

EL CLIMA DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA Y SU RELACION CON EL CULTIVO DEL CAFE

LUCIA GOMEZ GOMEZ

ALVARO JARAMILLO ROBLEDO

Jefe y Asistente de la Sección de Agroclimatología, CENICAFE

A pesar de los grandes avances de la tecnología y la ciencia en las últimas décadas, el "estado del tiempo" o el "estado de la atmósfera" es aún el componente más importante en la producción agrícola.

Cualquier sistema agrícola es un ecosistema elaborado por el hombre, pero que depende del clima para que funcione. Todos los cultivos tienen sus límites climáticos para una producción económica; estos límites pueden ampliarse por la selección y el mejoramiento de las plantas y por los sistemas de cultivo.

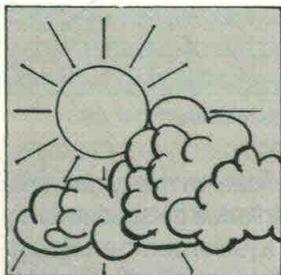
Los elementos del clima influyen en todos los estados de la producción agrícola: preparación de la tierra, germinación de las semillas, crecimiento de las plantas, producción de la cosecha, control de plagas y enfermedades, almacenamiento, transporte y mercadeo.

El clima de una región está constituido por la sucesión de los estados atmosféricos, los cuales se caracterizan mediante los valores medios de los diferentes elementos meteorológicos, por la amplitud de sus variaciones y por la ocurrencia de valores extremos en un período determinado.

Los elementos del clima más importantes son aquellos que tienen que ver con el suministro de agua y energía, ambos indispensables para el desarrollo de los cultivos. Estos factores del clima están interrelacionados en su influencia sobre las plantas; sus variaciones diarias, estacionales y anuales determinan la eficiencia en el desarrollo del cultivo.

El café es un cultivo que rige la economía de muchos países latinoamericanos y africanos; figura como uno de los principales productos en el mercado mundial. Así, que es importante la investigación tendiente a aumentar los rendimientos, bajar los costos de producción y mantener la buena calidad del producto; un buen manejo de este recurso natural que es el clima tiene mucho que ver para conseguir estos objetivos.

En Colombia, el café se desarrolla bien en las regiones con temperaturas entre 19°C y 21°C, con adecuado suministro de agua en las diferentes etapas de la planta, es decir, donde no existan períodos largos con falta o exceso de agua en el suelo; estas características complementadas con un suelo de excelentes condiciones físicas y buen drenaje, en un relieve ondulado.



La zona cafetera colombiana se encuentra localizada en las laderas de las cordilleras que atraviesan el país de sur a norte, dentro de la franja altitudinal de 1.000 a 2.000 metros, siendo la caficultura más densa de 1.200 a 1.800 metros, ocupando un área de 1.000.000 de hectáreas.

Esta gran extensión de tierra en la cadena montañosa de los Andes, con sus altas montañas, valles profundos, depresiones encañonadas, relieve diverso, determinan una gran variedad de topoclimas, con diferencias que pueden presentarse aún en distancias muy cortas.

Esta localización geográfica y conformación topográfica, hacen que la zona cafetera del país presente condiciones climáticas y de sistemas de cultivo del café muy propias de ella, distintas a otros países del mundo donde el café está establecido en relieves planos o ligeramente ondulados, con estaciones secas y lluviosas, calientes y frías, muy definidas.

La zona se clasifica como un clima tropical ecuatorial de montaña, regido por dos circulaciones importantes:

- La circulación intertropical
- La circulación valle-montaña-valle

DISPONIBILIDAD DE AGUA

Precipitación

La tendencia general de la zona cafetera colombiana, es la de presentar dos períodos secos y dos lluviosos en el año; los meses de mayor lluvia son abril, mayo, octubre y noviembre, determinados por el movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la cual condiciona tiempo de alta nubosidad y gran cantidad de lluvia. En los extremos norte, sur y oriente se presenta un transcurso monomodal, con una sola estación lluviosa en el año.

La región norte presenta una estación seca pronunciada de diciembre a marzo (abril), y una estación lluviosa de mayo a noviembre, con una ligera disminución en julio, que en todos los años no ocurre, como en el sitio de Pueblo Bello a 10°22' de latitud norte (Figura 1a).

La región central presenta dos períodos lluviosos: marzo-junio y septiembre-diciembre, y dos períodos menos lluviosos: enero-febrero y julio-agosto, por ejemplo, en Chapetón a 4°27' de latitud norte, el transcurso se indica en la Figura 1b.

