

MICROCLIMA EN CAFETALES A LIBRE EXPOSICION SOLAR Y BAJO SOMBRÍO

Alvaro Jaramillo-Robledo, Lucía Gómez-Gómez*

RESUMEN

Jaramillo R., A.; Gómez G., L. Microclima en cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío. *Cenicafé (Colombia)* 40(3): 65 - 79. 1989

En Cenicafé, Chinchiná (Caldas) y en Albán (Valle) se realizaron observaciones microclimáticas en plantaciones de café (*Coffea arabica* L.), en variedad Caturra a libre exposición solar y en las variedades Caturra y Bourbon bajo sombrío. Se estimaron los balances de radiación y se determinó el albedo (15%), la radiación retenida por la planta (88%) y la radiación incidente en el suelo (12%). Se encontró una relación altamente significativa entre la radiación neta y la radiación global ($R = 0,98$). Del total de la radiación neta el 67% se emplea en evaporación, el 30% en calentamiento del aire y el 3% en el calentamiento del suelo. Se plantea como expresión para el cálculo de la evapotranspiración diaria (ET) la ecuación $ET = 0,0084 \times \text{Radiación global (cal.cm}^{-2} \text{ día}^{-1})$. Se determinó la temperatura de las hojas, ramas y frutos. La temperatura de las hojas puede estar hasta 10,0°C por encima de la temperatura del aire circundante; estos valores varían según la especie y con el grado de hidratación de las hojas. Existe una alta correlación de las temperaturas extremas registradas en plantaciones a libre exposición y las de la estación climática próxima. Se registraron las modificaciones que presentan la humedad atmosférica, las tasas de evaporación y el viento.

Palabras claves: Colombia, clima, *Coffea arabica*, ambiente atmosférico, libre exposición solar, sombrío, variedad Caturra, variedad Bourbon.

ABSTRACT

In Cenicafé, Chinchiná (Caldas) and in Albán (Valle) observations on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) have been made. Variety Caturra grown under full sun (i.e. without shade) and varieties Caturra and Bourbon grown under shade were investigated. Radiation balances were estimated and the albedo (15%), radiation retained by the plant (88%) and radiation incident on the soil (12%) were determined. A highly significant relationship between net radiation and global radiation was found ($R = 0.98$). Of the total net radiation, 67% was used in evaporation, 30% in heating the air and 3% in heating the soil. An equation to calculate the daily evapotranspiration rate has been established: $ET = 0.0084 \times \text{global radiation (cal. cm}^{-2} \text{ day}^{-1})$. The temperatures of the leaves, the branches and the fruits were determined. The temperature of the leaves was up to 10°C higher than the surrounding air; these values vary with the species and with the degree of hydration of the leaves. There exists a high correlation between the extreme temperatures registered in plantations without shade and those of the nearby meteorological stations. The changes due to atmospheric humidity rates of evaporation and the wind were recorded.

Keywords: Colombia, climate, *Coffea arabica*, Caturra variety, Bourbon variety, atmospheric environment, full sun exposition, shade.

* Investigador Científico II e Investigador Científico III, respectivamente. Agroclimatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

La información registrada en las estaciones climáticas permite determinar bajo condiciones normalizadas las condiciones medias del ambiente atmosférico de una región y facilita la comparación de grandes áreas.

Dentro del cultivo, el clima se encuentra modificado debido a las propiedades ópticas del follaje, a la arquitectura de la planta y a la disposición de las plantas sobre la superficie del terreno; o sea, cada cultivo maneja los balances de radiación, de energía e hídricos de manera diferente.

Uno de los primeros trabajos sobre el microclima en cafetales, lo realizó Kirkpatrick (21), en Kenia, en el cual se comparan las condiciones climáticas de los cafetales con relación a medidas realizadas en estaciones meteorológicas próximas.

Para estimar las condiciones climáticas de la zona cafetera de Colombia se pueden citar los estudios microclimáticos de Bonilla (3, 4), Escobar y Jaramillo (9), Gómez y Jaramillo (11), Guzmán y Gómez (12), Jaramillo (16, 17, 18), Orozco y Jaramillo (25), Schroeder (31, 32) y Trojer (36, 37), en los que se analizan los balances de radiación, balances de energía, temperatura de las hojas, ramas y frutos de las plantas, temperatura del aire, duración del agua líquida sobre las hojas, humedad atmosférica, evaporación y viento dentro de las plantaciones.

