

# EL CLIMA DE LA ESTACIÓN CENTRAL NARANJAL EN CHINCHINÁ, CALDAS, COLOMBIA

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

---

## RESUMEN

**BALDIÓN R., J.V.; GUZMÁN M., O. El clima de la estación central Naranjal en Chinchiná, Caldas, Colombia. Cenicafé 49(4): 290-307. 1998.**

Se analizaron los principales componentes del clima, derivados de los registros climáticos de la estación meteorológica localizada así: 04°59' N, 75°39' W y una altitud de 1.400m. La lluvia anual es de 2.656 mm, con distribución bimodal en dos épocas lluviosas (abril-mayo; octubre-noviembre) y dos de lluvias menores (enero-febrero; julio-agosto). La lluvia nocturna es el 72% del total. La temperatura media anual es de 20,8 °C sin mayor variación estacional y oscilaciones diarias de 18,0°C. Las medias anuales de las temperaturas mínima y máxima son: 16,4°C y 26,8°C, respectivamente. Hay 1817 horas de sol al año que corresponden al 41% del máximo teórico posible. La diferencia entre el día más largo y el más corto es menor de 35 minutos. La humedad relativa media fluctúa entre 76 y 81% y se obtienen condiciones diarias de saturación (> 95%), en las horas nocturnas. Los vientos diurnos soplan con mayor frecuencia del noroeste (NW) de la parte baja del valle y en la noche provienen del sureste (SE). La velocidad media del viento es baja, alrededor de 1,3m/s. Ocasionalmente se presentan ráfagas fuertes. Según la disponibilidad hídrica y la ocurrencia de épocas más secas se registran dos cosechas de café al año: la principal entre octubre y noviembre; la secundaria o de mitaca entre abril y mayo. La oferta ambiental permite una caficultura a plena exposición solar, altas densidades de siembra y no se requiere de riego en ninguna época del año.

**Palabras claves:** Colombia, zona cafetera, clima, disponibilidad hídrica.

---

## ABSTRACT

From climatic records of the meteorological station located at 04°59' N, 75°39' W, and an altitude of 1.400m, the main components of climate were analyzed. Annual rainfall is 2.656mm, and bimodally distributed with two major rainfall peaks (April-May; October-November) and two minor ones (January-February; July-August). Night rainfall is 72% of the total. Mean annual temperature is 20,8°C without major seasonal variations and with daily oscillations of 18°C. Annual mean minimum and maximum temperatures are 16,4°C and 26,8°C, respectively. There are 1817 hours of sunlight during the year, which correspond to 41% of the theoretical maximum. The difference between the shortest and the longest day is less than 35 minutes. Mean relative humidity ranges from 76 to 81% and saturation (95%) conditions are observed at night. Day winds blow most frequently from NW from the low part of the valley, and at night they blow from the SE. Mean wind velocity is low, near 1,3 m/s. Occasionally, there are strong gusts. According to water availability and the occurrence of drier seasons there are two harvests during the year: the main harvest (October-November) and the secondary harvest or "mitaca" (April-May). Environmental supply allows coffee cultivation to be fully exposed to sunlight, under high plant densities, and no irrigation is required throughout the year.

**Keywords:** Colombia, coffee-growing zone, climate, water availability.

---

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

La Estación Central Naranjal, lugar donde se realiza gran parte de la investigación del Centro Nacional de Investigaciones de Café "Pedro Uribe Mejía", Cenicafé, está ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera Central, en el municipio de Chinchiná (Caldas, Colombia) a 13km de su cabecera municipal por la vía que conduce a la localidad de Marsella (departamento de Risaralda).

Su posición en la cuenca del río Campoalegre está afectada por un ambiente cálido procedente del valle del río Cauca (800m) y el frío del Nevado del Ruíz (5.400m). Esta situación permite el desarrollo de circulaciones locales (valle-montaña-valle) que actúan sobre el comportamiento de los distintos elementos del clima. A lo anterior se une la influencia de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), que se manifiesta en la distribución bimodal de la lluvia.

La estación experimental, con una extensión de 95,8 hectáreas, se localiza sobre una terraza disectada, donde por fisiografía se distingue una parte plana (pendientes de 0 a 12%) equivalente al 56% del área y una parte en pendiente (12 a 75%) que representa el área restante.

Los suelos que tienen como material parental las cenizas volcánicas, se clasifican taxonómicamente en *Acrudoxic melanudans* y por su aptitud de uso como unidad Chinchiná. Estos suelos aparecen en gran porcentaje de la zona cafetera y por sus excelentes características físico-químicas, se consideran dentro de los más productivos (28).

La investigación en este lugar se inició hacia el año 1945 y los resultados obtenidos, han contribuido a la tecnificación de la caficultura en todo el país y por ello, se hace necesario conocer en forma integrada la oferta ambiental allí existente.

En la zona cafetera se han realizado varios estudios en los cuales se incluye información de

uno o más elementos del clima de Naranjal tales como lluvias máximas (21, 27), lluvia, temperatura, vientos y radiación (9, 14, 19), evaporación (20) y brillo y radiación solar (15, 17).

Se buscó con esta investigación, analizar a través de las series históricas el comportamiento de las diferentes variables climáticas e igualmente, determinar con base en el tipo de suelo predominante la disponibilidad hídrica para el cultivo del café en la zona de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La Estación Central Naranjal se encuentra ubicada en el ecotopo 206A (10) y allí está instalada la estación climatológica principal Naranjal, la cual tiene por coordenadas geográficas 04° 59' de latitud norte, 75° 39' de longitud oeste y una altura de 1400m sobre el nivel del mar.

**Información utilizada.** Se seleccionaron de la estación climatológica principal Naranjal a nivel diario, mensual y anual, los registros de lluvia (1951-1993), temperaturas medias y extremas medias (1957-1993), brillo solar (1956-1993) y humedad relativa (1956-1993) (3). El análisis de estas series se efectuó con el programa estadístico SAS (24). Se exploró su normalidad y para el cálculo de las probabilidades se utilizó su respectiva función de densidad. El método empírico o de ordenamiento de los datos se empleó para las series que no aparecieron como normales (5). Los niveles probabilísticos de igualdad o excedencia seleccionados fueron del 25% (1 de cada 4 años), 50% (2 de cada 4 años), 75% (3 de cada 4 años) y 95% del tiempo. En el caso de la lluvia se consideró, adicionalmente, el número de días con lluvia con cantidades de 0,1mm, que corresponde a la precisión máxima del aparato

registrador y a su vez, al patrón meteorológico mundial de un día con lluvia, 3,0 y 5,0mm por día cuyos volúmenes permiten la presencia de agua libre en el follaje de la planta de café (8, 11). Los valores de dirección y ráfagas de los vientos se tomaron de un estudio anterior (14) y la velocidad del viento medida en un anemocinógrafo tipo universal (6) se examinó cada hora para el período 1988-1993.