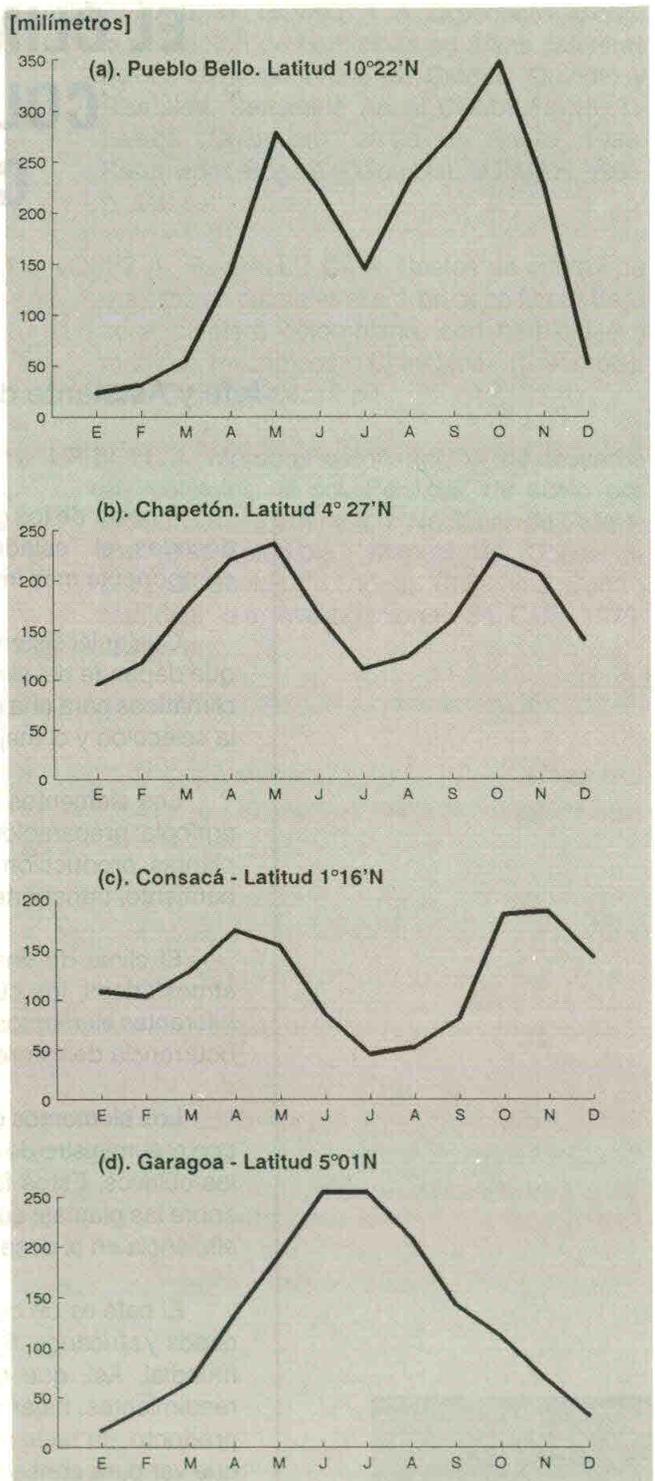


FIGURA 1. Distribución mensual de la lluvia

La región sur presenta una estación marcadamente seca de mediados de junio a mediados de septiembre y una estación lluviosa de octubre a junio, como en el caso de Consacá a 1°16' de latitud norte, que se ilustra en la Figura 1c.

En el extremo oriental denominado "pié de monte llanero" por la vecindad de los extensos Llanos Orientales, se presenta un período seco de diciembre a marzo, en el resto del año ocurren las lluvias, por ejemplo Garagoa a 5°01' de latitud norte (Figura 1d).

Estas distribuciones de las lluvias, se reflejan en las épocas de las cosechas de café: una sola cosecha en los extremos norte y sur, en el segundo y primer semestre del año, respectivamente; dos cosechas al año en la zona central.

Respecto a la cantidad de lluvia caída, en la región norte ocurre el 35% en el primer semestre y el 65% en el segundo semestre. Entre los 3° y 6° de latitud norte, los valores en el primer y segundo semestre son aproximadamente iguales, del 50% cada uno. Entre 1° y 3° de latitud norte, los volúmenes de lluvia son del 40% para el primer semestre y del 60% para el segundo. La variabilidad puede explicarse por la circulación general y por efectos de altitud y exposición de la ladera.

En la región cafetera central que es la de mayor producción, los valores anuales de precipitación están entre 2.000 y 2.500 mm/año. Los valores más altos ocurren en las vertientes orientales hacia el río Magdalena (del sector San Luis - latitud 6°03' norte, a Samaná latitud 5°-3'), los cuales fluctúan entre los 3.000 y 7.700 mm al año; los valores más bajos son de 1.100 mm al año.

En cuanto al número de días al año, con lluvias iguales o superiores a 1.0 mm, los valores mínimos ocurren en Tibacuy - Cundinamarca con 125 días, localizada en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental, a 4°21' de latitud norte y en la Sierra Nevada de Santa Marta, estación de Pueblo Bello a 10°22' de latitud norte, con 129 días lluviosos al año. Los valores más altos se presentan en Jardín (5°32' latitud N) con 224 días y Jazmín (4°55' latitud N) con 209 días. En el 74% de los sitios estudiados se presentan más de 160 días lluviosos al año.

En promedio, las lluvias caen en 498 aguaceros al año, con valores extremos de 728 (Jardín, latitud 5°32' N) y 353 (Manaure - latitud 10°23' N).

Las intensidades máximas de lluvias en 5 minutos, presentan valores poco variables, con un 80% de probabilidad el valor es de 7.0 milímetros, dentro de un rango de 6 a 8.3 milímetros.

Las lluvias en la zona cafetera están muy influenciadas por las condiciones topográficas y por el movimiento de los vientos valle-montaña. La tendencia ge-

neral es que las lluvias aumenten con la altitud hasta un nivel máximo, que varía de acuerdo a la vertiente y la cuenca hidrográfica, y frecuentemente se presenta entre los 1.300 y los 1.500 metros sobre el nivel del mar; a partir de este punto comienza a disminuir ocurriendo menor lluvia en la cima de la montaña. Las lluvias caen con mayor frecuencia durante la noche; en altitudes superiores a los 2.000 metros su máxima ocurrencia es durante el día.

Evaporación

La evaporación representa la pérdida de agua en forma de vapor. La tasa de evaporación está determinada por la radiación solar, la temperatura, la tensión de vapor y el viento.