El presente estudio recopila una serie de trabajos sobre observaciones microclimáticas realizadas por CENICAFE en plantaciones de café a libre exposición solar y bajo sombrío. Se presenta información sobre los balances de radiación, balances de energía, temperatura en diferentes órganos de la planta, temperatura en el interior del cultivo, humedad del aire, evaporación y viento.

MATERIALES Y METODOS

Las medidas dentro de las plantaciones y a campo abierto se realizaron en las localidades de Cenicafe, Chinchiná, Caldas y en Albán, El Cairo, Valle.

El Centro Nacional de Investigaciones de Café se encuentra localizado a 04° 59' Norte, 75° 36' Oeste y 1.310 m de altitud. Albán se encuentra a 04° 46' Norte, 76° 13' Oeste y 1.500 m de altitud.

Las condiciones climáticas medias de Cenicafe, son: precipitación 2.520 mm, evaporación 1.200 mm, temperatura media 20,7°C, temperatura máxima 27,5°C, temperatura mínima 16,5°C, brillo solar 1.963 horas y no ocurren deficiencias hídricas durante el año.

Albán presenta como condiciones climáticas medias una precipitación de 1.384 mm, evaporación de 1.084 mm, con deficiencias hídricas en enero, febrero y marzo; temperatura media de 19,6°C, temperatura máxima de 25,0°C, temperatura mínima de 15,4°C y brillo solar de 1.425 horas.

Las plantaciones de café, en Cenicafe, correspondieron a la variedad Caturra, sembrada a 2,0 x 2,0 m; 1,0 m x 1,0 m, a libre exposición y de la variedad Borbón a 2,0 x 2,0 m bajo sombrío de guamo (*Inga* sp) a 12,0 x 12,0 m de distancia entre plantas. En Albán se trabajó en una plantación de variedad Caturra a 1,0 x 1,0 m con sombrío de guamo.

Para medir las condiciones climáticas y microclimáticas se utilizaron tanto equipos convencionales como equipos de precisión; para registrar la radiación se utilizaron piranómetros espectrales de precisión Eppley, radiómetros netos de la Middleton Instruments y placas de flujo Middleton. Para la

temperatura se utilizaron termómetros de máxima, mínima, psicrómetros con termómetros de mercurio y alcohol y termopares de cobre constantan. Para medir la temperatura y la humedad atmosférica se usaron termohigrógrafos con anillo bimetalico y haz de cabellos como elementos sensibles. Las respuestas de los equipos de precisión se detectaron por medio de un potenciómetro milivoltímetro Leeds-Northrup.

Los balances de radiación de onda corta se estimaron con la siguiente expresión:

$$K^* = K \downarrow - K \uparrow$$

Donde:

K^* = balance de radiación de onda corta

$K \downarrow$ = radiación incidente en la parte superior del cultivo

$K \uparrow$ = radiación reflejada por el cultivo

La proporción de radiación reflejada por el cultivo (Albedo) se obtiene por la relación:

$$\alpha = \frac{K \uparrow}{K \downarrow}$$

Esta fracción no es utilizada en los procesos de fotosíntesis y transpiración.

La radiación absorbida por el follaje (K_{af}) se obtiene de la diferencia del balance de radiación (K^*) menos la radiación incidente en la superficie del suelo (K_{ss}).

$$K_{af} = K^* - K_{ss}$$

La ecuación del balance de energía está dada por la expresión:

$$R_n = K^* + L^*$$

R_n = radiación neta

K^* = balance de radiación de onda corta

L^* = balance de radiación termal

La radiación neta es disipada como flujo de calor latente (LE) empleado en la evapotranspiración, flujo de calor sensible (H) empleado en el calentamiento del aire, flujo de calor en el suelo (G) empleado en el calentamiento del suelo y otros flujos de energía (W) como los utilizados en la fotosíntesis y en el calentamiento de la planta, en resumen: $R_n = LE + H + G + W$.

Para el cálculo de esta expresión se utilizó la relación de Bowen; esta metodología fue empleada en un estudio sobre balance de energía en cafetales por Jaramillo y Escobar (18).