El cálculo del balance hídrico se realizó con la metodología propuesta por Thornthwaite y Mather, citados por Mota (23), tomando la lluvia con tres niveles de probabilidad: del 25% para un año lluvioso, 50% un año normal y 75% un año seco. La evapotranspiración potencial se calculó con la fórmula de García y López (7). La capacidad de retención de los suelos se determinó con base en los resultados obtenidos por Suárez (28). El agua disponible se consideró entre 1/3 y 15 atmósferas y la profundidad del suelo se tomó hasta 50cm, profundidad en la cual se encuentra la mayor proporción de raíces del cafeto (25).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

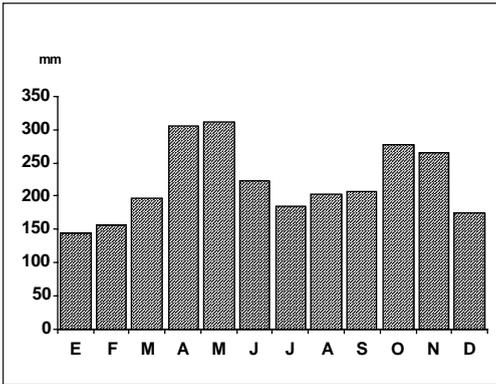
**Lluvia.** El régimen de lluvias es de tipo bimodal; los meses más lluviosos se localizan en abril-

mayo y en octubre-noviembre con cantidades que varían entre 266 y 313mm. Las épocas de menores lluvias van de diciembre a febrero (145 a 175mm) y de julio a agosto (184 a 203mm). En los meses de transición (marzo, junio y septiembre) entre las temporadas secas y húmedas de principios y mediados del año, la lluvia presenta valores de 198 mm en marzo, 223 mm en junio y 207 mm en septiembre. Anualmente se reciben en el área 2656mm, de los cuales caen cerca del 72% en la noche (1924mm) y el resto durante la jornada diurna, situación que también se observa con algunas variaciones pequeñas en los diferentes meses a través del año. Mensualmente, la lluvia nocturna representa entre el 67 y 83% del total y sus valores oscilan de 112mm en enero-febrero a 216mm en abril-mayo. Durante el período diurno, la lluvia registra valores de 29mm en julio y 95mm en mayo, y la distribución porcentual varía entre el 17 y 33% del total por mes (Tabla 1, Figuras 1 y 2).

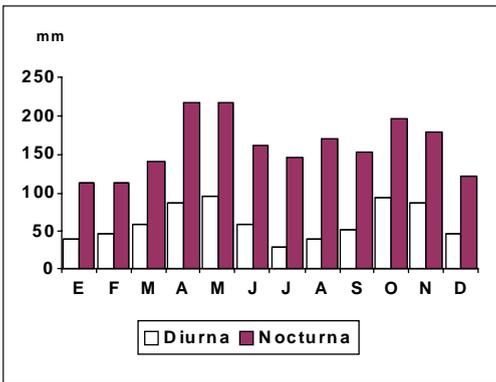
No obstante que en el primer semestre se presentan los meses menos lluviosos (enero-febrero), la distribución porcentual de la lluvia por semestres es prácticamente igual (50,5% aporta el primero y 49,5% el segundo). El período marzo-mayo contribuye con 30,9% y el de septiembre-noviembre con 28,3% (Tabla 1).

**TABLA 1.** Promedios mensuales de lluvia y de días con lluvia en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1951-1993). Chinchiná, Caldas.

ELEMENTO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Lluvia (mm)	145	157	198	307	313	223	184	203	207	278	266	175	2656
Lluvia (%)	5,5	5,9	7,5	11,6	11,8	8,4	6,9	7,7	7,8	10,5	10,0	6,6	100
Promedio días con lluvia $\geq 0,1$ mm	17	16	19	24	25	22	19	19	21	25	23	19	249
Promedio días con lluvia $\geq 3,0$ mm	10	9	12	15	16	13	11	11	12	17	15	11	152
Promedio días con lluvia $\geq 5,0$ mm	8	7	10	13	14	11	9	9	10	14	13	9	127
Lluvia diurna (mm)	40	46	58	87	95	59	29	39	52	94	87	76	732
Lluvia nocturna (mm)	112	112	141	216	216	162	145	171	153	196	178	122	1924



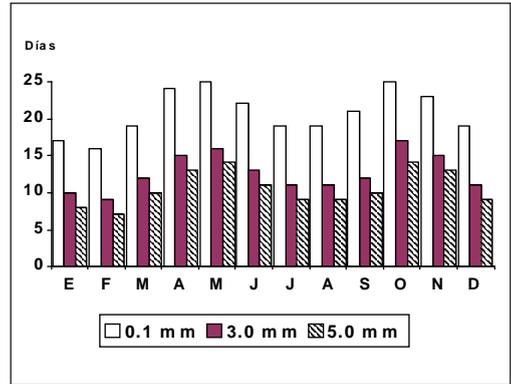
**Figura 1.** Distribución media mensual de la lluvia en Naranjal (1951-1993). Chinchiná, Caldas.



**Figura 2.** Distribución media mensual de la lluvia diurna y nocturna en Naranjal (1951-1993). Chinchiná, Caldas.

El número de días con lluvia de  $\geq 0,1$ mm llega a 249 en el año, es decir, cubre un 68% del tiempo y los extremos ocurren en enero-febrero con 16-17 días, y en los meses de mayo y octubre con 25 días. El correspondiente a lluvias de  $\geq 3,0$ mm se rebaja a 152 (42% del total) y tiene fluctuaciones de 9-10 días en enero-febrero y 17 días en octubre. Así mismo, se presentan anualmente 127 días (35% del tiempo) con lluvias de  $\geq 5,0$  mm y variaciones de 7-8 días y 14 días en los mismos meses antes mencionados (Tabla 1, Figura 3).