Debido a la falta de medidas directas de la evaporación, esta se calcula mediante fórmulas; para la zona cafetera varía de 771 milímetros en Agronomía (latitud 5°03', 2.150 msnm) a 1.498 milímetros al año en Santágueda (latitud 5°05', 1.010 msnm). Un 79% de las estaciones estudiadas presentan volúmenes anuales de evaporación potencial inferiores a los 1.200 mm.

La evaporación máxima presenta poca variación durante el año, debido igualmente a lo poco variable de los elementos que la controlan en la zona tropical, como son la radiación solar global, la temperatura, la tensión del vapor y la velocidad del viento.

Balance hídrico

El ciclo hidrológico se cuantifica mediante las ganancias de aguas por lluvia y las pérdidas por evapotranspiración y capacidad de almacenamiento del suelo. Por medio de los balances hídricos, se pueden definir las épocas de exceso o deficiencia de agua. Para los cálculos de estos balances se utilizaron los valores de la lluvia con 80% de probabilidad. En el caso de la zona óptima para el café, todo el año hay suficiente agua en el suelo para el desarrollo de la planta (Figura 2).

Aún cuando la zona cafetera presenta altos valores de lluvia anual, hay regiones con limitaciones de agua en algunas épocas, debido a la inadecuada distribución de las lluvias, o por existir condiciones de alta evaporación, con lo cual la lluvia no es suficiente para suplir la demanda de agua (Figura 3).

Faltantes hídricos anuales extremos ocurren en Tibacuy (latitud 4°21' N) con un promedio de 468 mm, Restrepo (latitud 3°49' N) 363 mm, Dolores (latitud 3°33' N) 343 mm, Chinácota (latitud 7°49' N) 324 mm y Pueblo Bello (latitud 10°22' N) 272 mm.

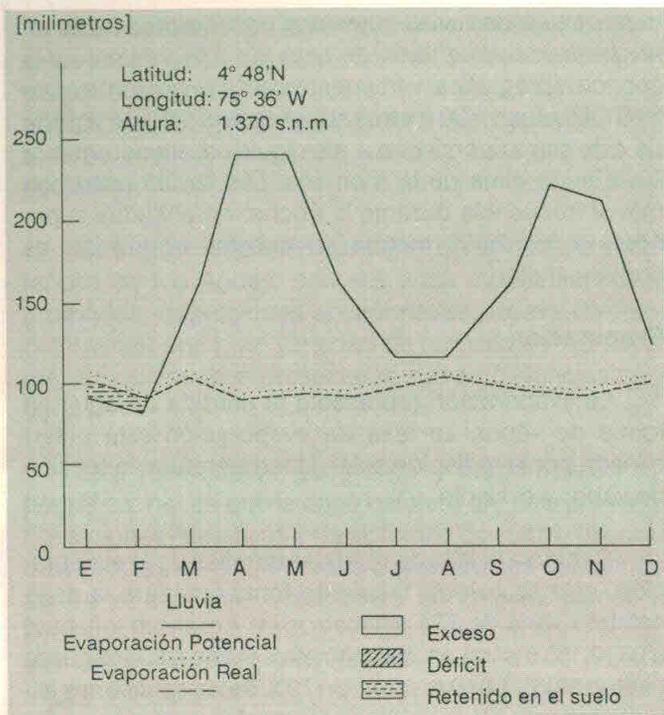


FIGURA 2. Balance hídrico. Naranjal

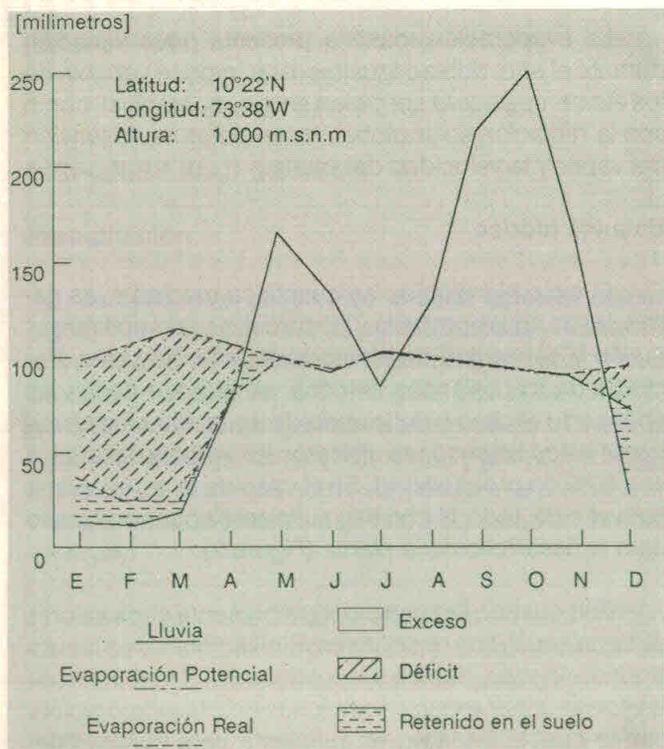


FIGURA 3. Balance hídrico. Pueblo Bello

La situación de deficiencia de agua es más crítica en los sitios de Tibacuy y Chinácota, ya que los faltantes de agua son el acumulado de 10 meses continuos, comprendidos entre diciembre y septiembre, siendo las estaciones que presentan la máxima limitación hídrica de

las localidades estudiadas (Figura 4). A nivel de un mes, el mayor déficit se presenta en Pueblo Bello en febrero con 78 milímetros y marzo con 86 milímetros.

Los mayores excesos hídricos se presentan en Manzanares (5°13' latitud N) con 928 mm, Yolombó (6°38' latitud N) con 868 mm y Santa Rosa de Cabal (4°55' latitud N) con 866 mm al año. (Figura 5).

