

# EL CLIMA EN LA SEDE PRINCIPAL DEL CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, CHINCHINÁ, CALDAS

Orlando Guzmán-Martínez\*; José Vicente Baldión-Rincón\*

## RESUMEN

**GUZMÁN M., O.; BALDIÓN R., J. V. El clima en la Sede Principal del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Caldas. *Cenicafé* 54(2):110-133. 2003**

Se estudiaron los diferentes elementos del clima en la Sede Principal del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, ubicada en Chinchiná, Caldas, Colombia a 05° 00' N, 76° 36' W y una altitud de 1.310 m. La lluvia media anual es de 2.510 mm repartidos en dos temporadas (abril-mayo; octubre-noviembre). El régimen es predominantemente nocturno y en este período cae cerca del 70% del total de lluvia. Se registraron 240 días con lluvia  $\geq 0,1$  mm y 118 días con cantidades  $\geq 5,0$  mm. La temperatura media anual es de 21,0°C con una variación estacional inferior a 2,0°C, pero importantes fluctuaciones diarias, alrededor de 17,0°C. Las temperaturas extremas medias anuales alcanzan 16,7 y 27,5°C. El brillo solar totaliza 1.842 horas al año y la radiación solar 4.582 Wh/m<sup>2</sup>/día y en ambos casos, ocurren por debajo de la mitad del máximo posible indicando alta nubosidad en el área. El fotoperíodo fluctúa alrededor de las 12 horas y la diferencia entre el día más largo (22 de junio) y el más corto (22 de diciembre) es de solo 35 minutos, lo cual facilita condiciones de diferenciación floral permanentes y hace que la concentración de las floraciones esté regida por la distribución de la lluvia. La humedad relativa media anual es de 77%. En la noche se alcanzan invariablemente condiciones de saturación (superior a 95%), mientras que en días soleados puede bajar hasta un 35%.

**Palabras claves:** Colombia, Cenicafé, zona cafetera, clima, balance hídrico.

## ABSTRACT

The different climate elements at the headquarter of the National Center of Coffee Research, Cenicafé, located in Chinchiná, Caldas, Colombia at 05° 00' N, 76° 36' W and an altitude of 1,310 m were studied. The yearly average rainfall is 2,510 mm distributed into two seasons (April-May; October-November). The regime is predominantly at night and about 70% of the totality of rain falls during this period. 240 rainy days with  $\geq 0,1$  mm and 118 days with  $\geq 5,0$  mm were registered. The average yearly temperature is 21.0°C with a season variation under 2.0°C but with important daily fluctuations around 17.0°C. The extreme average yearly temperatures reach 16,7 and 27,5°C. The sunshine totalizes 1,842 hours a day and the solar radiation 4,582 Wh/m<sup>2</sup>/day and in both cases they occur under half the possible maximum indicating high cloudiness in the area. The photoperiod fluctuates around the 12 hours and the difference between the longest day (June 22nd) and the shortest one (December 22nd) is only 35 minutes, which facilitates the permanent floral differentiation conditions and makes the blooming concentrations be controlled by the rain distribution. The yearly average relative humidity is 77%. At night the saturation conditions (over 95%) are invariably reached whereas during sunny days they can descend to 35%.

**Keywords:** Colombia, Cenicafé, coffee zone, climate, hydric balance.

\* Investigador Científico I y Asistente de Investigación, respectivamente. Agroclimatología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, se encuentra en la cuenca del río Chinchiná en la vertiente occidental de la Cordillera Central y dista unos 2 kilómetros del área urbana de Chinchiná, municipio de gran importancia cafetera en el departamento de Caldas, Colombia.

La granja tiene una extensión de 69 hectáreas con un relieve variado y alturas que fluctúan entre 1.300 y 1.400 metros aproximadamente y los suelos son de origen volcánico. La topografía de la zona de influencia es escarpada y está dominada por el fuerte accidente orográfico del Nevado del Ruiz (cerca de 5.400m de altitud), el cual origina importantes circulaciones locales (valle-montaña en el día y montaña-valle en la noche), las cuales influyen en buena medida sobre las diferentes variables del clima y particularmente, en el régimen pluviométrico. Debido al volumen y extensión del Nevado del Ruiz se forma allí un importante sistema hidrográfico en el cual se destacan los ríos Gualí, Azufrado, Lagunillas, Recio, Molinos y Claro, estos dos últimos, precursores del río Chinchiná en su parte alta (13, 27). Desde el punto de vista de circulación general de la atmósfera, el área se halla bajo la influencia de la denominada Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), la cual se forma por la convergencia hacia el ecuador geográfico de los vientos alisios de ambos hemisferios (38).

En los predios de Cenicafé ha funcionado una estación climatológica principal en tres sitios diferentes incluyendo el actual. El primero se ubicó en un lote llamado La Coca donde operó desde abril de 1941 hasta diciembre de 1948. Posteriormente fue trasladada a una distancia de unos 150 metros a un lugar aledaño, cerca del punto geodésico del Instituto Geográfico «Agustín Codazzi» que indica una altura de 1.310m; allí funcionó de enero de 1949 a diciembre de 1982. Finalmente, en enero de 1983 empezó a operar en su sitio

actual que está a unos 30 metros del anterior hacia la parte sur de las instalaciones antes mencionadas.

No obstante estos movimientos, los registros se consideran pertenecientes a una misma serie ya que no se ha presentado un cambio significativo en cuanto a distancia, altitud y representatividad de las condiciones del lugar inicial de instalación.

En algunos trabajos anteriores se han incluido variables de clima de este sitio como son precipitaciones máximas (30, 44), precipitación media, temperatura, vientos e insolación (17, 22, 28, 48, 49,50), evaporación (29), brillo y radiación solar (23, 25). Sin embargo, se considera conveniente conocer en más detalle y de manera integral las características de los principales elementos componentes del clima allí.

Este trabajo tuvo como propósito, de una parte, establecer la oferta climática del lugar mediante el análisis de la información histórica disponible y, de la otra, cuantificar la disponibilidad hídrica para el cultivo del café.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La estación climatológica principal está ubicada en los predios de Cenicafé dentro del ecotopo 206A (18). Tiene por coordenadas geográficas 05° 00' de latitud Norte, 75° 36' de longitud Oeste y una altitud de 1310m.

**Información utilizada.** Los registros empleados provienen del Servicio Meteorológico de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, el cual es operado por Cenicafé. Para la lluvia (cantidad y número de días con lluvia) se tomó el período 1942-1993, mientras que para las temperaturas (media, extremas medias

y absolutas), el brillo solar y la humedad relativa éste correspondió al de 1957-1993 (12). Los datos del viento son del período 1972-1989 para la dirección y las ráfagas, obtenidos en un anemocinógrafo tipo universal (15) y de 1984 a 1993 para la velocidad registrada en un anemógrafo tipo Woelfle (33). Es de anotar que las ráfagas se refieren a las velocidades del viento por encima del valor promedio y que no duran por más de dos minutos.

La radiación solar global (285-2800nm), se midió a través de piranómetros Eppley de 1983 a 1993 (46, 47). Toda esta información fue previamente depurada y verificada, y se considera representativa para el área estudiada (12).

**Análisis.** Las series de lluvia, temperaturas, brillo solar y humedad relativa, se analizaron mensual y anualmente y las de brillo y radiación solar diariamente con la ayuda del paquete estadístico SAS (41). La velocidad media del viento se examinó al nivel horario para conocer mejor su comportamiento. Las probabilidades para los datos que se ajustaron a la distribución normal (pasaron la prueba de Shapiro y Wilk al 0,05), se derivaron con su correspondiente función de densidad. Los que no siguieron este tipo de distribución sus probabilidades se obtuvieron con el método empírico por medio del ordenamiento de los respectivos valores. Se seleccionaron los niveles de probabilidad de igualdad o excedencia del 25% (1 de cada 4 años), 50% (1 de cada 2 años), 75% (3 de cada 4 años) y 95%.

El balance hídrico se calculó de acuerdo con el método de Thornthwaite y Mather (citados por Mota, 36). Los suelos por su aptitud de uso corresponden a un complejo de ceniza volcánica Unidad 60 (13). De acuerdo con sus características físicas (capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente) se determinó que entre 1/3

y 15 atmósferas este suelo puede almacenar 56mm de agua en los primeros 50cm. En esta profundidad se concentra la mayor cantidad de raíces del cafeto (42, 45). La lluvia se tomó a los niveles de probabilidad del 25% para un año lluvioso, 50% un año promedio o normal y 75% un año seco y la evapotranspiración potencial que es un indicativo del consumo de agua por la planta, se determinó con la fórmula de Penman (34).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Precipitación.** Las pruebas no paramétricas de Wald-Wolfowitz y significancia del coeficiente de regresión lineal aplicadas a la serie histórica de lluvia indicaron que ésta es aleatoria y no tiene ninguna tendencia (19).

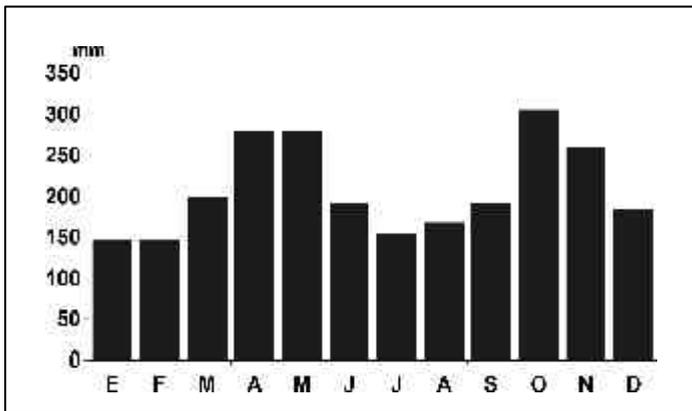
El régimen pluviométrico de la zona es del tipo bimodal caracterizado por la presencia de dos temporadas lluviosas que se ubican de abril a mayo (279mm y 280mm), y octubre a noviembre (306mm y 260mm), y dos de menores lluvias que van de enero a febrero (147mm cada uno) y de julio a agosto (155mm y 168mm). Los meses de marzo y septiembre se consideran de transición hacia ambos períodos lluviosos y los de junio y diciembre son otro tanto, hacia los períodos secos (Figura 1). Los períodos lluviosos aportan en conjunto el 44,9% de la lluvia total mientras que los secos contribuyen con el 24,6% (Tabla 1).

El total anual de lluvia es de 2510mm. En el primer semestre caen 1244mm, valor ligeramente inferior al del segundo (1266mm), particularmente porque los meses de enero y febrero son los más secos de todo el año.