Las máximas cantidades de lluvia mensual ocurrieron en octubre de 1956 y 1987, con



**Figura 3.** Distribución media mensual de los días con lluvia mayor o igual a 0,1; 3,0 y 5,0 mm en Naranjal (1951-1993). Chinchiná, Caldas.

valores de 568 y 554mm, las cuales superaron los valores históricos en 104 y 99%, respectivamente. Por el contrario, los meses de febrero de 1973 con 22mm y agosto de 1953 con 26mm, han sido los más secos de toda la serie y sólo alcanzaron el 14 y el 13% de sus respectivos promedios mensuales. Los años más lluviosos se registraron en 1971 con 3552mm y 1975 con 3404mm que excedieron el promedio anual en 34% (896mm) y 28% (748mm) en su orden, y coinciden con situaciones climáticas como el “Evento frío del Pacífico” (18). Los valores totales anuales más bajos se situaron en los años de 1969 y 1992 con 2179 y 2174mm, que fueron inferiores en un 18% en relación con el promedio histórico. Estos totales anuales y mensuales de notable disminución de la lluvia han coincidido con la presentación de episodios del fenómeno climático denominado “Evento cálido del Pacífico” - Oscilación del Sur (16). Los volúmenes máximos de lluvia diaria (24 horas) registrados en la serie, corresponden a 100mm el 10 de abril de 1976 y 93mm el 23 de junio de 1977.

En la Tabla 2 se condensan algunos de los atributos estadísticos de la lluvia. Los datos mensuales y anuales se ajustaron a una distribución normal luego de remover los valores extremos ocasionales. Se aprecia de allí que los

**TABLA 2.** Estadística descriptiva de la lluvia mensual y anual con cuatro niveles de probabilidad en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1951-1993). Chinchiná, Caldas.

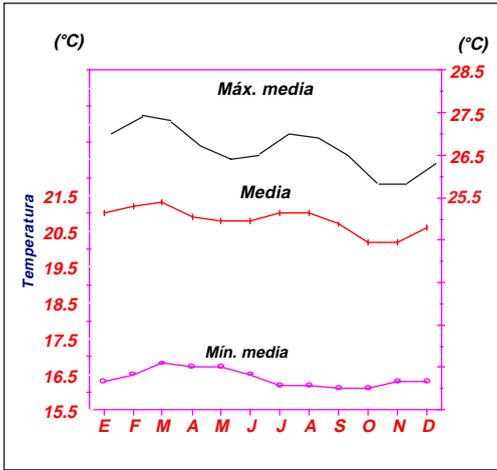
Mes	media (mm)	Desviación típica (mm)	Coeficiente variación (%)	Probabilidad lluvia (mm)			
				25%	50%	75%	95%
Enero	145	64	44	189	145	102	39
Febrero	157	79	50	210	157	109	28
Marzo	198	64	32	241	198	155	93
Abril	307	77	25	357	307	255	181
Mayo	313	81	26	368	313	258	179
Junio	223	74	33	273	223	173	101
Julio	184	83	45	240	184	128	48
Agosto	203	101	50	271	203	135	37
Septiembre	207	64	31	250	207	164	102
Octubre	278	74	26	328	278	228	157
Noviembre	266	75	28	317	266	215	143
Diciembre	175	63	36	218	175	133	71
<b>ANUAL</b>	<b>2656</b>	<b>317</b>	<b>12</b>	<b>2860</b>	<b>2646</b>	<b>2432</b>	<b>2124</b>

coeficientes de variación más altos, entre 44 y 50% ocurren en los meses secos: enero-febrero y julio-agosto, como producto de una alternancia de meses con cantidades altas y bajas de lluvia. Las probabilidades consideran que una cantidad de lluvia dada sea igualada o superada en un número determinado de años; es así como en el mes de febrero se espera que la precipitación sea de 210mm o más, con una probabilidad del 25% (uno de cada 4 años), 109mm o más en un 75% (3 de cada 4 años) y 28mm o más, en un 95% del tiempo. En esta zona se espera recibir al año como mínimo, 2124mm de lluvia, con una seguridad del 95%.

**Temperatura.** La temperatura media anual del área es de 20,8°C. El mes más caliente del año

es marzo, cuando se alcanzan valores de 21,3°C y los más fríos los meses de octubre y noviembre con 20,2°C; se registra por tanto una variación estacional pequeña de 1,1°C. Las variaciones diarias son notables y pueden alcanzar los 18,0°C.

Las temperaturas medias más altas se presentan en las épocas de menores lluvias: de enero a marzo (21,0 a 21,3°C) y de julio a agosto (21,0°C) en tanto que las más bajas se localizan en los períodos lluviosos de abril y mayo (20,8 a 20,9°C) y octubre-noviembre (20,2°C) (Figura 4). El primer período lluvioso es más caliente que el segundo, a raíz de la influencia que ejercen sobre aquel los meses de enero a marzo, que son los más cálidos y secos



**Figura 4.** Distribución de las temperaturas medias en Naranjal (1957-1993). Chinchiná, Caldas.

del año. La temperatura media diaria más baja se presentó el 28 de julio de 1959 con 15,9°C y la más alta el día 27 de febrero de 1987 con 25,4°C. Las temperaturas del primer semestre son superiores a las del segundo en cerca de 0,5°C.

Los registros de temperatura siguieron la distribución normal y en la Tabla 3 se resumen sus principales características estadísticas. Se destaca de allí que los coeficientes de variación considerados, mensualmente, son bajos y varían entre 2 y 4%, y las desviaciones típicas no son superiores a 0,8°C. La interpretación de las probabilidades es semejante a la dada para la lluvia y se tiene a manera de ilustración que en el mes de mayo se espera la ocurrencia de valores de temperatura media iguales o mayores de 21,1; 20,8; 20,5 y 20,0°C con probabilidades de 25, 50, 75 y 95%. Para los meses de octubre y noviembre, los más fríos, solo hay una probabilidad baja, del 5%, de que la temperatura sea inferior a 19,5°C.

