al realizar las regresiones lineales simples entre los incrementos de la altura y las variables de clima ocurridas durante el mismo período se encontraron coeficientes de correlación altamente significativos con las siguientes variables (tabla 1): brillo solar (0,47**), temperatura efectiva (0,48**), evaporación (0,44**) y significativo para la temperatura mínima (-0,29*); las variables anteriores están estrechamente relacionadas con la radiación solar. No se observó correlación significativa con la precipitación, lo cual estaría indicando que no fue un elemento de clima limitante para el crecimiento de la planta durante el ensayo. Según Monteith (24), la máxima tasa fotosintética está dada por las condiciones de irradiancia, siempre y cuando no exista limitación de nutrientes y de humedad del suelo, como se comprobó en los resultados obtenidos. En consecuencia, los elementos climáticos que podrían llegar a ser limitantes en el crecimiento del café, en la zona cafetera central de Colombia, sin déficit hídrico serían la radiación solar y la temperatura.

Los coeficientes de determinación obtenidos entre la altura de la planta y las condiciones de clima ocurridas un mes antes (tabla 2), presentaron valores que variaron entre 0,046 y 0,114.

El modelo de regresión lineal simple fue altamente significativo para la temperatura mínima media (-0,22**) y significativo para la temperatura efectiva (0,16*). No se presentó un modelo de regresión múltiple en donde todas las variables incluídas fueran significativas.

Los coeficientes de determinación obtenidos al relacionar la altura de la planta y los elementos climáticos ocurridos dos meses antes, mediante regresiones múltiples, presenta-

TABLA 1.- COEFICIENTES DE CORRELACION SIMPLE ENTRE VARIABLES DE LA PLANTA Y ELEMENTOS DEL CLIMA OCURRIDOS SIMULTANEAMENTE.

| Clima | Planta | | |
|------------------------------|--------|-------------------|---------------|
| | Altura | Crecimiento ramas | Número flores |
| Brillo solar | 0,47** | 0,29* | 0,53** |
| Temperatura mínima | -0,29* | -0,34* | - |
| Temperatura efectiva | 0,48* | 0,37* | - |
| Evaporación | 0,44** | 0,30* | 0,35* |
| Temperatura máxima, duración | 0,40** | 0,27* | - |

ron valores entre 0,045 para correlación de una variable y 0,122 en la regresión múltiple que incluía las 13 variables.

En las regresiones lineales simples los elementos de clima ocurridos dos meses antes y que fueron significativos o altamente significativos son: temperatura mínima (-0,21**), precipitación (0,15*), brillo solar (0,14*), precipitación/ETP (0,14*), brillo solar observado/brillo solar posible (0,14*). Es de observar que las regresiones relacionadas con el brillo solar fueron positivas (Tabla 3).

El mejor modelo de regresión múltiple hallado fue el siguiente:

Altura de la planta = $73,85 + 19,61 \frac{n}{N} - 3,51 \text{ temperatura media} - 0,91 \text{ evaporación} + 0,81 \text{ ETP} - 0,03 \text{ precipitación}$ * ($R^2 = 0,101$).

TABLA 2.- CORRELACIONES SIMPLES ENTRE LAS VARIABLES DE LA PLANTA Y DEL CLIMA OCURRIDAS UN MES ANTES.

| Variables del clima | Altura | Crecimiento de ramas | Número flores |
|---|---------|----------------------|---------------|
| Temperatura mínima | -0,22** | - | - |
| Temperatura efectiva | 0,16* | - | - |
| Brillo solar observado/brillo solar posible ($\frac{n}{N}$) | | | 0,15* |

Crecimiento de ramas.

Al establecer correlaciones simples del crecimiento de las ramas con las variables de clima, ocurridas en el mismo período se encontró alta significación con la evaporación (0,30)*. Arkley (2), encontró una estrecha relación entre la transpiración y la producción de materia seca en avena, cebada, maíz, sorgo, alfalfa y trigo; sin embargo, según Monteith (24), no existe una relación causa-efecto entre las dos variables debido a que el crecimiento de la planta sucede siempre que la hoja esté túrgida y se detiene si no lo está, aunque la evaporación continúe. La estrecha relación, encontrada en este estudio, puede explicarse por el hecho de que la radiación neta que determina la tasa de transpiración, y la radiación solar que determina la fotosíntesis, están linealmente relacionadas.