La lluvia anual caída durante la noche (19:00 a 07:00 horas) de 1774mm es algo más del doble de la diurna (07:00 a 19:00 horas) que es de 736mm. Esta proporción se

**Tabla 1.** Promedios mensuales de lluvia y de días con lluvia en la estación Cenicafé (1942-1993)

ELEMENTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Lluvia(mm)	147	147	201	279	280	191	155	168	191	306	260	185	2510
Lluvia(%)	5,8	5,8	8,0	11,1	11,2	7,6	6,2	6,7	7,6	12,2	10,4	7,4	100
Promedio días con Lluvia $\geq$ 0,1 mm	15	15	19	23	24	21	18	18	20	25	22	18	240
Promedio días con Lluvia $\geq$ 3,0 mm	9	9	12	14	15	12	10	10	11	17	15	11	145
Promedio días con Lluvia $\geq$ 5,0 mm	7	7	10	12	13	10	7	8	9	14	12	9	118
Lluvia diurna(mm)	41	41	64	86	86	52	31	34	48	109	88	56	736
Lluvia nocturna (mm)	106	106	137	193	194	139	124	134	143	197	172	129	1774



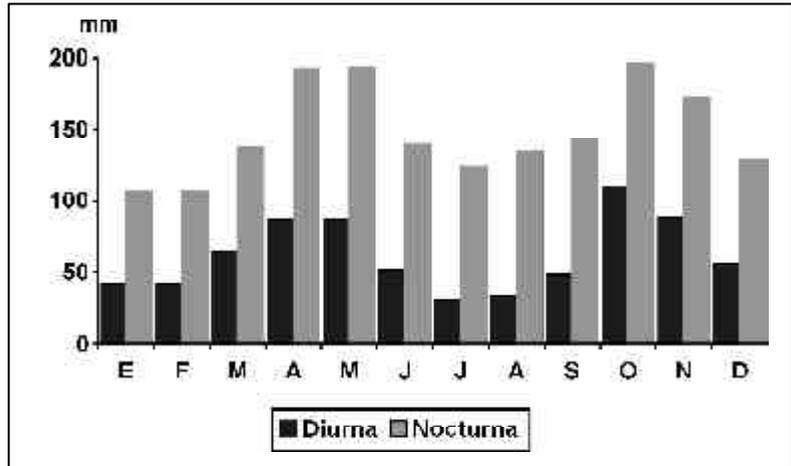
**FIGURA 1.** Distribución media mensual de la lluvia en Cenicafé (1942-1993).

mantiene relativamente constante a través de todos los meses del año con excepción del período junio-septiembre en el cual la mayor parte de la lluvia (aproximadamente 70%) se recibe en la noche (Tabla 1, Figura 2). El régimen predominantemente nocturno de la lluvia en esta área está ligado a su situación en el tercio inferior de la ladera y a la activa circulación montaña-valle en la noche, favorecida por la alta cima del Nevado del Ruiz.

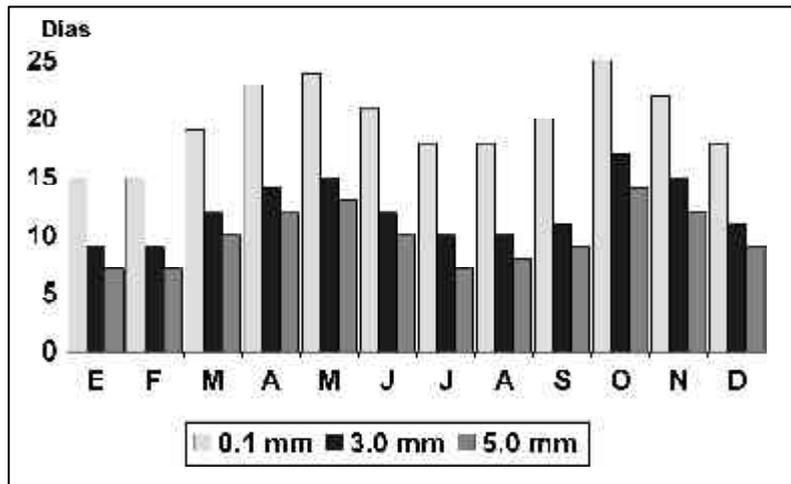
El número de días con lluvia  $\geq$ 0,1mm (estándar climático acorde con la resolución máxima del instrumento registrador) totaliza al año 240, que alcanzan un 66% total de días del año y los extremos se sitúan en enero y febrero con 15 días cada uno y 25 días en

octubre. El número de días con lluvia  $\geq$ 3,0mm se reduce a 145 (40% del año) y oscilaciones de 9 a 17 días en los mismos meses arriba señalados. Igualmente, se registran 118 días (32% del total) con lluvia  $\geq$ 5,0mm, cantidad con la cual se satura el árbol del café (16, 20), y variaciones de 7 a 14 días en los meses antes citados (Tabla 1, Figura 3).

En la serie de 51 años los máximos mensuales de lluvia se han registrado en octubre de 1987 con 591mm, octubre de 1944 con 558mm y marzo de 1971 con 506mm, que equivalen a 193, 182 y 252% del valor histórico, en su orden. Así mismo, las cantidades más bajas ocurrieron en febrero de 1973 con 9mm, julio de 1986 con 13mm y agosto de 1946 con 21mm.



**Figura 2.**  
Distribución media mensual de la lluvia diurna y nocturna en Cenicafé (1942-1993).



**Figura 3.**  
Distribución media mensual de los días con lluvia  $\geq$  a 0,1; 3,0 y 5,0 mm en Cenicafé (1942-1993).

Al nivel anual se destacan como años muy lluviosos los de 1971, 1955 y 1950 en los que cayeron 3.422, 3.268 y 3.249mm, respectivamente, y que a su turno superaron el valor promedio anual en 36, 30 y 29%. Precisamente, estos años han coincidido con la presentación del denominado Evento Frío del Pacífico «La Niña» (26). Los años más secos de toda la historia ocurrieron en 1983, 1961 y 1992 cuando se registraron 1.897, 1.989 y 2.018mm, equivalentes al 76, 79 y 80% del valor normal y estuvieron asociados al fenómeno opuesto al anterior, o sea, el Evento Cálido del Pacífico «El Niño» (24).

Las máximas cantidades de lluvia en un día (24 horas), han sido de 152mm el día 8 de agosto de 1963, 148mm el día 15 de abril de 1967 y 134mm el día 19 de diciembre de 1955, las cuales se espera que ocurran con una probabilidad del 2, 4 y 6%, respectivamente.

Los registros de lluvia de los meses de enero, marzo y abril se ajustaron a una distribución de tipo log normal en tanto que los meses restantes siguieron una distribución normal, así como también los datos anuales. En la Tabla 2 se presentan las

**Tabla 2.** Estadística descriptiva de la lluvia mensual y anual con cuatro niveles de probabilidad en la estación Cenicafé (1942-1993)

MES	MEDIA (mm)	DESVIACIÓN TÍPICA (mm)	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)	PROBABILIDAD LLUVIA (mm)			
				25%	50%	75%	95%
ENERO	147	80	55	*188	125	83	46
FEBRERO	147	72	49	194	152	89	39
MARZO	200	78	39	*243	186	142	96
ABRIL	279	76	27	329	277	227	154
MAYO	280	80	29	326	287	222	158
JUNIO	191	65	34	232	189	144	108
JULIO	155	76	49	209	143	97	46
AGOSTO	168	83	50	217	146	109	55
SEPTIEMBRE	191	71	37	235	195	151	80
OCTUBRE	306	69	31	*361	292	237	175
NOVIEMBRE	260	71	28	300	258	195	166
DICIEMBRE	185	68	37	233	181	143	75
ANUAL	2510	340	14	2726	2513	2265	2012

\*Probabilidades obtenidas con la distribución log normal

características estadísticas de las series analizadas. Se observa de allí que los meses de menores lluvias (enero-febrero; julio-agosto) tienen los coeficientes de variación mayor, entre 49 y 55%, como producto de lluvias irregulares y los meses lluviosos (abril-mayo; octubre-noviembre) muestran los más bajos, alrededor del 29%, debido a que reciben un aporte continuo de agua en esas épocas.

Las probabilidades calculadas indican, por ejemplo, que en el mes de febrero se espera que caigan cantidades iguales o superiores a 194, 152, 89 y 39 mm con una probabilidad de 25, 50, 75 y 95%. Del análisis de la lluvia es de resaltar el buen régimen pluviométrico con que cuenta la zona ya que solamente en un 5% del tiempo se espera que la lluvia total anual sea igual o inferior a unos 2.000mm.

**Temperatura del aire.** La temperatura media anual es de 21,0°C con una ligera variación estacional de 1,3°C, proveniente de la dife-

rencia entre el mes más caliente (febrero, marzo) y el más frío (octubre). Sin embargo, al nivel diario las variaciones son muy importantes y pueden llegar alrededor de los 17°C.

El primer período seco del año (enero, febrero y marzo) es el de mayor temperatura, con valores entre 21,3 y 21,6°C y luego está el de mediados de año (julio, agosto) con 21,2°C como consecuencia de una mayor frecuencia de días despejados que permite un aumento en la interceptación de la radiación solar y por consiguiente, una elevación de la temperatura del aire.

Por el contrario, en el período lluvioso de octubre-noviembre es cuando la temperatura alcanza sus valores más bajos, alrededor de 20,4°C, en razón de un notable aumento de la nubosidad que disminuye la llegada de la radiación y favorece un menor calentamiento del aire circundante. El otro período

lluvioso de abril-mayo es menos frío que el anterior, posiblemente debido a la influencia que tiene sobre éste el período seco de inicios del año que es el de menor lluvia y además, a que recibe mayor radiación (Figura 4).

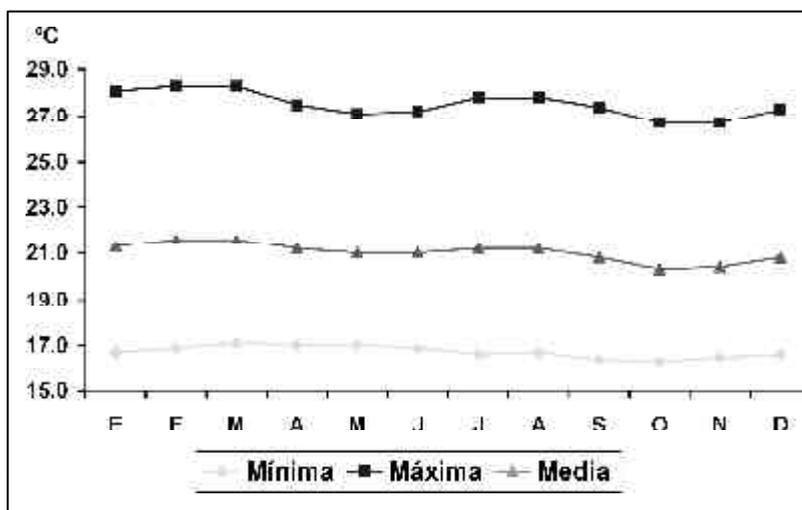
El régimen térmico del primer semestre es mayor que el del segundo en cerca de 0,5 °C.