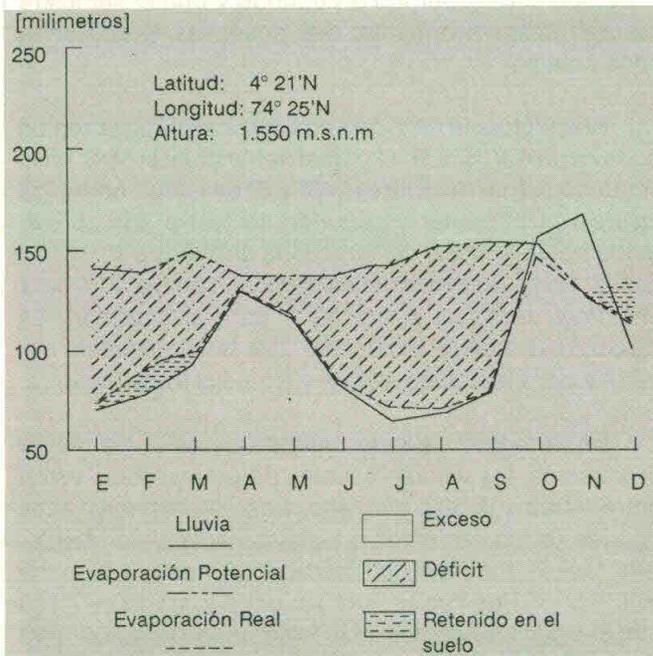


FIGURA 4. Balance hídrico Tibacuy

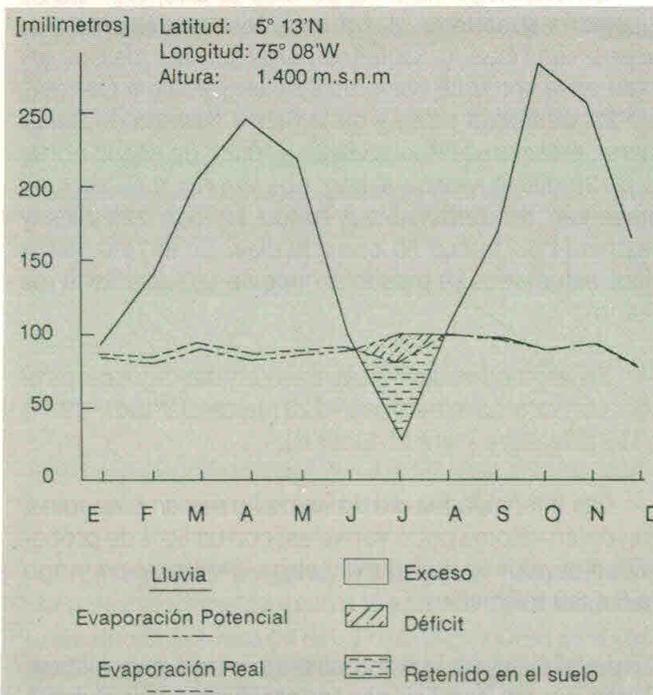


FIGURA 5. Balance hídrico Manzanares

DISPONIBILIDAD DE ENERGIA

Temperatura

La zona cafetera tiene unas características térmicas debidas principalmente a su situación en el trópico, a su geografía y relieve. No existen variaciones en la temperatura a través del año; se aprecia un pequeño termoperíodo en los extremos latitudinales. La temperatura disminuye del Ecuador hacia los Polos, lo cual se refleja en nuestra zona, ya que a la misma altitud es más caliente la zona cafetera del sur que la del norte, ésto ocasiona un desplazamiento del café hacia sitios más altos al sur. Por ejemplo, Pueblo Bello y Santágueda están a la misma altitud (1.000 y 1.010 metros respectivamente), pero el primer sitio se encuentra a 10°22' de latitud norte y registra una temperatura media de 20.9°C y el segundo a 5°05' de latitud norte y tiene 22.7°C de temperatura media.

A medida que se asciende hacia la montaña la temperatura desciende; la temperatura decrece alrededor de 0.6°C por cada 100 metros de elevación. Así, por la presencia de las montañas, grandes diferencias de temperatura se producen a cortas distancias, debido a los notables cambios en altitud que se registran a pocos kilómetros de distancia. Se conforman los denominados PISOS TERMICOS que inicialmente fueron definidos por el sabio Francisco José de Caldas en 1802, como cálido de 0 a 1.000 metros, templado de 1.000 a 2.000 metros, frío de 2.000 a 3.000 metros, páramo, mayor de 3.000 metros de elevación. En la Tabla 1 se indican las temperaturas en diferentes altitudes, en la cuenca del río Chinchiná.

Es muy notable la gran variación diaria de la temperatura; en muchos de nuestros sitios al iniciarse el día se registran 12°C de temperatura del aire y en las horas meridianas puede llegar a 30°C, es decir un incremento

TABLA 1. Variación de la temperatura de acuerdo a la altitud. Cuenca del río Chinchiná - Caldas.

Estación	Altitud metros	Temperatura °C
El Ruiz	4.200	3.1
La Esperanza	3.250	8.6
Manizales	2.150	16.4
Cenicafé	1.310	20.7
Santágueda	1.010	22.7

de 18°C. En la Tabla 2 se anotan las medias diarias de las temperaturas de algunas localidades.