Las temperaturas mínima y máxima medias anuales alcanzan valores de 16,4 y 26,8°C, respectivamente y como en el caso de la temperatura media, tienen ligeras fluctuaciones estacionales de 0,7°C y 1,6°C. Las temperaturas mínimas medias más bajas de 16,1°C se registran en los meses de septiembre-octubre, los cuales hacen parte de la segunda temporada

**TABLA 3.** Estadística descriptiva de la temperatura media con cuatro niveles de probabilidad en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1957 - 1993). Chinchiná, Caldas.

Mes	Media (°C)	Desviación Típica (°C)	CV (%)	Intervalo de confianza (°C)		Probabilidad de temperatura (°C)			
				mínimo	máximo	25%	50%	75%	95%
Enero	21,0	0,8	4	20,7	21,2	21,5	21,0	20,5	19,7
Febrero	21,2	0,8	4	20,9	21,5	21,7	21,2	20,7	19,9
Marzo	21,3	0,7	3	21,0	21,5	21,8	21,3	20,8	20,2
Abril	20,9	0,6	3	20,7	21,1	21,3	20,9	20,5	19,9
Mayo	20,8	0,5	2	20,6	21,0	21,1	20,8	20,5	20,0
Junio	20,8	0,6	3	20,6	21,0	21,2	20,8	20,4	19,8
Julio	21,0	0,6	3	20,8	21,2	21,4	21,0	20,6	20,0
Agosto	21,0	0,6	3	20,8	21,2	21,4	21,0	20,6	20,0
Septiembre	20,7	0,6	3	20,6	20,9	21,1	20,7	20,3	19,7
Octubre	20,2	0,4	2	20,1	20,3	20,5	20,2	19,9	19,5
Noviembre	20,2	0,4	2	20,1	20,4	20,5	20,2	19,9	19,5
Diciembre	20,6	0,5	2	20,4	20,8	20,9	20,6	20,3	19,8
<b>ANUAL</b>	<b>20,8</b>	<b>0,4</b>	<b>2</b>	<b>20,7</b>	<b>20,9</b>	<b>21,1</b>	<b>20,8</b>	<b>20,5</b>	<b>20,5</b>

lluviosa del año. Por su parte, las temperaturas máximas medias más bajas se sitúan en las épocas lluviosas abril-mayo y octubre-noviembre con valores entre 26,0 y 26,9°C, en tanto que las más altas, entre 27,1 y 27,6°C, aparecen en las temporadas de menores lluvias de enero-marzo y julio-agosto (Figura 4).

Las características estadísticas de las temperaturas extremas medias se condensan en las Tablas 4 y 5. Las series se ajustaron a una distribución normal con desviaciones típicas pequeñas entre 0,4 y 1,3°C y coeficientes de variación de 2 a 5%. Es de anotar que en el mes de octubre, cuando se presentan las temperaturas mínimas y máximas medias más bajas de todo el año, se espera que ocurran valores iguales o superiores a 15,4 y 25,0°C con una probabilidad del 95%. La menor temperatura mínima absoluta hasta ahora registrada ha sido de 11,0°C el 16 de noviembre de 1963 y la máxima absoluta de 33,6°C el 3 de febrero de

1973. En la Tabla 6 se presentan los valores extremos para cada uno de los meses del año.

De acuerdo con los requerimientos térmicos (18-21°C) del café (Alègre, citado por Guzmán, 12), la zona es muy favorable para su cultivo y se encuentra libre de la ocurrencia de heladas por su localización altitudinal en la vertiente de la cordillera Central y su proximidad al ecuador geográfico.

Según la clasificación climática de Caldas y Lang, el área de estudio y su zona de influencia se define como un clima templado húmedo en donde la temperatura media anual oscila entre 17,5 y 21,0°C, la lluvia entre 2300 y 2800mm por año y una franja de altitud de 1300 a 1900 metros sobre el nivel del mar (26).

**Brillo solar mensual.** En el área se reciben en promedio 1817 horas de sol al año que equivalen a un 41% del máximo astronómicamente

**TABLA 4.** Estadística descriptiva de la temperatura mínima media con cuatro niveles de probabilidad en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1957-1993). Chinchiná, Caldas.

MES	MEDIA (°C)	DESVIACION TIPICA (°C)	COEFICIENTE VARIACION (%)	PROBABILIDAD TEMPERATURA (°C)			
				25%	50%	75%	95%
Enero	16,3	0,6	4	16,7	16,3	15,9	15,3
Febrero	16,5	0,6	4	16,9	16,5	16,1	15,5
Marzo	16,8	0,6	4	17,2	16,8	16,4	15,8
Abril	16,7	0,5	3	17,0	16,7	16,4	15,9
Mayo	16,7	0,5	3	17,0	16,7	16,4	15,9
Junio	16,5	0,5	3	16,8	16,5	16,2	15,7
Julio	16,2	0,5	3	16,5	16,2	15,9	15,4
Agosto	16,2	0,4	2	16,5	16,2	15,9	15,5
Septiembre	16,1	0,4	3	16,4	16,1	15,8	15,4
Octubre	16,1	0,4	3	16,4	16,1	15,8	15,4
Noviembre	16,3	0,5	3	16,6	16,3	16,0	15,5
Diciembre	16,3	0,4	3	16,6	16,3	16,0	15,6
<b>ANUAL</b>	16,4	0,4	2	16,7	16,4	16,1	15,7

**TABLA 5.** Estadística descriptiva de la temperatura máxima media con cuatro niveles de probabilidad en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1957 - 1993). Chinchiná, Caldas.

MES	MEDIA (°C)	DESVIACION TÍPICA (°C)	COEFICIENTE VARIACION (%)	PROBABILIDAD TEMPERATURA (°C)			
				25%	50%	75%	95%
Enero	27,2	1,2	4	28,0	27,2	26,4	25,2
Febrero	27,6	1,3	5	28,5	27,6	26,7	25,5
Marzo	27,5	1,0	4	28,2	27,5	26,8	25,9
Abril	26,9	0,6	2	27,3	26,9	26,5	25,4
Mayo	26,6	0,7	2	27,1	26,6	26,1	25,4
Junio	26,7	0,7	3	27,2	26,7	26,2	25,6
Julio	27,2	0,8	3	27,7	27,2	26,7	25,9
Agosto	27,1	0,8	3	27,6	27,1	26,6	25,8
Septiembre	26,7	0,9	3	27,3	26,7	26,1	25,2
Octubre	26,0	0,6	2	26,4	26,0	25,6	25,0
Noviembre	26,0	0,6	2	26,3	26,0	25,6	25,0
Diciembre	26,5	0,8	3	27,0	26,5	26,0	25,2
<b>ANUAL</b>	26,8	0,5	2	27,1	26,8	26,5	26,0

**TABLA 6.** Temperaturas mínima y máxima absolutas en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1957 - 1993). Chinchiná, Caldas.