El día más frío de toda la serie histórica se presentó el 15 de noviembre de 1963 cuando la temperatura media solo alcanzó 16,5°C y el más caluroso con 26,9°C ocurrió el 27 de febrero de 1987.

Los principales atributos estadísticos de la temperatura media y las probabilidades obtenidas se presentan en la Tabla 3. Se observa que las desviaciones típicas son bajas a lo largo de todos los meses con valores que fluctúan entre 0,4 y 0,9°C, así como los coeficientes de variación que van de 2 a 4%. La serie se ajustó a una distribución normal y las probabilidades seleccionadas se estimaron de acuerdo con ésta. Como en el caso de la lluvia, la interpretación es similar. A

manera de ilustración se tiene que en el mes de abril se espera la ocurrencia de valores iguales o mayores a 21,5; 21,1; 20,8 y 20,1°C, con probabilidades del 25, 50, 75 y 95%, en su orden. Es de resaltar que en el mes más frío, octubre, existe sólo un 5% de probabilidad de que la temperatura media descienda de los 19,5°C.

Las temperaturas mínima y máxima medias anuales corresponden a 16,7 y 27,5°C y registran, como en el caso anterior, una pequeña variación estacional que llega a 0,8 y 1,6°C, respectivamente. Las mínimas medias más bajas se localizan en la temporada más lluviosa de septiembre a noviembre con registros de 16,3 a 16,5°C. Este hecho se puede atribuir a la alta nubosidad presente asistida por una disminución de la duración del día por este tiempo, todo lo cual reduce notablemente la entrada de la radiación directa, favoreciendo así un enfriamiento general, situación que también se aprecia con la temperatura media en este mismo período. La otra época con temperaturas mínimas bajas se sitúa en los períodos de menores lluvias



**FIGURA 4.**  
Distribución de las temperaturas medias en Cenicafé (1957-1993).

**Tabla 3.** Estadística descriptiva de la temperatura media con cuatro niveles de probabilidad en la estación Cenicafé (1942-1993)

MES	MEDIA (°C)	DESVIACIÓN TÍPICA (°C)	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)	PROBABILIDAD TEMPERATURA (°C)			
				25%	50%	75%	95%
ENERO	21,3	0,8	4	21,7	21,2	20,6	20,2
FEBRERO	21,6	0,9	4	22,0	21,6	20,8	20,2
MARZO	21,6	0,7	3	22,0	21,5	21,1	20,2
ABRIL	21,2	0,5	3	21,5	21,1	20,8	20,1
MAYO	21,0	0,5	2	21,3	21,0	20,6	20,3
JUNIO	21,0	0,6	3	21,3	21,0	20,6	20,1
JULIO	21,2	0,6	3	21,6	21,3	20,8	20,4
AGOSTO	21,2	0,6	3	21,5	21,2	20,8	20,2
SEPTIEMBRE	20,8	0,6	3	21,3	20,8	20,4	19,7
OCTUBRE	20,3	0,4	2	20,6	20,2	20,0	19,5
NOVIEMBRE	20,4	0,5	2	20,7	20,5	20,1	19,8
DICIEMBRE	20,8	0,6	3	21,2	20,9	20,4	20,0
ANUAL	21,0	0,4	2	21,3	21,0	20,8	20,5

diciembre-febrero y julio-agosto, con valores que fluctúan entre 16,6 y 16,9°C en el primer caso, y entre 16,6 y 16,7°C en el segundo. Esto es de esperarse en razón de que durante estas épocas al aumentar los días despejados también se incrementa la pérdida de radiación de onda larga de la superficie del suelo, lo cual facilita a su vez un mayor descenso de la temperatura. Por su parte, las temperaturas mínimas medias más altas se aprecian de marzo a mayo y están alrededor de los 17,0°C. No obstante que este período lluvioso es similar al anterior, su comportamiento es diferente puesto que la radiación recibida se disminuye en menor grado y ello impide que la temperatura mínima descienda más que en el caso precedente. La temperatura máxima media presenta sus mayores valores en las temporadas secas de enero a marzo (28,1 a 28,3°C) y julio-agosto (27,8°C), como producto de la mayor recepción de radiación solar. En las épocas lluviosas de abril-junio (27,1 a 27,5°C) y octubre-noviembre (26,7°C) ocurre la temperatura máxima más baja, particularmente en esta última por las mismas razones ya expuestas para la

temperatura mínima media (Figura 4). La temperatura mínima media del primer semestre es superior a la del segundo en 0,4°C y la máxima media lo es así mismo en 1,5°C.

En las Tablas 4 y 5, se compendian los principales aspectos estadísticos de las temperaturas mínima y máxima medias. Las desviaciones típicas tienen valores bajos que no sobrepasan 1,2°C. y los coeficientes de variación oscilan entre 2 y 4%. Los registros de estas dos temperaturas se ajustaron a la prueba de normalidad. En cuanto a las probabilidades calculadas, a manera de ilustración, se tiene que hay una probabilidad del 75% (3 de cada 4 años), de que la temperatura mínima sea igual o superior a 16,0°C en el mes de octubre, mientras que para la temperatura máxima en el mes de marzo el valor es igual o mayor a 27,6°C, con la misma probabilidad. En esta zona las temperaturas mínima y máxima medias obtienen valores inferiores a 15,7 y 25,8°C, respectivamente, en el período lluvioso de octubre-noviembre solamente en un 5% del tiempo.

**Tabla 4.** Estadística descriptiva de la temperatura mínima media con cuatro niveles de probabilidad en Cenicafé (1942-1993)

MES	MEDIA (°C)	DESVIACIÓN TÍPICA (°C)	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)	PROBABILIDAD TEMPERATURA (°C)			
				25%	50%	75%	95%
ENERO	16,7	0,5	3	16,9	16,6	16,3	15,9
FEBRERO	16,9	0,6	4	17,3	16,8	16,4	15,9
MARZO	17,1	0,5	3	17,5	17,0	16,7	16,3
ABRIL	17,0	0,5	3	17,4	17,0	16,6	16,2
MAYO	17,0	0,5	3	17,3	17,0	16,6	16,4
JUNIO	16,9	0,5	3	17,2	16,9	16,6	16,2
JULIO	16,6	0,4	3	16,9	16,7	16,4	15,8
AGOSTO	16,7	0,4	3	17,0	16,8	16,4	16,0
SEPTIEMBRE	16,4	0,5	3	16,8	16,5	16,0	15,6
OCTUBRE	16,3	0,4	2	16,6	16,4	16,0	15,7
NOVIEMBRE	16,5	0,4	3	16,8	16,6	16,2	15,7
DICIEMBRE	16,6	0,5	3	17,0	16,6	16,2	15,6
ANUAL	16,7	0,4	2	17,0	16,7	16,5	16,1

**Tabla 5.** Estadística descriptiva de la temperatura máxima media con cuatro niveles de probabilidad en Cenicafé (1942-1993)

MES	MEDIA (°C)	DESVIACIÓN TÍPICA (°C)	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)	PROBABILIDAD TEMPERATURA (°C)			
				25%	50%	75%	95%
ENERO	28,1	1,2	4	28,8	28,0	27,5	26,2
FEBRERO	28,3	1,2	4	29,1	28,4	27,5	26,4
MARZO	28,3	1,0	3	29,2	28,2	27,6	26,6
ABRIL	27,5	0,6	2	28,0	27,4	26,9	26,6
MAYO	27,1	0,5	2	27,5	27,1	26,7	26,3
JUNIO	28,2	0,7	2	27,8	27,0	26,6	26,1
JULIO	27,8	0,8	3	28,4	27,6	27,3	26,6
AGOSTO	27,8	0,8	3	28,4	27,7	27,3	26,4
SEPTIEMBRE	27,4	0,9	3	27,9	27,5	26,7	25,8
OCTUBRE	26,7	0,5	2	27,0	26,6	26,3	25,8
NOVIEMBRE	26,7	0,6	2	27,1	26,7	26,3	25,8
DICIEMBRE	27,3	0,8	3	28,0	27,3	27,0	25,8
ANUAL	27,5	0,5	2	27,8	27,5	27,2	26,5

La temperatura mínima absoluta más baja hasta ahora registrada es de 12,0°C y se presentó el 16 de noviembre de 1963 en tanto que la máxima absoluta subió a 35,4°C el 20 de febrero de 1973 coincidiendo con la

ocurrencia de un Evento Cálido del Pacífico y con el mes más seco en toda la historia de las observaciones. Estos registros junto con otros valores importantes, por lo atípicos, se relacionan en la Tabla 6.

Teniendo en cuenta que el cultivo del café crece y se desarrolla sin limitaciones en rangos de temperatura media anual entre 18,0 y 21,0°C (1), se puede precisar que el área es muy adecuada para su explotación. Igualmente, es de destacar que por su ubicación en la media ladera de la cordillera central y su vecindad al ecuador geográfico está libre de la ocurrencia de heladas (temperatura inferior a 0°C), fenómeno que dependiendo de su intensidad ocasiona pérdidas considerables en la caficultura de otros países. Así mismo, si se considera que la fotosíntesis neta es óptima alrededor de los 25,0°C (32, 35) y que la temperatura media diurna es de 3,0 a 4,0°C más alta que la temperatura media diaria (8, 32), se aprecia que este proceso encuentra condiciones favorables para su realización y que en consecuencia, es viable desarrollar una caficultura a plena exposición solar realizando las prácticas culturales asociadas a este tipo de sistema que le permiten que sea productivo y sostenible en el tiempo.

Si se compara Cenicafé con la zona de origen del café situada en la localidad de Jima, Etiopía con 07° 39' N, 36° 51' E, 1750m (37), se destacan algunos aspectos así:

- Ambas localidades se encuentran en la zona tropical cerca del ecuador geográfico hacia la media ladera de la montaña, lo cual origina temperaturas medias relativamente frescas (21°C en el primer caso y 18,4°C en el segundo) y con poca variación a través del año, aunque con importantes fluctuaciones diarias. La menor temperatura en Jima se explica por su mayor altitud.

- El rango de temperatura en los dos sitios está alrededor de 11°C (diferencia entre la temperatura máxima y la mínima) y no hay probabilidad de ocurrencia de heladas.

- En Jima el efecto de latitud se insinúa un poco y ello se traduce en un régimen monomodal de la lluvia conducente a una sola floración y una sola cosecha al año, en tanto que en Cenicafé la bimodalidad de la lluvia origina dos épocas de cosecha.