El rango diurno está influenciado por la cubierta de nubes y la humedad del aire. La reducida insolación que se recibe en un día nublado, se pierde del suelo durante la noche; esta pérdida de energía de la tierra que se escapa hacia el espacio, es mayor cuando hay menos vapor de agua y no hay corrientes de vientos. Los días calurosos con noches claras y despejadas, ocasionan un enfriamiento nocturno y una gran oscilación de temperatura. Este rango presenta diferencias de acuerdo a la franja altitudinal. En la Tabla 3 se indican las temperaturas máximas y mínimas y su oscilación, para diferentes altitudes de la cuenca del río Chinchiná; se aprecia que se presenta una mayor oscilación en la parte baja y caliente.

En cuanto a requerimientos térmicos del cafeto, en la zona cafetera se desarrolla bien el cultivo en la franja de 19°C a 21°C de temperatura media. Las altas temperaturas no son tan perjudiciales como las bajas, pero con mucho calor se aumenta la evaporación y se seca el suelo, pudiendo llegar a la marchitez de la planta y

TABLA 2. Temperaturas medias diarias en varios sitios de la zona cafetera.

Estación	Altitud metros	Temperatura °C		
		Media	Máxima	Mínima
Pueblo Bello	1.000	20.9	27.1	15.4
Bertha	1.700	18.1	25.7	12.6
Cenicafé	1.310	20.8	27.4	16.5
Popayán	1.850	17.8	24.3	12.9
Líbano	1.400	19.0	23.4	15.0

TABLA 3. Variaciones del rango diario de la temperatura según la altitud. Cuenca del río Chinchiná.

Estación	Altitud metros	Temperatura °C		
		Máxima	Mínima	Oscilación
La Esperanza	3.250	17.3	10.2	7.1
Agronomía	2.150	21.3	13.0	8.3
Cenicafé	1.310	27.4	16.5	10.9
Santágueda	1.010	29.7	17.6	12.1

disminución de la función fotosintética. El leño del cafeto es particularmente sensible a las temperaturas bajo cero; en la zona cafetera no se presentan heladas. Sin embargo, existen algunas localidades donde la ocurrencia de granizo causa daños severos en los cafetales.

En las zonas altas y frías los cafetos crecen más lentamente, se retarda no sólo el crecimiento sino también la maduración de los frutos.

Una forma de expresar la cantidad de calor que necesita una planta para desarrollar su cosecha, es en grados-día, o sea la acumulación de unidades de temperatura desde que se inicia un proceso de crecimiento normal, hasta obtener el producto agrícola. Para los cafetos se calcularon 2.500 grados-día para producir la cosecha tomando como temperatura base 10°C; lógicamente que este requisito se cumplió en menos tiempo en las zonas más calientes y por ende se cosechó primero que en las zonas frías.

La presencia de los árboles de café modifica las condiciones del aire dentro del cultivo, produciendo un microclima. Medidas de temperaturas del aire dentro de una plantación de café en Cenicafé, registraron valores diurnos mayores a aquellos obtenidos en la estación meteorológica; en días despejados la diferencia fue de 2°C, en cambio, durante la noche el cultivo fue casi un grado más frío (Figura 6).

Estas diferencias se deben a la economía calórica que realizan las partes de la planta y se difunde en el aire circundante. Las hojas sombreadas siguen una temperatura muy similar a la del aire adyacente; en cambio, las hojas periféricas expuestas directamente a los rayos del sol se calientan muy por encima del aire durante el día; en Cenicafé se registraron temperaturas de 38.5°C en hojas expuestas, (Figura 7). Las ramas tienen un comportamiento similar a las hojas, pero duran más tiempo en liberar su energía.

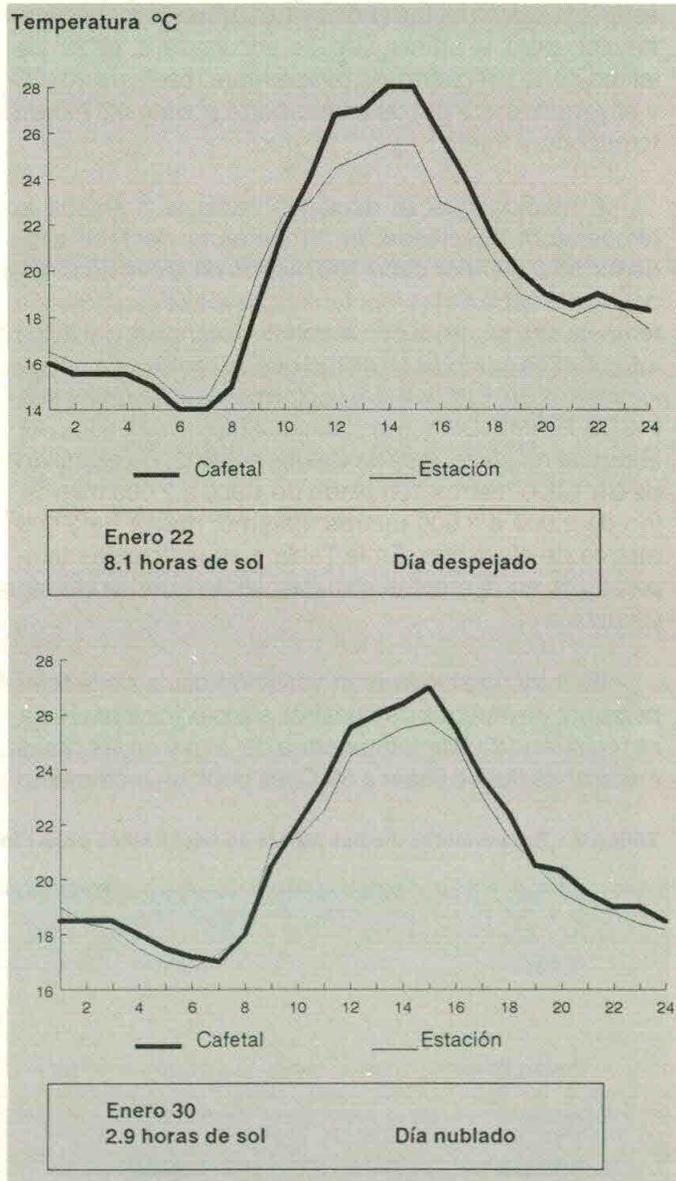


FIGURA 6. Variación de la temperatura diaria del aire en la estación meteorológica y en un cafetal al sol, en dos condiciones de brillo solar. CENICAFE. 1974.