MES	TEMPERATURA MINIMA (°C)	FECHA DIA/AÑO	TEMPERATURA MAXIMA (°C)	FECHA DIA/AÑO
Enero	11,9	21/74	32,4	29/73
Febrero	12,4	24/68	33,6	3/73
Marzo	13,7	22/67	32,8	4/73
Abril	12,9	21/67	32,5	6/58
Mayo	13,2	9/68	32,0	28/61
Junio	13,0	13/62	32,8	8/58
Julio	12,1	31/59	31,3	13/69
Agosto	13,0	1/59	31,3	28/77
Septiembre	12,2	2/75	31,6	18/76
Octubre	12,8	16/57	31,0	5/58
Noviembre	11,0	16/63	30,0	20/58
Diciembre	12,0	27/74	30,8	22/87

posible en esta latitud. La distribución del brillo solar es bimodal y opuesta a la precipitación, de tal forma que las épocas de menores lluvias, de diciembre a marzo y julio-agosto, registran las cantidades mayores de luminosidad, entre 160 y 184 horas y las menores ocurren en las temporadas lluviosas de abril-mayo y octubre-noviembre, con totales de 129 a 133 horas. Lo anterior se debe a que en los períodos secos la nubosidad diaria se reduce notablemente y permite una mayor recepción del brillo solar, en contraposición con los períodos lluviosos cuando la alta nubosidad presente disminuye el número de horas de sol efectivas.

La cantidad más alta de brillo solar se registró en el mes de enero de 1977 con 250 horas y la mínima en abril de 1984 con 84 horas, equivalentes al 68 y 23% del máximo posible, respectivamente.

En la Tabla 7 se compendian los aspectos estadísticos más sobresalientes del brillo solar mensual. Los datos pasaron la prueba de la distribución normal. Las desviaciones típicas fluctuaron de 19 a 33 horas mientras que los coeficientes de variación estuvieron entre 11 y 19%. De la tabla se puede deducir que para el mes de enero, el de mayor brillo solar, se espera que ocurran cantidades iguales o superiores a 207, 187, 162 y 130 horas con probabilidades de 25, 50, 75 y 95%, en su orden.

**Brillo solar diario.** Según el máximo brillo solar astronómicamente posible en esta latitud (04° 59' N), los días más largos se presentan de abril a agosto con longitudes entre 12,1 y 12,3 horas y los más cortos, de octubre a febrero con 11,7 a 11,9 horas. La mayor diferencia entre el día más largo (22 de junio) y el día más corto (22 de diciembre) es de 35 minutos y esta diferencia

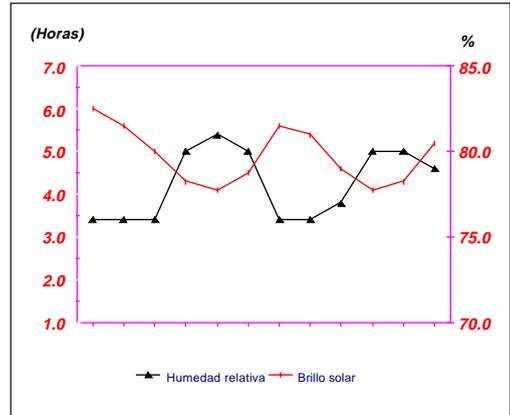
**TABLA 7.** Estadística descriptiva del brillo solar mensual con cuatro niveles de probabilidad en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1956 - 1993). Chinchiná, Caldas.

MES	MEDIA (horas)	DESVIACION TÍPICA (horas)	COEFICIENTE VARIACION (%)	PROBABILIDAD BRILLO SOLAR (horas)			
				25%	50%	75%	95%
Enero	184	33	18	207	187	162	130
Febrero	160	31	19	181	160	139	109
Marzo	156	19	12	169	156	144	126
Abril	131	25	19	147	136	114	90
Mayo	131	21	16	145	131	117	97
Junio	139	22	16	154	138	124	102
Julio	178	20	11	191	178	164	145
Agosto	172	25	15	189	172	155	131
Septiembre	143	24	17	159	143	127	104
Octubre	129	19	14	141	129	116	98
Noviembre	133	19	14	145	132	120	102
Diciembre	161	21	13	176	161	147	126
<b>ANUAL</b>	1817	160	9	1925	1817	1709	1553

tan pequeña está explicada por la cercanía del lugar al ecuador geográfico (13).

El número promedio de horas de sol diario registrado en la estación es de 4,9 con los extremos situados en enero (6,0 horas) y mayo, octubre (4,1 horas) (Figura 5). El régimen pluviométrico ejerce un control importante en la cantidad de brillo solar recibido por día, ya que los mayores valores ocurren en los meses de menores lluvias (enero-febrero), que no coinciden necesariamente con aquellos que tienen el mayor potencial astronómico (15).

El máximo valor de brillo solar se presentó el 11 de julio de 1977 con 11,6 horas, que alcanzan el 94% del máximo posible. Así mismo, cantidades por encima de las 10 horas pueden ocurrir en cualquier mes del año (15). En la Tabla 8 se ilustran los atributos estadísticos del brillo solar diario. Los registros no se ajustaron a la distribución normal; sus desviaciones típicas fueron altas, superiores a las 2



**Figura 5.** Distribución del brillo solar y la humedad relativa en Naranjal. Chinchiná, Caldas.

horas y los coeficientes de variación oscilaron entre 44 y 63%. Las probabilidades indican que por ejemplo, en el mes de octubre, se esperan totales diarios iguales o superiores a 5,8; 4,0; 2,1 y 0,2 horas del sol en 25, 50, 75 y 95% del tiempo, respectivamente.

**TABLA 8.** Estadística descriptiva del brillo solar diario con cuatro niveles de probabilidad en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1956 - 1993). Chinchiná, Caldas.