- En el área de Jima la combinación de temperatura y distribución de lluvia no es favorable para la ocurrencia de problemas fitosanitarios de importancia económica como la broca del café (*Hypothenemus hampei*) y la roya del café (*Hemileia vastatrix*), pero

**Tabla 6.** Temperaturas mínima y máxima absolutas en la estación Cenicafé (1942-1993)

MES	TEMPERATURA MÍNIMA			TEMPERATURA MÁXIMA		
	°C	DIA	AÑO	°C	DIA	AÑO
ENERO	12,6	21	1974	33,1	5	1977
FEBRERO	13,2	24	1968	35,4	20	1973
MARZO	13,5	9	1982	33,4	10	1977
ABRIL	12,8	21	1967	32,8	2	1980
MAYO	13,5	23	1959	32,0	12	1980
JUNIO	12,5	3	1986	31,6	5	1980
JULIO	13,0	22	1970	32,4	27	1976
AGOSTO	13,3	3	1963	32,2	9	1986
SEPTIEMBRE	13,0	23	1960	33,0	12	1965
OCTUBRE	12,8	31	1977	31,5	5	1965
NOVIEMBRE	12,0	16	1963	31,1	9	1987
DICIEMBRE	13,4	28	1980	31,9	10	1976

sí es muy propicia para el ataque del CBD (*Colletotrichum coffeanum*). Por el contrario, Cenicafé reúne buenas condiciones para el desarrollo de las dos primeras y es menos vulnerable a un ataque severo de la tercera.

**Brillo solar mensual.** El número promedio de horas de sol totaliza al año 1842, lo cual equivale al 42% del máximo astronómicamente posible e indica el predominio de condiciones de alta nubosidad en la zona. La distribución anual del brillo solar obedece a un patrón bimodal y está muy relacionada con la de la lluvia. De esta manera se presentan dos períodos de alto brillo solar en los meses de enero y febrero y julio-agosto (totales de 163 a 187 horas), que coinciden con las temporadas de menor precipitación y dos períodos en los cuales hay una considerable disminución del sol en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre (totales de 130 a 137 horas) que corresponden a las épocas lluviosas. La mayor cantidad de brillo solar se esperaría en los meses de junio y agosto cuando ocurre el máximo astronómico con 12,3 horas/día; sin embargo, esto no sucede debido a la mayor frecuencia de nubosidad en estos meses y en

cambio, se registra en enero que corresponde al de menor potencial con 11,8 horas por día pero favorecido por la reducción de la lluvia y menor nubosidad presente. El total del brillo solar recibido en el primer semestre es casi igual al del segundo.

La cantidad máxima de brillo solar se registró en el mes de enero de 1973 con 242 horas, mientras que la mínima se presentó en el mes de mayo de 1991 con 83 horas que son equivalentes a 66 y 22% del máximo astronómico posible.

En la Tabla 7 se resumen las características estadísticas del brillo solar mensual. Las series pasaron la prueba de Shapiro y Wilk al nivel del 0,05 y por tanto, se acepta que se ajustan a una distribución normal. Las desviaciones típicas variaron entre 16 y 32 horas, en tanto que los coeficientes de variación fluctuaron de 9 a 18% y se consideran razonables dentro de la alta variabilidad que exhiben los distintos elementos climáticos. La interpretación de los diferentes niveles de probabilidad estimados es igual que para los casos anteriores. Es así como, por ejemplo,

**Tabla 7.** Estadística descriptiva del brillo solar mensual con cuatro niveles de probabilidad en la Sede Principal de Cenicafé (1942-1993).

MES	MEDIA (horas)	DESVIACIÓN TÍPICA (horas)	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)	PROBABILIDAD BRILLO SOLAR (horas)			
				25%	50%	75%	95%
ENERO	187	32	17	208	187	166	135
FEBRERO	163	28	17	182	163	144	117
MARZO	160	21	13	174	160	146	126
ABRIL	130	24	18	146	130	114	91
MAYO	131	19	14	144	131	118	100
JUNIO	139	18	13	151	139	127	110
JULIO	174	16	9	185	174	163	148
AGOSTO	174	18	10	186	174	162	145
SEPTIEMBRE	146	22	15	161	146	132	111
OCTUBRE	134	19	14	147	134	121	103
NOVIEMBRE	137	17	12	148	137	126	110
DICIEMBRE	168	22	13	182	168	153	132
ANUAL	1842	144	8	1942	1836	1739	1601

en el mes de enero hay una probabilidad del 75% (3 de cada 4 años) de que se acumulen 166 o más horas de sol, mientras que en abril, el mes de menos brillo en todo el año, se espera que ocurran cantidades inferiores a 91 horas sólo en un 5% del tiempo.

**Brillo solar diario.** De acuerdo con la latitud de este sitio (05° 00' N) astronómicamente los días más extensos se registran de abril a agosto, cuando la longitud oscila entre 12,1 y 12,3 horas, y los más cortos se sitúan de octubre a febrero con longitudes que van de 11,7 a 11,9 horas. El día más largo ocurre el 22 de junio y el más corto el 22 de diciembre y su diferencia asciende a 35 minutos (0,58 horas) (21).

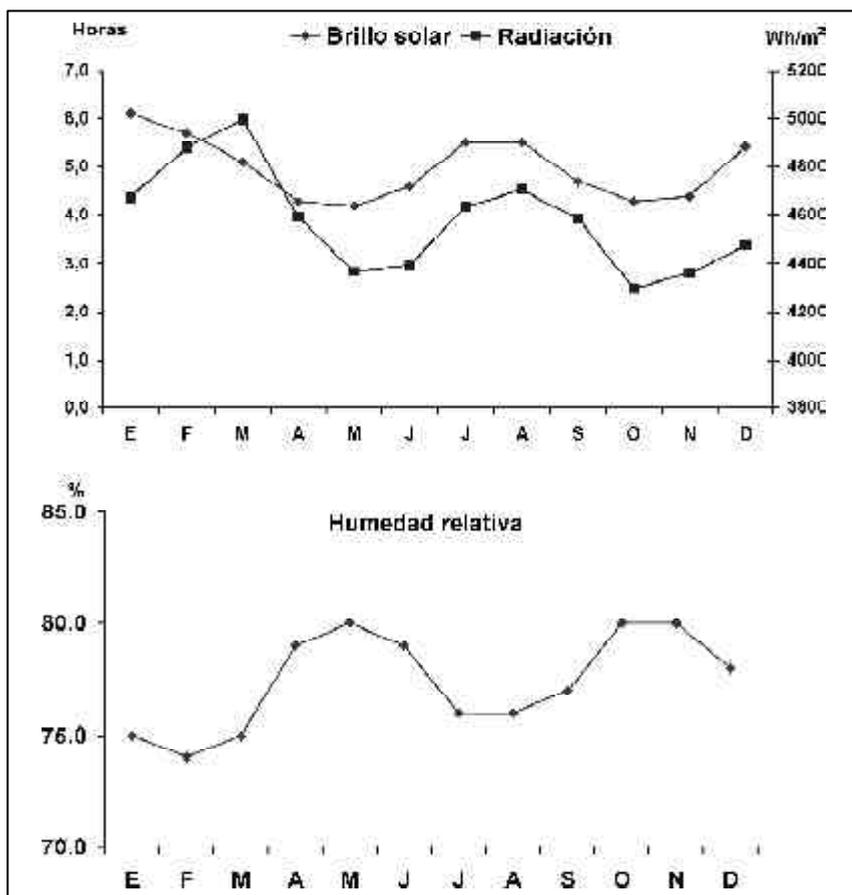
El promedio anual diario de brillo solar llega a 5,0 horas de un máximo medio posible que es de 12,0 horas, lo cual corrobora la importante nubosidad reinante en la zona. El número de horas de sol recibido está en función de la longitud del día y además, del régimen estacional de la precipitación. Lo anterior explica que en enero y febrero, que hacen parte del período seco, se registren las más altas cantidades de brillo solar con unas 6 horas diarias equivalentes a la mitad del máximo posible a pesar de que son de los meses de menor longitud del día (11,8 horas). Al contrario, en el mes de mayo caracterizado por un día más largo (12,2 horas) pero a su vez más lluvioso, se recibe el brillo solar más bajo de cerca de 4 horas diarias que corresponden solamente al 34% del máximo astronómico (Figura 5).

El máximo de brillo solar registrado en la serie de datos es de 10,8 horas el día 28 de enero de 1986 que alcanzó un 92% del valor máximo. Valores altos aislados del brillo solar se pueden igualmente presentar en cualquier mes del año, independientemente si corresponden a la época seca o lluviosa.

En la Tabla 8 se condensan algunos aspectos estadísticos del brillo solar diario. Se aprecia que las desviaciones típicas en todos los meses están por encima de dos horas lo cual se traduce en coeficientes de variación por encima del 40%. Los registros diarios no se ajustaron a la distribución normal y sus probabilidades se obtuvieron a través del método empírico. El significado de éstas es similar al que se dio en el caso de las derivadas de la distribución normal. A manera ilustrativa se tiene que en el mes de enero se esperan totales diarios de brillo solar iguales o mayores de 8,1 y 4,5 horas, con probabilidades de ocurrencia del 25 y 75%, respectivamente.

**Radiación solar.** La radiación solar media diaria sigue una distribución similar a la del brillo solar (bimodal) y es así como los valores más altos ocurren en las épocas de menores lluvias (diciembre-marzo; julio-agosto) y los más bajos en los períodos lluviosos (abril-mayo y octubre-noviembre). La mayor cantidad de radiación solar se presenta en el mes de marzo con 4.999Whm<sup>2</sup> (48% del máximo teórico) que coincide con el primer equinoccio, el cual a su vez tiene el mayor potencial de radiación, mientras que el segundo máximo se localiza en agosto y tiene 4.707Whm<sup>2</sup> (46% del máximo extraterrestre).