RESULTADOS Y DISCUSION

Cafetales a libre exposición solar. Balance de radiación. En la Tabla 1 se presentan las medidas de los diferentes componentes del balance de radiación solar en *Coffea arabica* realizadas en una plantación de la variedad Caturra a 1,0 x 1,0 m. Los valores diarios de albedo presentan un promedio de 15% con valores absolutos extremos próximos a 22% y 14%.

Jaramillo (17) encontró en las variedades Catuaí y Borbón amarillo un valor próximo al 18%; ésto para una latitud sur de 22° con una declinación solar próxima a + 20° lo cual condicionó elevaciones solares muy bajas en la época de estudio (invierno) y por lo tanto los valores de albedo tienden a ser un poco mayores a los encontrados en este estudio, realizado a 4° de latitud norte y con elevación solar próxima a 75°.

TABLA 1. Balance de radiación solar en *Coffea arabica* L. var. Caturra (Cal. cm⁻² día⁻¹) CENICAFE, 1982.

| Día | K ↓ | K ↑ | K* | Kss | Kaf |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 07-16 | 421 | 63 | 358 | 25 | 333 |
| 07-21 | 439 | 68 | 371 | 22 | 349 |
| 07-22 | 415 | 62 | 353 | 57 | 296 |
| 07-23 | 627 | 80 | 437 | 71 | 366 |
| 08-17 | 423 | 59 | 364 | 50 | 314 |
| Valor medio | 443 | 66 | 377 | 45 | 332 |

$$\text{Albedo } K \uparrow / K \downarrow = 15\% \quad K_{ss} / K^* = 12\% \quad \frac{K_{af}}{K^*} = 88\%$$

Los valores de albedo en *Coffea arabica* variedad Caturra dependen de la elevación solar y se observa que a mayor elevación solar los valores son inferiores; así se halló que para 40° de elevación solar, el albedo tuvo un valor promedio de 19% y para 75° (al medio día), este valor disminuyó a 16%. Es de esperarse que esta diferencia aumente aproximadamente a un 10% para los ángulos de elevación que se presentan en las primeras horas del día y las últimas de la tarde. Rauner (27) encontró valores comparables a los de este estudio, cuando el bosque presentaba la cobertura máxima.

Los valores de albedo hallados en el presente trabajo, están ubicados dentro de los rangos encontrados en centeno, papa, pasto y caña de azúcar citados por Monteith (24) o los medidos en bosques por Landsberg *et al.* (23) y Stanhill *et al.* (33) los cuales se hallan entre el 10% y el 20%.

Proctor *et al.* (26), encontraron un valor de albedo de 17% en manzano; Jarvis *et al.* (19),

dan un valor comprendido entre 15% y 20% para forestales; Jaramillo (17) para café da un valor de 18% y Stanhill *et al.* (33), para cítricos, un valor aproximado a 17%.

La radiación incidente en la superficie del suelo presentó un valor medio de 12% del balance de radiación durante el presente ensayo (Tabla 1), con valores extremos comprendidos entre 6 y 16%.

Los valores de radiación incidente en la superficie del suelo son muy bajos, con valores que están entre 0,1 y 0,2 Cal. cm⁻² min⁻¹ según el grado de cobertura del follaje sobre el terreno. Este valor concuerda con el obtenido por Sellers (29), el cual manifiesta que la radiación incidente en la superficie del suelo raras veces supera el valor de 0,3 cal cm⁻² min⁻¹.

La relación entre la radiación incidente en la superficie del suelo (K_{ss}) y el balance de radiación (K*) para valores diarios fue de 12%. Estas diferencias están asociadas al índice de área foliar (IAF), ya que para un valor mayor de IAF, la proporción de radiación global retenida por la planta es mayor y por tanto la radiación disponible en la superficie del suelo es menor.

La proporción de energía retenida por los árboles de café presentó durante el ensayo un valor promedio de 88% del balance de radiación para valores diarios (Tabla 1). El valor anterior coincide con la interceptación de la radiación solar encontrada en otros cultivos. En especies perennes como el cacao se conoce una interceptación de radiación que varía entre el 90% y el 97% (1); Kumar (22) registró en café valores superiores al 95% para densidades de siembra por encima de 12.700 plantas por hectárea, para las condiciones de Kenia.