MES	MEDIA (horas)	DESVIACION TÍPICA (horas)	COEFICIENTE VARIACION (%)	PROBABILIDAD BRILLO SOLAR (horas)			
				25%	50%	75%	95%
Enero	6,0	2,6	44	8,1	6,3	4,3	0,9
Febrero	5,6	2,7	48	7,8	5,9	3,7	0,9
Marzo	5,0	2,8	56	7,5	5,4	3,2	0,2
Abril	4,3	2,7	63	6,2	4,2	2,1	0,1
Mayo	4,1	2,6	62	5,9	4,1	2,1	0,1
Junio	4,5	2,5	56	6,4	4,5	2,6	0,4
Julio	5,6	2,6	46	7,5	5,8	3,6	1,1
Agosto	5,4	2,6	48	7,4	5,6	3,4	1,3
Septiembre	4,6	2,6	56	6,6	4,5	2,7	0,4
Octubre	4,1	2,4	60	5,8	4,0	2,1	0,2
Noviembre	4,3	2,5	58	6,1	4,3	2,4	0,3
Diciembre	5,2	2,7	51	7,3	5,5	3,1	0,4
<b>ANUAL</b>	<b>4,9</b>	<b>2,7</b>	<b>55</b>				

**Humedad relativa.** El promedio anual es de 78% y tiene una pequeña oscilación estacional que no excede el 5%. Sin embargo, las fluctuaciones en el día son grandes, desde valores cercanos a la saturación (95%) en las horas nocturnas hasta descensos alrededor de un 40% después del mediodía, durante días soleados. La humedad relativa muestra a través del año un comportamiento similar a la lluvia, de manera que en los dos períodos lluviosos de abril-mayo y octubre-noviembre registra las cantidades más altas cercanas al 80% y las más bajas se localizan en las épocas de menores lluvias de enero-marzo y julio-agosto con 76% (Figura 5). Los registros mensuales mínimos medios han alcanzado un 63% y los máximos el 85%. El valor diario más bajo de 53% se presentó el 8 de marzo de 1977.

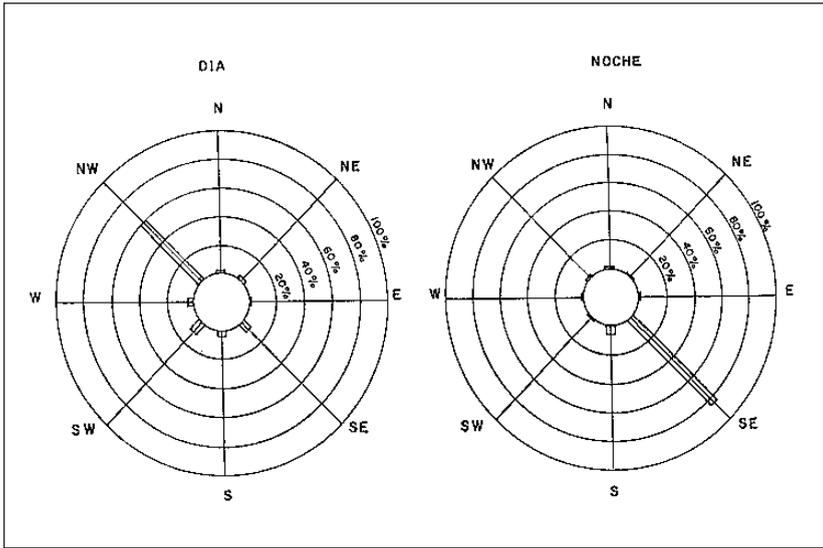
En la Tabla 9 aparecen los aspectos estadísticos más destacados de la humedad relativa. Se aprecia de allí que las desviaciones típicas son pequeñas, inferiores al 5%, y que sus coeficien-

tes de variación fluctúan entre 2 y 5%. La serie se ajustó a una distribución de tipo normal y las probabilidades indican, por ejemplo, que en el mes de enero se pueden esperar valores iguales o mayores al 79, 76, 74 y 70% en un 25, 50, 75 y 95% del tiempo.

**Dirección, velocidad y rafagosidad del viento.** En la Figura 6 se ilustra la dirección de los vientos durante el año. En el día (07:00-19:00 horas) los vientos vienen de la parte baja del río Cauca, del noroeste, NW, con una frecuencia media anual de 59%. Mensualmente las frecuencias varían de 61 a 69% en las épocas de menores lluvias y de 52 a 58% en los períodos lluviosos. Esta situación es favorecida por la orientación de la cuenca del río Campoalegre, NW-SE, en donde se localiza la estación climatológica. Otras direcciones se registran del suroeste, SW, en un 10% y sureste, SE, en un 8%, principalmente. Las calmas (ausencia de viento) solo representan el 0,2%.

**TABLA 9.** Estadística descriptiva de la humedad relativa con cuatro niveles de probabilidad en la Estación Central Naranjal de Cenicafé (1956 - 1993). Chinchiná, Caldas.

MES	MEDIA (%)	DESVIACION TIPICA (%)	COEFICIENTE VARIACION (%)	PROBABILIDAD HUMEDAD RELATIVA (%)			
				25%	50%	75%	95%
Enero	76	3,7	5	79	76	74	70
Febrero	76	4,0	5	78	76	73	69
Marzo	76	3,4	4	79	76	74	71
Abril	80	3,4	4	82	80	77	74
Mayo	81	2,3	3	82	81	79	77
Junio	80	2,6	3	81	80	78	75
Julio	76	3,0	4	78	76	74	71
Agosto	76	3,5	4	79	76	74	70
Septiembre	77	3,2	4	80	77	75	72
Octubre	80	2,9	4	82	80	78	75
Noviembre	80	2,4	3	82	80	79	76
Diciembre	78	3,0	4	80	78	76	74
<b>ANUAL</b>	78	2,3	2	80	78	76	74