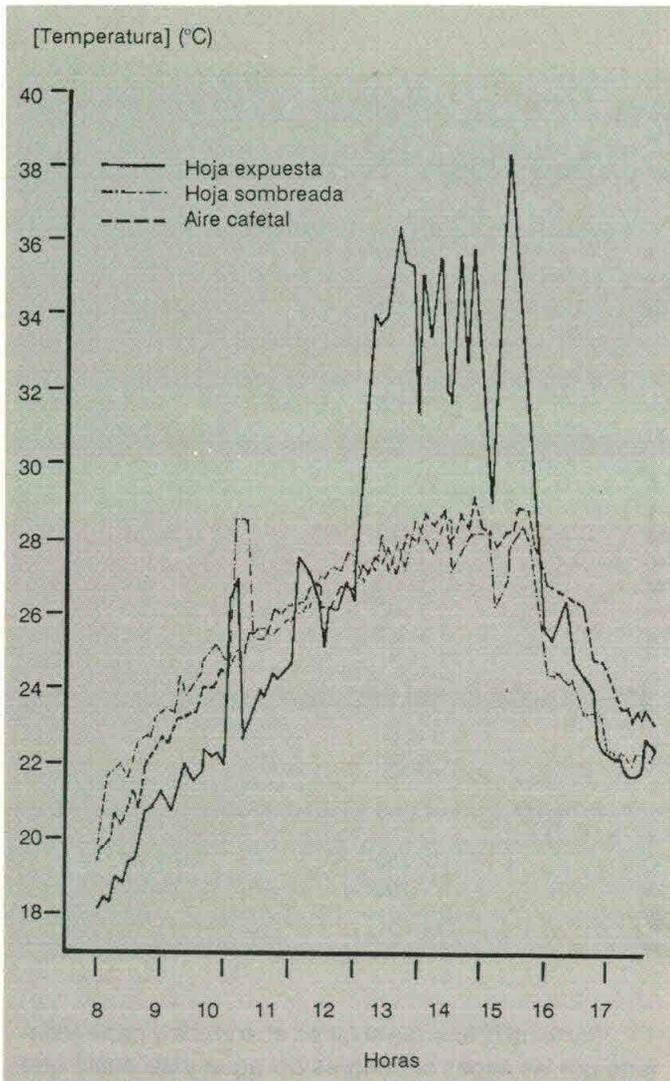


FIGURA 7. Temperaturas foliares en café, con dos condiciones de exposición y la temperatura del aire cerca al árbol. CENICAFE.1974.

Existen prácticas para modificar la temperatura dentro de un cafetal, como el sombrío, la misma arquitectura del árbol, la aplicación de mulch o coberturas al suelo.

Radiación solar

La radiación solar determina las grandes circulaciones atmosféricas, las características térmicas del ambiente, los procesos de evaporación del agua, entre otros.

Esta energía es el motor del sistema agrícola, en la fotosíntesis que es el proceso básico de la manufactura de alimentos en la naturaleza y en los procesos del desarrollo y crecimiento de las plantas. La máxima can-

tidad de tejido de planta que puede ser fotosintetizada en un cultivo, depende de un suministro adecuado de radiación solar, asumiendo que los otros factores que controlan el fenómeno no son limitantes (dióxido de carbono, agua y nutrientes en el suelo).

Por encontrarse Colombia en la zona ecuatorial recibe una radiación solar muy similar durante el año. Para los 5° de latitud norte y en el tope de la atmósfera llegan desde 789 calorías/centímetro cuadrado/día en diciembre hasta 892 en marzo, que equivalen a 9.200 y 10.370 W-h/m²/día, respectivamente. En cuanto a las horas de sol, en un día totalmente despejado, varían de 11.7 a 12.3. La cantidad de energía que llega al tope de la atmósfera depende de la época del año, la latitud y la hora del día.

Debido a las condiciones fisiográficas de la zona cafetera, que originan un aire con alto contenido de humedad, una nubosidad frecuente y diferentes exposiciones en las laderas, alcanza a llegar a la superficie del suelo alrededor de un 50% de la radiación astronómicamente posible. Se presentan valores de 410 calorías/centímetro cuadrado/día y 5.5 horas de sol, comúnmente en nuestra región.

Las medidas de radiación solar global son escasas en esta zona; generalmente se ha medido esta energía en el heliógrafo, contando las horas en que brilla el sol. Sin embargo, al aplicar la fórmula de Angstrom a los datos de la estación de Cenicafe se encontró una estrecha relación entre radiación solar global medida en un piranómetro y las horas de sol obtenidas en un heliógrafo ($r = 0.94^{**}$). En consecuencia, el comportamiento de las horas de sol y de la radiación solar en los diferentes sitios y a través del tiempo es muy similar.