En septiembre, época del segundo equinoccio, se esperarí la ocurrencia del máximo anterior pero las condiciones de abundante nubosidad características del inicio de la segunda temporada de lluvias disminuyen apreciablemente la radiación en este mes. En octubre se recibe la menor radiación de 4.295Whm<sup>2</sup> (43% del máximo potencial) y luego aparecen noviembre y mayo con 4.357 y 4.365Whm<sup>2</sup> respectivamente. Se observa que abril no obstante de formar parte del primer período lluvioso recibe más radiación que los otros meses lluviosos como consecuencia de su mayor potencial de radiación y la posible influencia del período seco



**Tabla 8.** Estadística descriptiva del brillo solar diario con cuatro niveles de probabilidad en la Sede Principal de Cenicafé (1942-1993)

MES	MEDIA (horas)	DESVIACIÓN TÍPICA (horas)	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)	PROBABILIDAD BRILLO SOLAR (horas)			
				25%	50%	75%	95%
ENERO	6,1	2,3	42	8,1	6,4	4,5	0,8
FEBRERO	5,7	2,7	46	7,9	6,0	3,8	0,8
MARZO	5,1	2,8	54	7,4	5,3	3,0	0,3
ABRIL	4,3	2,6	61	6,2	4,2	2,1	0,2
MAYO	4,2	2,5	60	6,1	4,2	2,2	0,1
JUNIO	4,6	2,5	55	6,5	4,5	2,7	0,4
JULIO	5,5	2,4	44	7,4	5,6	3,8	1,4
AGOSTO	5,5	2,4	44	7,3	5,8	3,8	1,4
SEPTIEMBRE	4,7	2,5	53	6,6	4,7	2,9	0,4
OCTUBRE	4,3	2,5	57	6,0	4,3	2,4	0,3
NOVIEMBRE	4,4	2,4	54	6,1	4,5	2,5	0,3
DICIEMBRE	5,4	2,6	48	7,6	5,6	3,5	0,6
ANUAL	5,0	2,6	52	7,0	5,1	3,0	0,5

precedente, que es el más pronunciado (Figura 5).

La diferencia de la radiación entre meses es menor en comparación con aquella del brillo solar y, salvo enero, en los meses restantes el porcentaje del máximo potencial posible obtenido es mayor para la radiación. Esto, en razón de que cuando el número de horas de brillo solar efectivo es cero la radiación aunque difusa se sigue recibiendo y por tanto, no hay días en que se llegue a registrar un valor de cero.

La radiación diaria promedia anual alcanza los  $4.582\text{Whm}^2$  que llegan al 46% del valor máximo en el límite de la atmósfera. En la Tabla 9 se resumen los atributos estadísticos más importantes de la radiación solar. El coeficiente de variación es aproximadamente la mitad del registrado para el brillo solar y oscila de 22 a 29%. Los registros diarios de la radiación no se ajustaron a la distribución

normal, y de ahí que sus probabilidades se estimaron a través de una distribución empírica. Así como en el caso del brillo solar diario, las probabilidades obtenidas están referidas a las cantidades de radiación solar global que se espera que sean igualadas o excedidas en un porcentaje de tiempo dado. A manera de ilustración se tiene que en el mes de agosto se espera que se registren  $3.892\text{Whm}^2$  o más en un 75% del tiempo, mientras que  $5.460\text{Whm}^2$  o más, son esperados en sólo un 25%.

El máximo valor absoluto de radiación de la serie se registró el 1 de marzo de 1989 con  $7.745\text{Whm}^2$ , que equivale a un 74% del potencial máximo. En forma similar al brillo solar, los máximos de radiación también pueden aparecer en cualquier mes del año, independientemente de la estacionalidad de la lluvia. Las cantidades mínimas ocurren en los días que el brillo solar es cero pero varían según el tipo de nubosidad. Los mínimos absolutos más bajos se presentaron el 4 de mayo de 1986 y el 23 de noviembre de 1984 con 913 y  $629\text{Whm}^2$ , respectivamente, los

**Tabla 9.** Estadística descriptiva de la radiación solar global diaria con cuatro niveles de probabilidad en la Sede Principal de Cenicafé (1942-1993)

MES	MEDIA (Whm <sup>-2</sup> )	DESVIACIÓN TÍPICA (Whm <sup>-2</sup> )	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)	PROBABILIDAD RADIACIÓN SOLAR			
				25%	50%	75%	95%
ENERO	4.676	1.126	24	5.477	4.877	4.028	2.511
FEBRERO	4.877	1.200	25	5.798	5.036	4.051	2.686
MARZO	4.999	1.392	28	6.043	5.197	4.120	2.344
ABRIL	4.591	1.324	29	5.691	4.548	3.586	2.300
MAYO	4.365	1.153	26	5.181	4.372	3.575	2.395
JUNIO	4.394	1.065	24	5.153	4.272	3.628	2.684
JULIO	4.637	1.019	22	5.330	4.602	3.904	3.056
AGOSTO	4.707	1.061	23	5.460	4.800	3.892	2.970
SEPTIEMBRE	4.586	1.167	25	5.440	4.582	3.794	2.689
OCTUBRE	4.295	1.195	28	5.204	4.269	3.325	2.287
NOVIEMBRE	4.357	1.160	27	5.171	4.302	3.599	2.431
DICIEMBRE	4.476	1.102	25	5.314	4.623	3.722	2.606
ANUAL	4.582	1.188	26	5.462	4.637	3.742	2.562

cuales alcanzan solamente el 9 y 6% del valor máximo en el exterior de la atmósfera.

Considerando que el café es una planta del tipo C3 y que sus hojas se saturan a bajas intensidades de radiación (32, 53), el régimen de radiación solar presente en la zona se estima que es suficiente para el proceso fotosintético y no es limitante para la producción. La longitud del día (fotoperíodo) próxima a las 12 horas y su poca variación a lo largo del año se puede calificar de corta y favorable para mantener condiciones continuas de diferenciación floral (2). Esta última característica permite que el café pueda florecer a esta latitud a través de todo el año, pero las máximas concentraciones de las floraciones (antesis) están regidas por la distribución de la lluvia, de manera que los períodos secos bien definidos son los más apropiados para promoverlas en buena magnitud.

**Humedad relativa.** La humedad relativa media anual es de 77% con una ligera oscilación entre meses, alrededor de 6%. Sin embargo, las variaciones diarias son notables y la humedad en la noche permanece cerca de la saturación (95%), mientras que en días despejados puede descender hasta 35% después del medio día cuando la temperatura a su vez llega al valor máximo. La humedad relativa tiene un comportamiento muy ligado al de la lluvia y sigue un patrón bimodal como el de ésta. En efecto, la humedad relativa más baja entre 74 y 76% se presenta en épocas de menores lluvias (enero-marzo; julio-agosto) y la más alta próxima al 80% en las temporadas lluviosas de abril-mayo y octubre-noviembre (Figura 5).

En la serie estudiada los valores extremos de humedad relativa media mensual se han presentado en febrero de 1983 con 66% y en mayo de 1976 con 86%. A nivel diario el valor medio más bajo de 52% se registró el 12 de septiembre de 1991.

Las características estadísticas de la humedad relativa se ilustran en la Tabla 10. Se observa que las desviaciones típicas son bajas, no superiores a un 4%, mientras que los coeficientes de variación lo son otro tanto y fluctúan entre 2 y 5%. Los datos de humedad relativa siguieron una distribución normal y las probabilidades obtenidas de allí se interpretan de igual manera que para los otros elementos ya analizados. Es así como en el mes de mayo se esperan valores iguales o mayores de 82 y 79% en un 25 y 75% del tiempo.

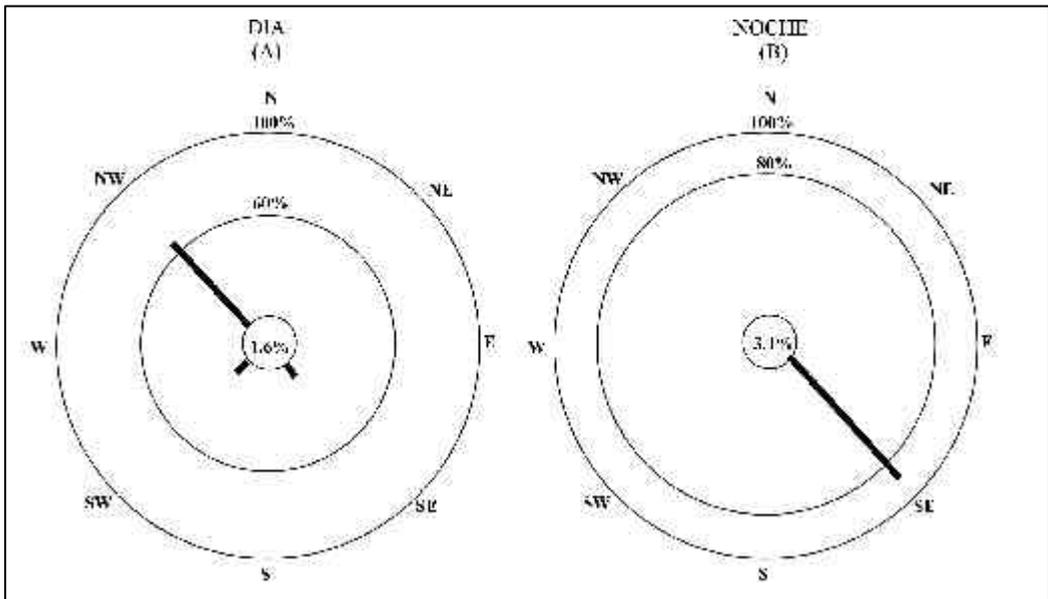
**Dirección, velocidad y rafagosidad del viento.** La circulación de los vientos en esta área se encuadra dentro del sistema denominado valle-montaña durante el día y montaña-valle en la noche, el cual es característico de las regiones montañosas (11, 48, 49). De esta manera, a nivel anual, de 07:00 am, a 19:00 pm (circulación diurna) el viento sopla de la parte baja desde la cuenca del río Cauca a través de la subcuenca del río Chinchiná en dirección noroeste (NW) en un 68% del tiempo. Otras direcciones menos importantes se registran del norte (N,1%), noreste (NE, 3%) y sureste (SE, 8%). Durante la noche, de 19:00 pm, a 07:00 am, los vientos descienden del gran macizo volcánico (Nevado del Ruiz, cerca de 5.400m de altitud) principalmente del sureste (SE) en el 89% de los casos, esta situación es favorecida igualmente por la orientación NW-SE del eje del río Chinchiná. También soplan vientos en proporciones menores del noreste (NE, 1%), este (E, 2%) y noroeste (NW,1%) (22) (Figura 6).

Esta situación no presenta mayores variaciones a través de los meses. La presentación de calmas (ausencia de vientos) en los dos períodos es baja y no supera el 3% del total de observaciones.

La velocidad media mensual alcanza sus mayores valores en las épocas de menores

**Tabla 10.** Estadística descriptiva de la humedad relativa mensual con cuatro niveles de probabilidad en la estación Cenicafé (1942-1993)

MES	MEDIA (%)	DESVIACIÓN TÍPICA (%)	COEFICIENTE VARIACIÓN (%)	PROBABILIDAD HUMEDAD RELATIVA			
				25%	50%	75%	95%
ENERO	75	3.6	5	77	75	72	69
FEBRERO	74	3.9	5	77	74	72	68
MARZO	75	2.9	4	77	75	73	71
ABRIL	79	2.7	4	81	79	77	74
MAYO	80	2.0	2	82	80	79	77
JUNIO	79	2.5	3	81	79	77	75
JULIO	76	2.7	4	77	76	74	71
AGOSTO	76	3.4	5	78	76	73	70
SEPTIEMBRE	77	3.5	4	80	77	75	71
OCTUBRE	80	2.8	4	82	80	78	75
NOVIEMBRE	80	2.3	3	81	80	78	76
DICIEMBRE	78	2.8	4	80	78	76	74
ANUAL	77	1.9	2	79	77	76	74



**Figura 6.** Distribución anual de la dirección de los vientos en Cenicafé (%).

lluvias de diciembre a marzo y de junio a agosto con 2,6 y 2,5m/s, respectivamente, en tanto que la menor velocidad se localiza en los períodos lluviosos de abril-mayo y octubre-noviembre con cifras que varían entre 2,1 y 2,2m/s. La circulación nocturna es más

desarrollada a causa del fuerte gradiente altitudinal que existe con el Nevado del Ruiz y el viento llega en promedio a 2,4m/s, mientras que la circulación diurna registra 1,8m/s (Figura 7).