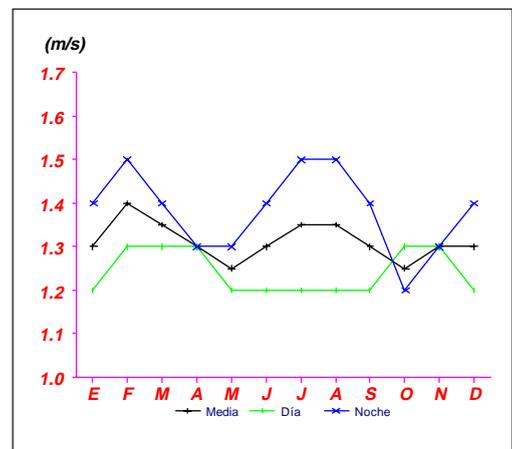


**Figura 6.** Distribución (%) anual de la dirección de los vientos en Naranjal (1983-1990).

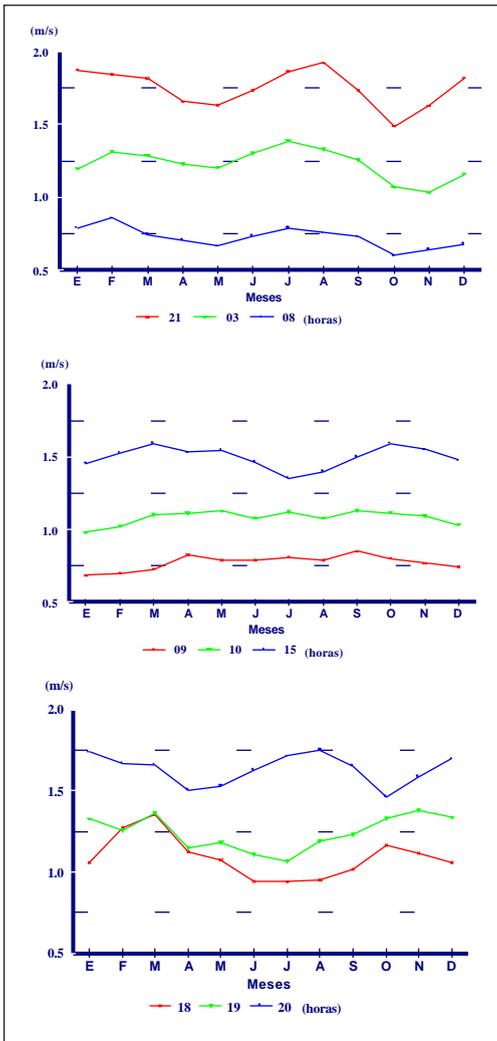
En la noche (19:00 a 07:00 horas) los vientos descienden del sureste, SE, de la parte alta del macizo volcánico del Nevado del Ruiz con una frecuencia alta del 85%. Este rumbo es más persistente que el de la jornada diurna y no sufre mayores alteraciones a través de los meses (14). En este período las calmas también son bajas y alcanzan el 2,6%.

La velocidad media mensual tiene poca variación a través del año; sin embargo, se aprecia una ligera mayor actividad de los vientos en los meses de menores lluvias de febrero-marzo y julio-agosto con velocidades alrededor de 1,4m/s. La circulación nocturna del viento (19:00 a 07:00 horas), que llega en promedio a 1,4m/s, es un poco más desarrollada en comparación con la diurna (07:00 a 19:00 horas) que alcanza 1,2m/s (Figura 7). Se esperaría una velocidad nocturna más alta a causa de la gran altitud del macizo volcánico (Nevado del Ruiz, 5400m) como sucede con la estación climatológica de Cenicafé situada a 7km en línea recta, pero un accidente orográfico protege la estación de Naranjal y la fuerza del viento se reduce notablemente.

El comportamiento medio del viento, medido por horas, se registra en la Tabla 10 y en la Figura 8. Se puede observar que alrededor de las 21:00 horas la velocidad obtiene sus valores mayores, alrededor de unos 1,8m/s y se sostiene por varias horas para luego descender gradualmente hasta llegar a los valores más bajos de 0,7m/s, aproximadamente a las 08:00 horas.



**Figura 7.** Distribución de la velocidad media del viento en Naranjal (1983-1990).Chinchiná, Caldas.



**FIGURA 8.** Distribución media mensual de la velocidad horaria del viento en Naranjal (1983-1990). Chinchiná, Caldas.

Posteriormente, con la salida del sol, los vientos se reactivan y alcanzan su velocidad más alta, cerca de 1,5m/s, entre las 14:00 y 16:00, horas para luego disminuir entre las 18:00 y 19:00 horas. De ahí en adelante se inicia el ciclo nocturno.

Las velocidades máximas absolutas del viento se han registrado así: 5,0m/s (18km/h) el 21

de septiembre de 1989 a las 15:00 horas y 5,4m/s (19km/h) el 18 de enero/87 (19:00 horas), el 28 de marzo/83 (16:00 horas) y el 30 de octubre/89 (21:00 horas).

En esta localidad predominan las ráfagas diarias ligeras (10-20km/h) que alcanzan un 71% del total y luego están las débiles (<10km/h) con 23% y las moderadas (21-30km/h) con el 5%. Las ráfagas fuertes superiores a 30km/h son esporádicas y solo llegan a un 1%, aunque si se consideran mensualmente, se incrementan alrededor del 25%.

El análisis de las ráfagas máximas absolutas anuales indica que pueden ocurrir vientos de 60km/h en un año de cada 5 (período de retorno de 5 años). Estas ráfagas altas están generalmente acompañadas de fuertes lluvias. Aunque el régimen del viento en esta zona no se considera limitativo para la producción agrícola, esporádicamente se presentan algunas ráfagas fuertes que pueden ocasionar daños en cultivos de porte alto e instalaciones mal ancladas.

**Balance hídrico.** Con probabilidad del 50% de ocurrencia de lluvia (condiciones medias para el lugar) la disponibilidad hídrica mantiene los suelos a capacidad de campo y genera además a través de todo el año un excedente que asciende en total a 1561mm. Los sobrantes de agua son notables en las épocas lluviosas (abril-mayo, octubre-noviembre) cuando llegan a 798mm y representan el 51% del total anual. En las épocas de menores lluvias (diciembre-febrero y julio), los excesos hídricos no superan los 100mm/mes y el acumulado en tales meses alcanza los 298mm que equivalen al 19% del valor anual (Figura 9a).

El balance hídrico para posibles años con menor precipitación (75% probabilidad) que la de un año normal, indica que aún así los suelos mantienen un alto nivel de humedad. Los excesos hídricos, aunque se siguen presentando durante todo el año (995mm en total), manifiestan

**TABLA 10.** Valores medios y máximos absolutos horarios de la velocidad del viento (m/s) en Naranjal (1983-1990). Chinchiná, Caldas.