Según Alvim (1), cuando existe alta transpiración, los riegos frecuentes no siempre interrumpen la dormancia, debido a la deficiencia interna de agua en la planta. Igualmente, Cannell (10), anota que los rendimientos de café son limitados a veces, porque en época caliente y soleada los árboles son incapaces de mantener un rápido desarrollo de brotes por su alta resistencia interna al movimiento de agua. Para Chang (13), la relación transpiración-materia seca se obtiene solamente cuando las plantas están en crecimiento activo, como sucedió durante el ensayo.

TABLA 3.- CORRELACIONES SIMPLES ENTRE LAS VARIABLES DE LA PLANTA Y LAS VARIABLES DEL CLIMA OCURRIDAS DOS MESES ANTES.

| VARIABLES DEL CLIMA | Altura | Crecimiento ramas | Número flores |
|---|---------|-------------------|---------------|
| Temperatura media (°C) | | | 0,18* |
| Temperatura máxima (°C) | | | 0,18* |
| Temperatura mínima (°C) | -0,21** | -0,26** | |
| Precipitación (mm) | 0,15* | | |
| Brillo solar (horas) | 0,14* | | 0,17* |
| Precipitación/ETP | 0,14* | | |
| Brillo solar observado/brillo solar posible ($\frac{n}{N}$) | 0,14* | | 0,14* |
| Almacenamiento de agua en el suelo | | | 0,21* |

Además, se encontró relación significativa entre el crecimiento de ramas y las siguientes variables del clima: brillo solar (0,29*), temperatura mínima (-0,34*), temperatura efectiva (0,37*) y temperatura máxima x duración (0,27*).

Al establecer correlaciones simples entre el crecimiento de ramas y los elementos de clima ocurridos un mes antes, no se presentaron coeficientes de correlación significativos. El mejor "modelo" de regresión múltiple fue:

$$\text{Crecimiento de ramas} = 45,99 - 1,40 \text{ temperatura máxima media}^* + 11,69 \text{ (}^n/\text{N)}^*$$

Los coeficientes de determinación encontrados al correlacionar el crecimiento de ramas plagiogeotrópicas con las variables de clima ocurridas dos meses antes, están entre 0,07 con una variable de clima y 0,14 al ser incorporadas las 13 variables.

La temperatura mínima fue la única variable que presentó un coeficiente de correlación altamente significativo (-0,26**) con el crecimiento de las ramas, en el modelo de regresión simple (Tabla 3).

El mejor modelo de regresión múltiple fue:

$$\text{Crecimiento de ramas} = 56,84 - 2,83 \text{ Temperatura mínima media}^{**} - 0,64 \text{ Evaporación} + 0,48 \text{ ETP}^* - 0,03 \text{ precipitación}^* \text{ (}r^2 = 0,106\text{)}.$$

Número de yemas florales.

Al establecer correlaciones lineales simples entre el número de yemas florales en las ramas plagiogeotrópicas y las variables de clima ocurridas simultáneamente, éstas fueron altamente significativas para el brillo solar (0,53**) y significativa para evaporación (0,35*).

Cuando las correlaciones se realizaron con las variables de clima ocurridas dos meses antes (Tabla 3), fueron significativas para almacenamiento de agua en el suelo (0,21*), temperatura máxima media (0,18*), temperatura media (0,18*), brillo solar (0,17*) y $^n/\text{N}$ (0,14*).

El mejor modelo de regresión múltiple fue:

$$\text{Número de yemas florales} = 1.711,05 - 105,88 \text{ evaporación}^{**} - 27,69 \text{ brillo solar}^{**} - 13,05 \text{ variación de almacenamiento de agua en el suelo}^{**} \text{ (}r^2 = 0,09\text{)}.$$

El tiempo comprendido entre la floración y la formación completa del fruto está entre 8 y 9 meses, lo cual se observa en los picos de floración y recolección de frutos de la figu-

ra 2. Del número de flores formadas, solamente un 30 a 40⁰/₀ llegan a desarrollarse; estos porcentajes son mayores a los observados en Indonesia, los cuales tienen un valor de 25⁰/₀ (21).

Para los autores como Browning (7) y Wormer y Gituanja (30), el crecimiento vegetativo puede reducirse por la presencia de frutos sin presentarse alteración en los patrones de crecimiento.

Para las condiciones climáticas de Chinchiná la máxima apertura de yemas florales ocurre en períodos de máximo crecimiento lo cual concuerda con las observaciones de Barros y Maestri (4).