El ciclo diario horario medio del viento a través del año se presenta en la Tabla 11 y la Figura 8. Se observa de allí que la mayor velocidad se registra alrededor de la media noche con unos 3,0m/s y empieza a disminuir gradualmente hasta alcanzar los valores más bajos, cerca de 1,4m/s, entre las 08:00 y 09:00 horas, luego vuelve a aumentar paulatinamente durante el ciclo diurno hasta llegar a su máximo desarrollo hacia las 15:00 horas con 1,9m/s, en promedio. Posteriormente, la velocidad del viento desciende y aproximadamente a las 19:00 horas comienza a aumentar de nuevo para dar paso al ciclo nocturno.

Las velocidades máximas absolutas se han presentado en las horas nocturnas así: 7,7m/s (27km/h) el 24 de agosto de 1986 y el 14 de abril de 1988, 7,9m/s (28km/h) el 9 de febrero de 1987 y 9,4m/s (34km/h) el 22 de enero de 1988.

Las ráfagas máximas diarias de viento en esta área se concentran especialmente en el

rango de débiles (<10km/h), ligeras (10-20km/h) y moderadas (21-30km/h), con porcentajes de 23, 57 y 18% respectivamente. Las ráfagas fuertes que tienen velocidades superiores a 30km/h son esporádicas y se registran en solo un 1% del tiempo. No obstante, a nivel mensual éstas últimas pueden subir a un 22% del total anual (22). Las ráfagas fuertes en esta zona están normalmente asociadas con lluvias abundantes que son características de la misma.

El análisis de las ráfagas anuales máximas muestra que en un año de cada cinco (período de retorno de 5 años) se presentan vientos con velocidades entre 44 y 52km/h con un 95% de seguridad (22). De lo anterior, se deduce que el viento, en general, no constituye un elemento limitante para las distintas actividades pero no se descarta la ocurrencia de daños ocasionales debido a ráfagas unidas a lluvias fuertes.

**Balance hídrico.** El balance hídrico calculado con una probabilidad de lluvia del 50% (año normal) muestra que el agua disponible

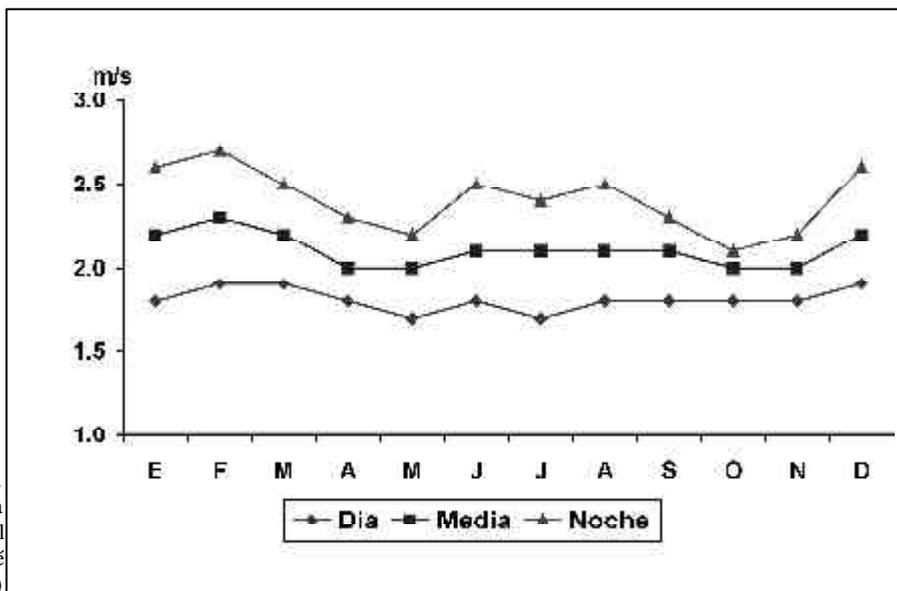


Figura 7. Distribución de la velocidad media del viento en Cenicafé (1983-1993)

**Tabla 11.** Valores medios y máximos absolutos horarios de la velocidad del viento (m/s) en la Sede Principal de Cenicafé (1942-1993)

MES/HORA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																									
<b>ENERO</b>	2,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,5	1,2	1,6	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,8	2,5	3,1	3,2	3,3	3,2	2,9	5,8	6,1	6,3	5,7	4,0	2,7	3,5	3,1	3,0	3,6	4,6	4,9	5,8	5,1	4,6	5,6	6,5	6,6	9,4	6,6	6,3				
<b>FEBRERO</b>	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	1,7	1,3	1,6	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	1,9	2,4	3,0	3,1	3,3	3,3	3,0	6,5	6,3	7,9	6,1	6,4	5,9	5,6	5,8	4,5	2,9	3,6	3,6	5,0	3,7	4,8	4,7	4,5	5,6	6,3	7,6	6,7	7,2	7,0	6,3
<b>MARZO</b>	2,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,4	1,3	1,6	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,0	1,9	2,3	2,8	3,0	3,1	3,0	2,9	6,6	6,1	6,1	6,1	6,3	6,2	6,0	5,7	5,1	4,6	3,3	3,8	3,7	5,0	4,4	5,5	6,2	6,3	5,9	5,7	7,1	6,4	6,5	6,6	6,3
<b>ABRIL</b>	2,4	2,2	2,0	1,8	1,8	1,7	1,7	1,3	1,4	1,7	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	2,4	2,7	2,8	2,8	2,7	2,5	6,2	5,7	6,2	5,8	5,2	5,4	5,1	3,4	3,7	4,1	3,4	5,8	4,8	5,0	5,4	6,3	7,7	6,6	6,5	6,1	6,8	6,4		
<b>MAYO</b>	2,4	2,2	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,3	1,3	1,6	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	2,0	2,4	2,6	2,7	2,6	2,4	6,1	6,3	5,9	5,8	5,7	4,7	5,2	4,0	2,9	3,1	4,1	3,8	4,3	5,0	4,9	5,2	5,9	6,3	5,5	6,0	6,4	6,4	6,9	6,1
<b>JUNIO</b>	2,6	2,3	2,1	2,1	1,9	1,9	1,7	1,3	1,4	1,7	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	2,4	3,0	3,1	3,1	3,0	2,9	6,3	6,4	5,7	5,8	6,1	5,8	5,3	3,5	3,0	2,9	3,3	3,6	4,4	4,7	5,8	5,2	4,9	6,0	6,9	6,8	7,2	7,1	6,9	
<b>JULIO</b>	2,6	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,2	1,3	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	2,4	3,0	3,1	3,1	2,9	2,9	6,9	7,5	6,3	6,0	5,8	6,5	5,6	5,2	3,2	3,2	3,0	3,3	3,6	3,5	4,2	4,6	4,3	5,7	6,6	7,4	7,1	6,9	6,8	7,7
<b>AGOSTO</b>	2,8	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,6	1,3	1,3	1,7	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,6	1,7	2,4	2,9	3,1	3,1	3,0	2,8	6,8	6,8	6,5	6,3	5,5	4,5	3,9	2,6	3,0	2,9	3,5	3,3	4,6	4,0	4,3	5,7	5,1	7,2	6,5	6,7	6,9	6,6	6,6	
<b>SEPTIEMBRE</b>	2,4	2,2	2,0	1,9	1,7	1,7	1,6	1,3	1,4	1,7	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	1,8	2,4	2,9	2,9	2,9	2,8	2,6	6,5	5,6	6,1	5,8	5,0	5,9	5,1	3,7	3,5	3,2	3,3	3,2	3,8	4,1	5,3	5,3	4,3	6,7	6,0	6,9	7,4	6,3	6,8	6,6
<b>OCTUBRE</b>	2,1	2,0	1,8	1,7	1,7	1,7	1,5	1,2	1,4	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	1,8	1,9	2,3	2,6	2,6	2,5	2,3	7,5	6,2	5,5	5,3	5,0	6,0	6,0	3,4	3,0	3,4	3,2	3,3	4,2	5,3	4,9	6,7	5,7	6,2	6,5	6,3	6,6	6,4	6,8	6,9	
<b>NOVIEMBRE</b>	2,1	2,0	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,2	1,4	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	2,5	2,6	2,8	2,8	2,6	2,4	5,9	6,1	5,8	5,3	5,4	4,8	5,4	4,2	3,4	3,6	3,5	3,6	4,9	5,2	4,7	6,1	4,8	4,9	6,3	6,2	6,8	6,9	6,3	6,0
<b>DICIEMBRE</b>	2,6	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	1,6	1,4	1,6	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	1,8	2,0	2,6	3,0	3,2	3,3	3,1	2,9	6,3	6,1	5,8	5,7	5,3	6,1	5,6	5,2	4,9	3,1	3,4	3,5	3,3	3,5	4,9	4,5	5,7	6,1	6,6	6,5	7,2	7,1	6,8	6,8
<b>Promedio</b>	2,5	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,4	1,3	1,7	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	2,4	2,8	3,0	3,0	2,9	2,7	6,5	6,3	6,2	5,8	5,6	5,7	5,4	4,3	3,5	3,3	3,4	3,6	4,1	4,5	4,8	5,4	5,2	5,7	6,3	6,7	6,8	6,9	6,8	6,6

para el cultivo mantiene los suelos a capacidad de campo y genera durante todos los meses excedentes hídricos que alcanzan los 1.126mm por año. Éstos en los períodos abril-mayo y octubre-noviembre fluctúan entre 150 y 180mm por mes; en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre oscilan entre 70 y 90mm, mientras que en enero, julio y agosto no superan los 35mm por mes (Figura 9A).

Cuando se aplica una probabilidad de lluvia del 75% (año seco), el agua disponible en los períodos marzo-junio y agosto-diciembre también conserva los suelos a un nivel adecuado de humedad y los excesos, aunque de menor magnitud (542mm al año), se siguen presentando en los períodos abril-junio (37-119mm/mes) y septiembre-diciembre (29-126mm/mes); en enero, febrero y julio se insinúan deficiencias hídricas pequeñas, las cuales son favorables para el proceso de floración (antesis) que ocurre hacia esas épocas (Figura 9B).