En la zona cafetera las horas de sol diarias oscilan entre 3.1 (Villarica) y 3.6 (Gigante) al suroriente del país, hasta 6.7 (Pueblo Bello) en el norte. En la Tabla 4 se consignan las medidas diarias de horas de sol, obtenidas en diferentes localidades. Se aprecian los valores más altos en la parte septentrional, con más de 6.0 horas diarias de sol, excepción de la región oriental hacia Venezuela, que tiene 4.5 horas; en la región central son frecuentes los valores alrededor de 5.0 a 5.5; en el sur, el promedio fue de 5.0, con excepción de algunas estaciones con influencia del límite oriental, que tienen de 3.0 a 3.6 horas.

En general, presenta los valores más altos en enero-febrero y julio-agosto, y los valores más bajos en abril-mayo y octubre-noviembre (Figura 8).

TABLA 4. Horas de sol promedio, en la zona cafetera.

Estación	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud metros	Horas de sol diarias
Norte				
Pueblo Bello	10°22'	73°38'	1.000	6.7
El Rubí	6°36'	75°01'	1.400	6.0
Rosario	5°56'	75°43'	1.600	5.9
Nor-oriente				
Salazar	7°46'	72°48'	1.000	4.5
Chinácota	7°35'	72°36'	1.235	4.4
Centro				
Cenicafé	4°59'	75°35'	1.310	5.3
Alcalá	4°40'	75°48'	1.320	5.1
Paraguaicito	4°23'	75°44'	1.250	5.1
Chapetón	4°27'	75°16'	1.300	5.0
Dolores	3°33'	74°54'	1.260	5.2
Sur-oriente				
Gigante	2°22'	75°33'	1.500	3.6
Villarica	3°56'	74°36'	1.610	3.1
Sur				
Popayán	2°27'	76°35'	1.850	4.9
Consacá	1°16'	77°28'	1.700	5.0

Dentro de una misma cuenca hidrográfica, las horas de sol disminuyen del valle hacia la montaña. En la Tabla 5 se observa este comportamiento para la cuenca del río Chinchiná.

TABLA 5. Variaciones de las horas de sol de acuerdo a la altitud. Cuenca del río Chinchiná.

Estación	Altitud metros	Horas de sol al año
Ruiz	4.200	1.100
La Esperanza	3.250	1.670
Manizales	2.150	1.732
Cenicafé	1.310	1.925
Santágueda	1.010	2.090

Parte de la energía solar es absorbida y parte reflejada por las capas superiores del agua y del suelo que existen en la tierra; la relación entre la radiación reflejada y la que entra en una superficie se denomina ALBEDO.

Los árboles de café interceptan la radiación solar; en Cenicafé, se encontró 16% de albedo para el café, el follaje retuvo el 78% y la radiación que llegó al suelo fue de 6%. La radiación neta fue el 74% de la radiación global, y de la neta el 67% se empleó en la evapotranspiración de la planta; en el calentamiento directo del aire se gastó el 30% y para calentar el suelo el 3%.

La arquitectura del árbol, la cantidad de follaje (autosombrío), las distancias de siembra, el uso de sombrío, el sistema de secado del grano, son prácticas agronómicas que deben estar de acuerdo con la radiación solar que se recibe en la plantación, para evitar las competencias de este elemento que producen efectos detrimentales en la producción.

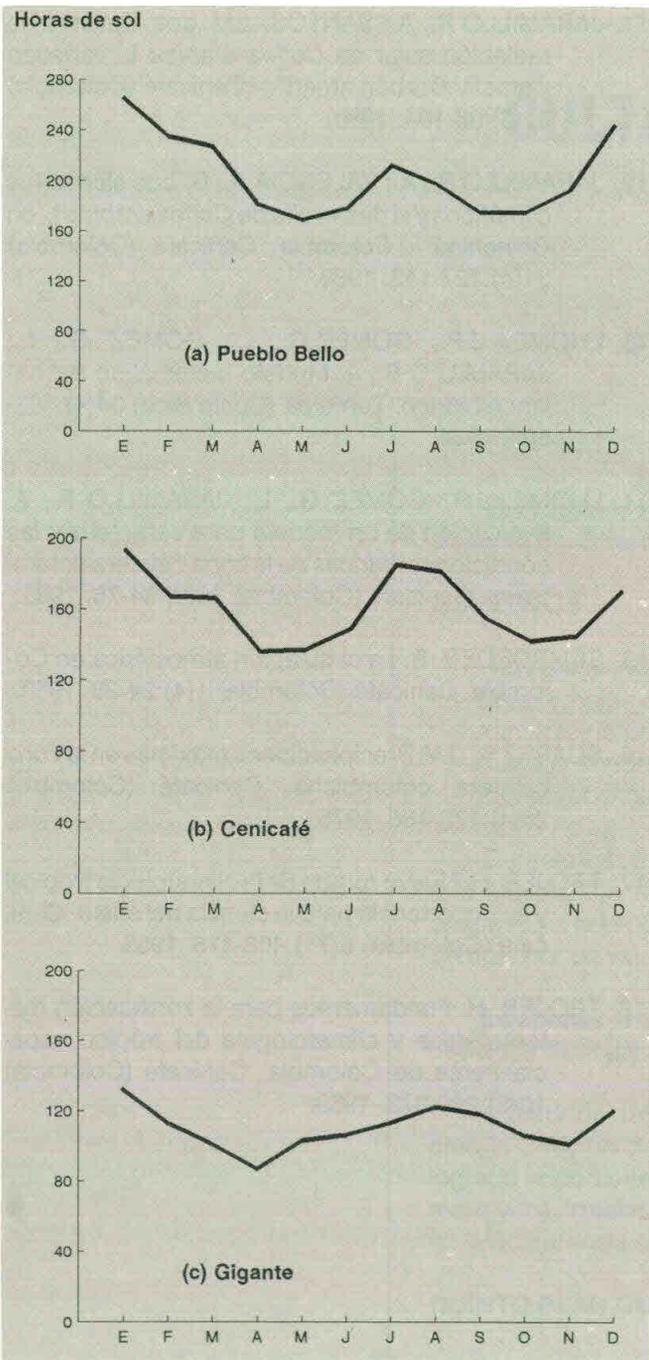


FIGURA 8. Distribución mensual del brillo solar

VIENTOS DE SUPERFICIE

La situación de la caficultura colombiana en las laderas de las cordilleras ocasiona una marcada influencia de la topografía sobre la circulación de los vientos.