Por no haberse presentado déficits hídricos apreciables durante el ensayo, la apertura de flores puede explicarse por la deshidratación sufrida por la demanda transpiratoria, lo que garantizaría el requisito de déficit de agua para la apertura floral; ésto es respaldado por las correlaciones encontradas las cuales fueron significativas para el brillo solar (0,53**) y la evaporación (0,35*) (Tabla 1).

De este estudio puede concluirse que para las zonas cafeteras de Colombia en las que no se presentan déficits hídricos, el comportamiento de la planta está condicionado por los elementos de clima estrechamente relacionados con la radiación solar.

Además, las variables altura de planta, crecimiento de ramas y número de flores, pueden utilizarse en posteriores estudios fenológicos ya que reflejan la respuesta de la planta a las condiciones ambientales.

RESUMEN

Este estudio evalúa la influencia de los elementos climáticos sobre el crecimiento de *Coffea arabica* L., variedad Caturra, durante tres años y medio de observación en Chinchiná, Colombia.

Las variables medidas en la planta fueron: altura, longitud de ramas plagiogeotrópicas, número de yemas y número de frutos. Los elementos de clima considerados fueron: brillo solar observado, brillo solar observado/brillo solar posible (n/N), precipitación, precipitación/evapotranspiración potencial (P/ETP), temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima, oscilación de temperatura, temperatura máxima x duración, temperatura mínima x duración, temperatura efectiva, evaporación y variación de almacenamiento de agua en el suelo.

Cada variable de la planta se relacionó con los elementos de clima mediante regresiones múltiples empleando el modelo "Stepwise" máximo r^2 mejorado.

En este trabajo se observó que los elementos de clima que condicionaron el comportamiento de la planta fueron aquellos relacionados con la disponibilidad de radiación solar, ya que durante los años de observación no se presentaron déficits hídricos.

Las medidas de la planta que reflejan mejor el efecto del clima son: altura, crecimiento de ramas y número de flores.

Los elementos de clima que explicaron significativamente los incrementos en altura y en longitud de ramas fueron el brillo solar, la evaporación, la temperatura efectiva y la temperatura máxima x duración.

El número de flores se explicó significativamente por el brillo solar, la evaporación y la variación de almacenamiento de agua en el suelo.

SUMMARY

The present study assesses the influence of climatic elements on the growth of *Coffea arabica* L., variety Caturra, during three and a half years of observations in Chinchiná, Colombia.

The variables measured in the plant were height, length of plagiotropic branches, number of buds, and number of fruits. The climatic elements considered were: solar brightness observed, solar brightness observed/possible solar brightness (n/N), rainfall, rainfall/potential evapotranspiration (P/ETP), mean temperature, maximum temperature, minimum temperature, temperature oscillation, effective temperature, evaporation, and variation of water storage in the soil and the resulting coefficients from multiplying maximum temperature by its duration.

Each plant variable was related to the climatic elements through multiple regression by using the improved model (stepwise maximum r^2)

In this study it was observed that the climatic elements which conditioned the behavior of the plant, were those related with the availability of solar radiation, since the years of observation did not show any hydric deficits.

The measurements of the plant that best reflect the effect of the climate are: height, branch growth, and number of flowers.

The climatic elements that are significantly related to increases in height and branch length are solar brightness, evaporation, effective temperature, and the coefficient of maximum temperature by duration.

The number of flowers is affected by solar brightness, evaporation, and the difference of water storage in the soil.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALVIM, P. de T. Factors affecting flowering of coffee. Journal of Coffee Research (India) 7(1): 15-25. 1977.
- 2.- ARKLEY, R. J. Relationships between plant growth and transpiration. Hilgardia (EE. UU.) 34 (13):559-584. 1963.
- 3.- BARR, J. A.; GOODNIGHT, H. H.; SALL, P.; HELWIG, J. Statistical Analysis System. Institute Raleigh North Carolina (EE. UU.) 71(11):251-253. 1972.
- 4.- BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Influencia dos fatores climaticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do cafe *Coffea arabica* L. Revista Ceres (Brasil) 21(116):268-279, 1974.
- 5.- BARROS, R. S.; MAESTRI, M. Ritmo de crescimento do tronco do café. Turrialba (Costa Rica) 24(2):127-131, 1974.
- 6.- BOSS, M. L. Some external and internal factors related to the growth cycle of coffee. San José, IICA, 1951. 64 p. (Shrubs)
- 7.- BROWNING, G. Environmental control of flower bud development in *Coffea arabica* L. In: Landsberg, J. J.; Cutting, C. V. Environmental effects on crop physiology. London, Academy Press. 1977. 1. p. 321-331.
- 8.- BROWNING, G. Shoot growth in *Coffea arabica*. II Growth Flushing stimulated by irrigation. Kenya Coffee (Kenya) 40(476-477):355-365, 1975.
- 9.- CANNELL, M. G. R. Crop physiological aspects of coffee bean yield: A Review. Journal of Coffee Research (India) 5(1-2):7-20, 1975.
- 10.- CANNELL, M. G. R. Production and distribution of dry matter in trees of *Coffea arabica* L. Kenya as affected by Seasonal climatic differences and the presence of fruits. Annals Applied Biology (Inglaterra) 67(1):99-120, 1971.
- 11.- CASTILLO Z., J. Ensayo de análisis del crecimiento en café. Cenicafé (Colombia) 12(1):1-16, 1961.