En un año muy lluvioso- probabilidad de lluvia del 25%- los suelos permanecen sobresaturados a través de todo el año y sus excesos hídricos alcanzan los 1.762mm anuales. En los períodos marzo-junio y septiembre-diciembre, los excesos de agua oscilan entre 122 y 250mm/mes, mientras que en enero-febrero y julio-agosto están entre 77 y 106mm/mes (Figura 9C).

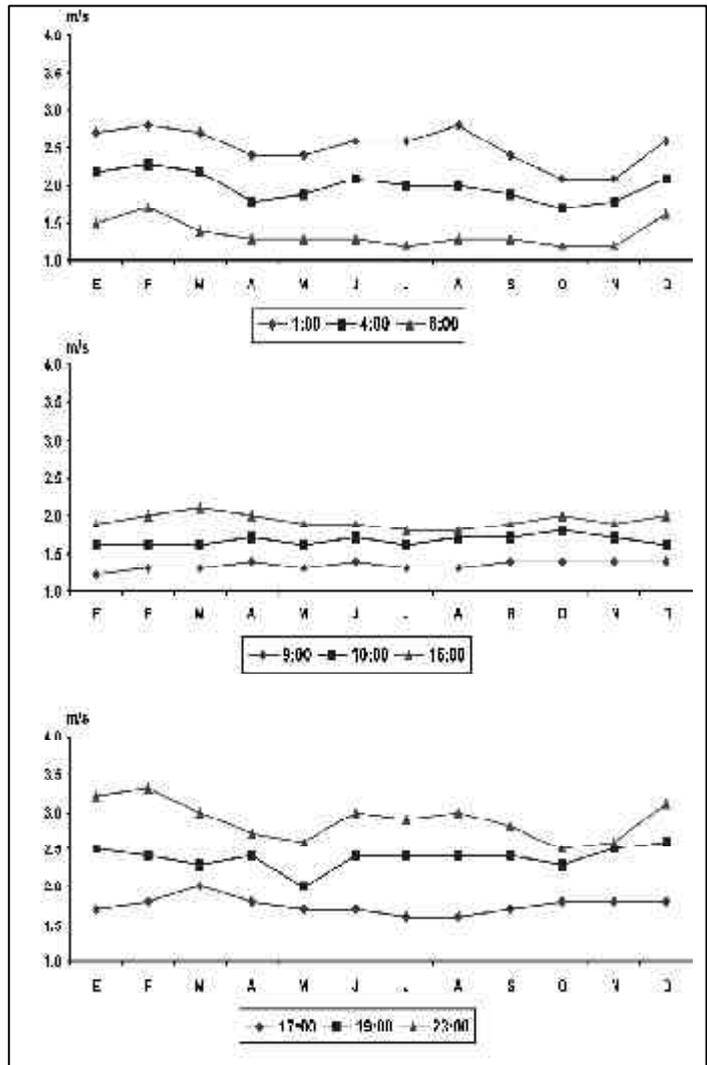
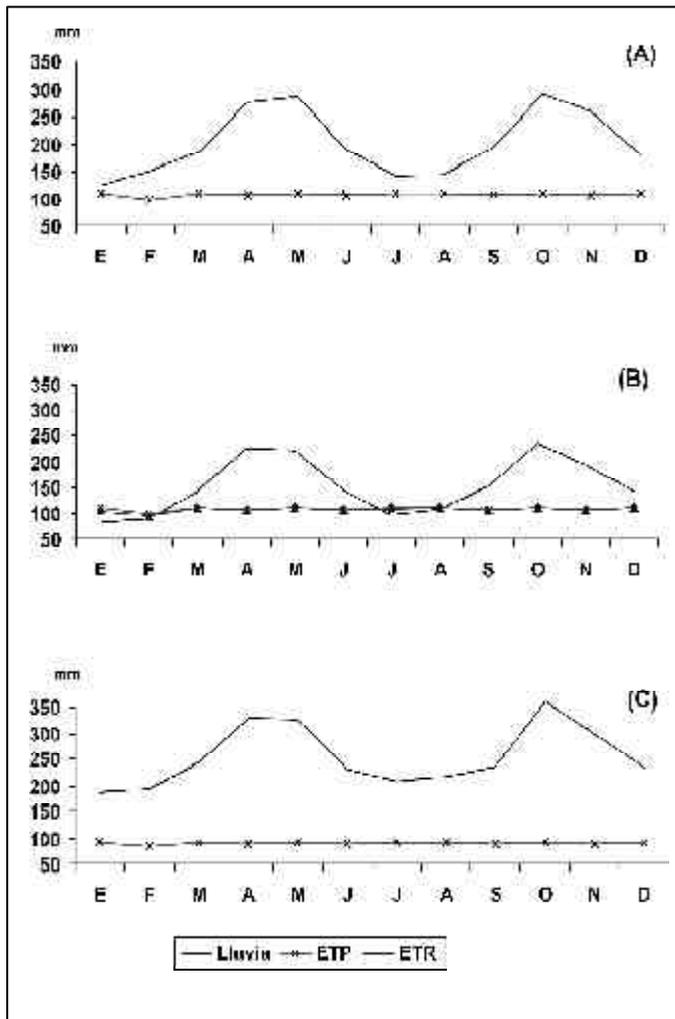


FIGURA 8. Distribución media mensual de la velocidad horaria del viento enCenicafé (1983-1993).

Los resultados de los balances hídricos indican que el alto régimen pluviométrico y su distribución temporal mantiene los suelos a su máxima capacidad de retención de agua en todos los meses en años normales o en los muy lluviosos, y aún en aquellos años con tendencia a presentar menor lluvia logra sostener un remanente de agua en el suelo en los meses de menor precipitación.



**FIGURA 9.** Balance hídrico con diferentes niveles de probabilidad de lluvia: 50% (A), 75% (B) y 25% (C) en Cenicafé.

En el área de estudio, la cantidad de lluvia disponible permite mantener una buena humedad en los suelos para que la actividad agrícola ya establecida sea viable durante todo el año. No obstante, la siembra de los cultivos es conveniente que se realice al comienzo de los períodos lluviosos, es decir, en marzo y septiembre, meses en los cuales existe una probabilidad del 95% de que la lluvia supere los 80mm. Con esta práctica se asegura que los requerimientos hídricos en la etapa de es-

tablecimiento del cultivo sean suplidos satisfactoriamente por la lluvia de los tres meses siguientes a la siembra y se disminuye el efecto negativo que puedan tener los probables faltantes de agua en los períodos enero-febrero y julio-agosto.

El comportamiento anual del cultivo del café está en función de la distribución de la lluvia a través del año. Esta interacción, en condiciones normales, facilita que el cafeto en esta localidad registre la mayor concentración de las floraciones entre el 15 de febrero y el 15 de marzo y del 15 de agosto al 15 de septiembre. La primera floración conduce a recolectar cerca del 80% del grano en el segundo semestre (cosecha principal) y la segunda produce alrededor del 20% en el primer semestre (cosecha secundaria o de mitaca) del año siguiente (3) (Figura 10). Es de anotar que estas cifras son relativas y pueden modificarse en parte debido a las variaciones de la lluvia año a año, y que además, se recolecta grano en pequeñas proporciones a través de todo el año por encontrarse la zona dentro del ecuador fenológico (49, 51).

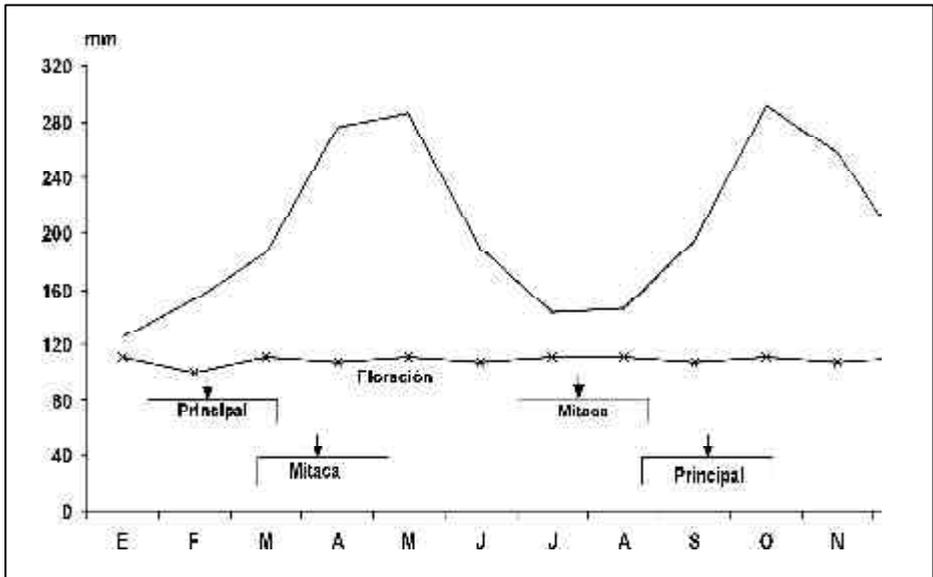
En la Figura 11, correspondiente a un año seco (lluvia del 75% de probabilidad), se aprecia que las diferentes etapas fenológicas del café (5) pueden desarrollarse en forma normal ya que la lluvia supliría la demanda de agua del cultivo y que el período de crecimiento del fruto más sensible a una de-

ficiencia de agua (semana 6 a 16 después de la floración) encuentra suficiente humedad en el suelo (4). Lo anterior, permite concluir que en esta zona no es necesario adelantar la aplicación de riego suplementario en ninguna época del año.