Durante el día las masas de aire ascienden desde el valle hacia la montaña (vientos anabáticos); es aire caliente, poco denso. Durante la noche ocurre el proceso

de circulación en dirección opuesta: desde la montaña descende el aire frío y denso hacia el valle (vientos catabáticos). En consecuencia, los vientos circulan de acuerdo a la orientación de la cuenca hidrográfica del lugar (Figura 9).

En general, las velocidades medias de los vientos registradas en la zona cafetera son bajas, con valores frecuentes de 5.0 km/hora. Las ráfagas en casi todos los sitios son mayores en el día que en la noche. Durante el día fluctúa entre débiles (2 a 10 km/hora) hasta fuertes (mayores de 60 km/hora).

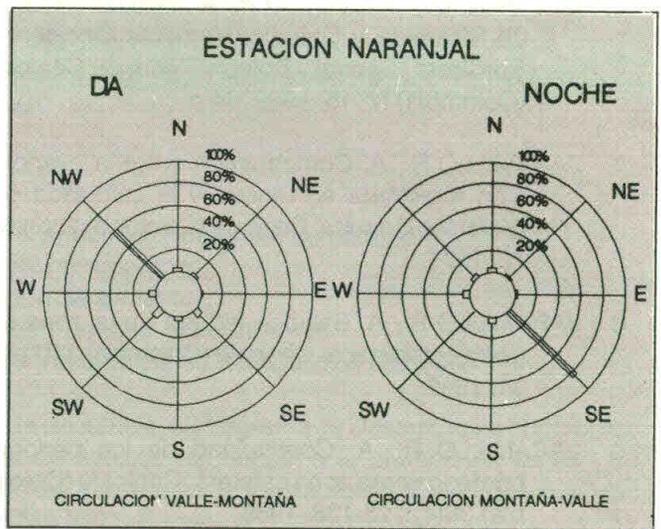


FIGURA 9. Frecuencia anual de la dirección de los vientos en el día y en la noche. Estación Naranjal.

BIBLIOGRAFIA

1. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA (COLOMBIA). Anuarios Meteorológicos 1950 a 1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1950-1987. p.v.
2. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA (COLOMBIA). 40 años de investigación en Cenicafé, Clima. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1983. V.2. 56p.
3. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA (COLOMBIA). Anuarios Meteorológicos 1950 a 1987. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1950-1987. p.v.

TIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. CHINCHINA (COLOMBIA). Informe anual de labores de la Sección de Agroclimatología 1965-1987. (mecanografiado).

4. GOMEZ G., L. Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. *Cenicafé (Colombia)* 28(1):3-17. 1977.
5. GOMEZ G., L.; JARAMILLO R., A. Temperatura de árboles de café al sol. *Cenicafé (Colombia)* 25(2):61-62. 1974.
6. GUZMAN, O.; JARAMILLO R., A. Estudio climático de Risaralda y Quindío; Vertiente Occidental, Cordillera Central. *Boletín Técnico Cenicafé (Colombia)* N° 15. 1989. 64 p.
7. JARAMILLO R., A. Comparación entre la evaporación registrada en tanque y la calculada por diferentes fórmulas. *Cenicafé (Colombia)* 28(2):67-72. 1977.
8. JARAMILLO R., A. Balance hídrico de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé (Colombia)* 33(1):15-34. 1982.
9. JARAMILLO R., A. Continuidad de los períodos húmedos en la zona cafetera. *Cenicafé (Colombia)* 36(4):125-138. 1985.
10. JARAMILLO R., A.; GOMEZ G., L. Microclima en cafetales a libre exposición y bajo sombra. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1989. 28 p.
11. JARAMILLO R., A.; SANTOS, J.M. dos. Balance de radiación solar en *Coffea arabica* L. variedad Catuaí y Borbón amarillo. *Cenicafé (Colombia)* 31(3):86-104. 1980.
12. JARAMILLO R., A.; VALENCIA A., G. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L. en Chinchiná - Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 31(4):127-143. 1980.
13. LHOME, J.P.; GOMEZ G., L.; GOMEZ G., L.; JARAMILLO R., A. Modelo matemático del balance hídrico. Turrialba (Costa Rica) 34(4):503-507. 1984.
14. LHOME, J.P.; GOMEZ G., L.; JARAMILLO R., A. Evaluación de un modelo para caracterizar las condiciones hídricas de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé (Colombia)* 36(2):64-76. 1985.
15. SCHROEDER, R. La circulación atmosférica en Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 1(4):24-28. 1950.
16. SUAREZ S., J.V. Precipitaciones máximas en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé (Colombia)* 26(4):172-186. 1975.
17. TROJER, H. Nuevo rumbo de la climatología tropical y su importancia para la ciencia del suelo. *Cenicafé (Colombia)* 6(71):408-416. 1955.
18. TROJER, H. Fundamentos para la zonificación meteorológica y climatológica del trópico especialmente de Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 10(8):289-373. 1959.