- 12.- CASTILLO Z., J.; LOPEZ A., R. Nota sobre el efecto de la intensidad de la luz en la floración del cafeto. *Cenicafé* (Colombia) 17(2):51-60, 1966.
- 13.- CHANG, J. H. *Climate and Agriculture; an ecological Survey*. Chicago, Aldine Publishing Company, 1968. 304 p.
- 14.- GARCIA B., J.; LOPEZ D., J. Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15°N - 15°S). *Agronomía Tropical* (Venezuela) 20(5):335-345. 1970.
- 15.- GINDEL, I. Comportamiento de la planta de café en condiciones semiáridas. *Café* (Costa Rica) 4 (14):61-79. 1962.
- 16.- GOMEZ G., L. Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. *Cenicafé* (Colombia) 28(1):3-17. 1977.
- 17.- GOPAL, N. H.; VASUDEVA, N. Physiological studies on flowering in arabica coffee under South Indian conditions. I. Growth of flower buds and flowering. *Turrialba* (Costa Rica) 23(2): 146-153. 1973.
- 18.- JARAMILLO R., A. Comparación entre la evaporación registrada en tanque y la calculada por diferentes fórmulas. *Cenicafé* (Colombia) 28(2):67-72. 1977.
- 19.- KUMAR, D. Some aspects of the physiology of *Coffea arabica* L. A review. *Kenya Coffee* (Kenya) 44(519):9-47. 1979.
- 20.- KUMAR, D.; TIESZEN, L. L. Some aspects of photosynthesis and related processes in *Coffea arabica* L. *Kenya Coffee* (Kenya) 41(486):309-415. 1976.
- 21.- LEAKEY, C. L. A. The improvement of Robusta Coffee in East Africa. In: Leakey, C. L. A. ed. *Crop improvement in East Africa*. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1970. p. 250-277. (Technical Communication N° 19).
- 22.- MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Coffee. In: Alvim, P. de T.; Kozlowsky, T. T. eds. *Ecophysiology of Tropical Crops*. New York, Academy Press. 1977. p. 249-277.
- 23.- MOENS, P. Investigaciones morfológicas, ecológicas y fisiológicas sobre cafeto. *Turrialba* (Costa Rica) 18(3):209-233. 1968.
- 24.- MONTEITH, J. L. The photosynthesis and transpiration of crops. *Experimental Agriculture* (Inglaterra) 2(1):1-14. 1966.
- 25.- POCHE, P.; HATERT, J. Contribution a l'étude phenologique du cafeier Robusta (*Coffea Canephora* Pierre) dans les conditions de Yangambi. *Belgica Institut National pour l'étude agronomique du Congo*, 1962. 43 p. (Serie Scientifique N° 94).
- 26.- SUAREZ DE C., F. Relación entre las lluvias y la producción de café. *Café* (Costa Rica) 2(7):93-103. 1960.
- 27.- SUAREZ DE C., F.; RODRIGUEZ G., A. Relación entre el crecimiento del cafeto y algunos factores climáticos. *Cenicafé. Boletín Técnico* (Colombia) 2(16):5-28. 1956.
- 28.- VALENCIA A., G. Influencia de la altitud en el desarrollo de plántulas de café. Chinchiná, *Cenicafé*, 1973. 3 p. (Avance Técnico *Cenicafé* N° 24).

- 29.- WIELGOLASKI, F. E. Phenology in agriculture. In: Lieth, H. ed. Phenology and seasonality modeling. Berlin, Springer-Verlag. 1974. p. 369-381.
- 30.- WORMER, T. M.; GITUANJA, J. Seasonal patterns of growth and development of Arabica Coffee in Kenya. II. Flower initiation and differentiation in coffee East of the Rift Valley. Kenya Coffee (Kenya) 35(415):270-277. 1970.