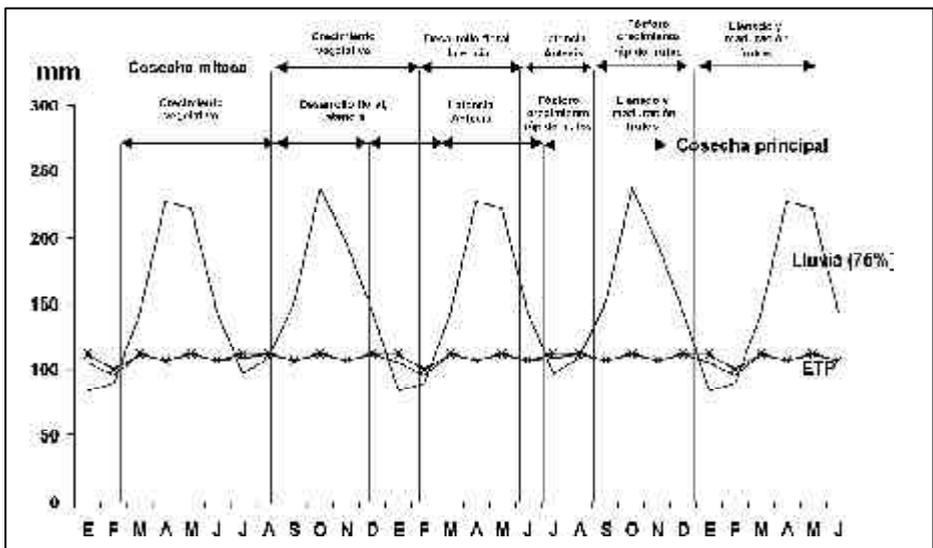
Sin embargo, no se puede desconocer que como producto de un Fenómeno Cálido del

Pacífico extremo ocurra un faltante de agua en la etapa de desarrollo del fruto que conduzca a una reducción de los rendimientos finales, situación que se presentó recientemente en el año de 1997 (14, 31). Igualmente, hay que considerar que un Fenómeno Frío del Pacífico («La Niña») que se caracteriza por incrementar en forma importante la lluvia en la mayor parte de la zona cafetera

**Figura 10.** Balance hídrico y épocas normales de floración y cosecha del café en Cenicafé



**Figura 11.** Disponibilidad hídrica y fases vegetativa y reproductiva de *Coffea arabica* L. en Cenicafé (Adaptado de Arcila, 5).



colombiana, origine condiciones poco favorables para el proceso de floración y también pueda resultar en una disminución de la cosecha (26).

## LITERATURA CITADA

1. ALÈGRE, G. Climate et caféiers d'Arabie. L'Agronomie Tropicale 14: 23-58. 1959.
2. ALVIM, P. DET. Factors affecting flowering of coffee. Indian Coffee 41: 218-224. 1977.
3. ARCILA P., J. Registros de floración y cuajamiento. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de la Disciplina de Fisiología Vegetal Octubre 1994-Septiembre 1995. Chinchiná, Cenicafe, 1995. p. 2-17.
4. ARCILA P., J. Desarrollo reproductivo del cafeto. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Tecnología del cultivo del café. Chinchiná, Cenicafe, 1987. p. 88-96.
5. ARCILA, P.J. El proceso productivo de la planta de café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Teconología del cultivo de café. Chinchiná, Cenicafe, 1988. p. 97-108
6. BORBÓN, M.O. Estudio de la velocidad de desarrollo de *Hypothenemus hampei* en función de la temperatura. In: Taller Regional sobre la Broca del Fruto del Cafeto, 4. San Salvador, Octubre 9-12, 1990. Resúmenes. San José, PROMECAFE, 1990.
7. BORBÓN, M.O. Influencia de la temperatura sobre la multiplicación y desarrollo de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem y su impacto en el campo y laboratorio sobre *Hypothenemus hampei* Ferrari en Togo. In: Taller Regional sobre la Broca del Fruto del Cafeto del Cafeto, 4. San Salvador, Octubre 9-12, 1990. Resúmenes. San José, PROMECAFE, 1990.
8. CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. Agrometeorology of the coffee crop. Geneva. World Meteorological Organization, 1994. 43p.
9. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. El comportamiento de la broca del café en las plantaciones. Brocarta No 33: 1-2. 1998.
10. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. La broca del café y su relación con los fenómenos climáticos. Brocarta No 34: 1-2. 1998.
11. DEFANT, F. Local winds. In. AMERICAN METEOROLOGY SOCIETY. Compendium of meteorology. Boston, American Meteorological Society, 1951. p. 655-672.
12. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Archivos meteorológicos. Disciplina de Agroclimatología. Chinchiná, Cenicafe, 1942-1993.
13. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FEDERACAFÉ. BOGOTÁ. COLOMBIA. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del departamento de Caldas. Bogotá, FEDERACAFE, 1982. 309p.
14. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FEDERACAFÉ. BOGOTÁ. COLOMBIA. Un buen balance en 1977. Notas Cafeteras No 179: 1-4. 1998
15. FUESS, R. Anemocinémógrafo universal. Berlín, R. Fuess, 1968. 12p.
16. GÓMEZ G., L. Película de agua sobre las hojas de los cafetos. Cenicafe 35(4): 94-101. 1985.
17. GÓMEZ G., L.; JARAMILLO R., A. El clima de la zona cafetera colombiana y su relación con el cultivo del café. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. 50 Años de Cenicafe 1938-1988. Conferencias conmemorativas. Chinchiná, Cenicafe, 1990. p. 23-32.
18. GÓMEZ G., L.; CABALLEROR., A., BALDIÓN R., J.V. Ecotopos cafeteros de Colombia. Bogotá, FEDERACAFÉ, 1991. 136p.
19. GÓMEZ G., L. Características de las lluvias de la zona cafetera colombiana. Bogotá, FEDERACAFÉ, 1995. 150p.

20. GUZMÁN M., O.; GÓMEZ G., L. Permanencia del agua libre sobre las hojas del cafeto. *Cenicafé* 36(3): 89-102. 1985.
21. GUZMÁN M., O.; SIMBAQUEVA, O.; CHAVES C., B.; GÓMEZ G., L. Estimación de la radiación solar global y el brillo solar en el límite de la atmósfera. *Cenicafé* 43(2): 61-65. 1992.
22. GUZMÁN M., O.; GÓMEZ G., L. Informe final del estudio de vientos de superficie en la zona cafetera colombiana. Chinchiná, *Cenicafé*, 1991. 138 p.
23. GUZMÁN M., O.; GÓMEZ G., L. Caracterización del brillo solar en Chinchiná, Caldas. *Cenicafé* 48(1): 26-39. 1997.
24. GUZMÁN M., O.; BALDIÓN R., J.V. El evento cálido del Pacífico en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 48(3): 141-155. 1997.
25. GUZMÁN M., O.; GÓMEZ G., L. La radiación solar global en Chinchiná, Caldas. *Cenicafé* 49(1): 30-43. 1998.
26. GUZMÁN M., O.; BALDIÓN R., J.V. La zona cafetera colombiana y el fenómeno frío del Pacífico. Chinchiná, *Cenicafé*, 1998. 13 p.
27. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Diccionario geográfico de Colombia. Santafé de Bogotá, IGAC, 1971. 2 Vols.
28. JARAMILLOR., Á. Características climáticas de la zona cafetera. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Tecnología del cultivo de café. Chinchiná, *Cenicafé*, 1987. p. 7-55.
29. JARAMILLOR., Á. Relación entre la evaporación y los elementos climáticos. *Cenicafé* 40(3): 86-94. 1989.
30. JARAMILLOR., Á.; KOGSON Q., J.F. Características de las lluvias máximas en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 45(1): 25-34. 1994.
31. KUMAR, D.; TIESZEN, L.L. Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effects of light and temperature. *Experimental Agriculture* 16: 13-19. 1980.
32. JARAMILLOR., Á.; BALDIÓN R., J.V.; GUZMÁN M., O. El evento cálido del Pacífico y el cultivo del café. *Innovación y Ciencia* 7(1): 16-18. 1998.
33. LASSO, E. L. Distribución de la evapotranspiración potencial con el método de Penman para el territorio colombiano. Santafé de Bogotá, Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, 1986. 86 p.
34. LÓPEZ R., J.C.; RIAÑO H., N.M.; LÓPEZ F., Y. Efecto de la altitud sobre el comportamiento fotosintético de la hoja del cafeto *Coffea arabica* L. cv. Colombia. Chinchiná, *Cenicafé*, 1999. 8 p.
35. MOTA, F.S. DA Meteorología agrícola. Sao Paulo, Librería Nobel, 1975. 376 p.
36. MULLER, M.J. Selected climatic data for a global set of standard stations for vegetation science. The Hague, W. Junk Publishers, 1982. 306 p.
37. NIEUWOLT, S. Tropical climatology. London, Wiley, 1977. 207 p.
38. NUTMAN, F.J.; ROBERTS, F.M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk & Br. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 27-48. 1963.
39. NUTMAN, F.J.; ROBERTS, F.M. Investigations on a disease of *Coffea arabica* caused by a form of *Colletotrichum coffeanum* Noack. II. Some factors affecting germination and infection, and their relation to disease distribution. *Transactions of the British Mycological Society* 43: 289-373. 1959
40. SAS INSTITUTE INC. Sas user's guide. Statistics. 5. ed. Cary, Sas Institute Inc., 1985. 1029 p.
41. SUÁREZ DE C., F. Distribución de las raíces del cafeto en un suelo franco limoso. *Boletín Técnico Cenicafé* 1(12): 5-28. 1953.
42. SUÁREZ S., J.V.; GÓMEZ G., L. Clasificación climática de una zona central colombiana (Caldas, Risaralda, Quindío). *Cenicafé* 19(1): 3-17. 1968.
43. SUÁREZ S., J.V. Precipitaciones máximas de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 26(4): 172-186. 1975.
44. SUÁREZ V., S. Caracterización física de los suelos de la zona cafetera. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de labores 1990-1991. Disciplina de Química Agrícola. Chinchiná, *Cenicafé*, 1991. 19 p.
45. THE EPPLEY LABORATORY. NEWPORT. ESTADOS UNIDOS. Standardization of Eppley precision pyranometer. Newport, 1980. 2 p.

46. THE EPPLLEY LABORATORY. NEWPORT. ESTADOS UNIDOS. Standardization of Eppley black and white pyranometer. Newport, 1980. 2p.
47. TROJER, H. El tiempo reinante en Colombia. Boletín Técnico Cenicafé 2(13): 1-43. 1954.
48. TROJER, H. El ambiente climatológico y el cultivo del café en Colombia. Boletín Informativo 5(57): 22-37. 1954.
49. TROJER, H. Fundamentos para una zonificación meteorológica y climatológica del trópico y especialmente de Colombia. Cenicafé 10(8): 289-373. 1959.
50. TROJER, H. The phenological equator for coffee planting in Colombia. In: AGROMETEOROLOGICAL Methods Proceedings of the Reading Symposium. Paris, Unesco, 1968. Vol. 7. p. 78-101
51. VILLANUEVA, A.; BURGOS C, W.L. Fluctuación poblacional de la broca del grano de café (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) en un gradiente altitudinal en la región del Soconusco, Chis. In: TALLER Regional de Broca, 3. Antigua, abril 3-7, 1989. Guatemala, IICA, 1990. p. 35-43.
51. WILH LAMBRECHT GMBH. GOTTINGEN. Alemania. Lambrecht Measuring Instruments: Short form catalogue. Gottingen, Wilth Lambrecht Gmbh, 5f. p.39.
52. YAMAGUCHI, T.; FRIEND, D.C.J. Effect of leaf age and irradiance on photosynthesis of *Coffea arabica*. Photosynthetica 13: 271-278. 1979.