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	
Enero	1,4 3,2	1,3 2,8	1,2 2,8	1,2 3,1	1,1 2,6	1,1 2,8	1,1 2,9	0,8 2,1	0,7 2,1	1,0 1,9	1,2 2,8	1,4 2,9	1,4 2,6	1,4 2,7	1,5 3,5	1,4 3,5	1,3 4,1	1,1 4,2	1,3 5,4	1,3 5,4	1,7 3,5	1,9 3,5	1,9 3,3	1,8 3,8	1,6 3,1
Febrero	1,5 2,8	1,4 2,8	1,3 2,7	1,2 2,8	1,2 3,0	1,1 3,3	1,1 2,6	0,9 2,2	0,7 1,7	1,0 1,8	1,3 2,4	1,5 2,4	1,5 3,1	1,5 2,8	1,5 4,7	1,6 4,6	1,4 3,6	1,4 4,4	1,3 3,6	1,3 3,8	1,7 4,1	1,8 3,5	1,8 3,3	1,6 3,3	2,9
Marzo	1,5 3,1	1,4 3,2	1,3 2,6	1,2 2,6	1,2 2,8	1,1 2,8	1,1 2,6	0,7 1,8	0,7 1,7	1,1 2,1	1,3 2,4	1,5 2,6	1,6 3,1	1,6 2,9	1,6 3,9	1,6 5,4	1,6 4,6	1,4 4,7	1,4 4,6	1,4 4,6	1,7 4,0	1,8 4,2	1,8 3,3	1,8 3,3	1,7 3,9
Abril	1,4 3,1	1,3 2,8	1,2 3,1	1,1 2,7	1,1 2,9	1,0 2,5	0,9 2,8	0,7 2,2	0,8 2,3	1,1 2,5	1,3 3,2	1,4 3,2	1,5 4,4	1,5 4,2	1,5 4,2	1,5 4,2	1,5 4,7	1,1 4,0	1,1 4,0	1,1 4,0	1,5 3,1	1,7 3,1	1,7 4,3	1,6 3,3	1,5 3,9
Mayo	1,4 4,1	1,3 3,1	1,2 3,3	1,2 2,5	1,1 2,9	1,0 3,2	1,0 2,6	0,7 3,0	0,8 1,7	1,1 2,5	1,3 2,3	1,4 2,5	1,4 3,2	1,4 3,9	1,5 4,0	1,5 4,2	1,4 3,9	1,4 4,4	1,1 4,4	1,1 4,2	1,5 4,2	1,6 3,8	1,6 4,0	1,5 3,3	1,5 2,9
Junio	1,5 2,9	1,4 2,9	1,3 2,8	1,3 2,9	1,2 2,8	1,2 2,6	1,1 2,4	0,7 2,1	0,8 1,6	1,1 1,9	1,3 2,2	1,4 2,5	1,4 3,1	1,4 4,3	1,5 4,2	1,3 4,5	1,3 4,5	1,1 4,2	0,9 4,2	1,1 4,2	1,6 3,3	1,7 3,5	1,7 3,2	1,7 3,6	1,6 3,1
Julio	1,6 3,5	1,5 3,5	1,4 2,9	1,3 2,8	1,2 2,6	1,2 2,8	1,1 3,3	0,8 1,9	0,8 1,7	1,1 1,9	1,3 2,2	1,3 2,5	1,4 2,6	1,3 2,9	1,4 3,6	1,4 4,3	1,4 4,3	1,2 3,2	0,9 3,5	1,1 4,5	1,1 3,3	1,7 4,3	1,9 3,3	1,8 3,2	1,7 3,3
Agosto	1,6 3,1	1,5 3,2	1,3 2,8	1,3 2,9	1,2 3,2	1,2 2,9	1,1 2,5	0,8 2,1	0,8 1,7	1,1 1,9	1,2 2,2	1,3 2,3	1,4 2,5	1,4 3,3	1,4 3,8	1,3 3,3	1,3 3,3	1,2 5,3	1,0 4,6	1,2 4,2	1,7 3,8	1,9 3,3	1,8 3,3	1,8 3,5	1,7 3,6
Septiembre	1,5 2,8	1,3 3,1	1,3 2,6	1,2 3,1	1,1 2,4	1,0 3,1	0,9 2,5	0,7 2,2	0,8 1,8	1,1 3,2	1,3 2,9	1,4 2,4	1,4 3,1	1,4 3,5	1,5 5,0	1,4 3,9	1,4 4,5	1,2 4,2	1,0 3,3	1,2 3,5	1,7 4,3	1,9 3,5	1,8 3,3	1,8 3,3	1,7 3,2
Octubre	1,2 3,3	1,1 2,8	1,1 2,6	1,0 3,2	0,9 2,4	0,9 2,4	0,8 2,5	0,6 1,8	0,8 1,9	1,1 2,1	1,3 2,5	1,4 2,6	1,4 3,6	1,4 3,9	1,5 4,5	1,6 4,5	1,6 4,3	1,4 4,3	1,2 3,3	1,2 3,3	1,5 4,0	1,5 5,4	1,4 2,9	1,4 3,1	1,3 3,5
Noviembre	1,3 3,6	1,1 3,1	1,0 2,9	1,0 2,8	1,0 2,9	1,0 2,7	0,9 2,6	0,6 2,4	0,8 1,7	1,1 2,1	1,3 2,9	1,4 3,8	1,4 4,0	1,5 3,2	1,6 4,7	1,6 3,9	1,6 4,2	1,4 4,2	1,1 3,3	1,1 3,1	1,6 3,1	1,6 3,1	1,6 2,9	1,4 4,4	1,4 4,4
Diciembre	1,3 3,2	1,2 2,8	1,2 2,8	1,1 2,9	1,1 2,5	1,0 2,5	1,0 2,6	0,7 2,2	0,7 2,5	1,0 2,2	1,3 2,2	1,4 2,5	1,5 2,4	1,5 3,1	1,5 3,3	1,4 3,5	1,4 3,5	1,3 3,9	1,1 4,2	1,1 3,5	1,7 3,8	1,8 3,2	1,8 3,3	1,7 3,1	1,5 3,2
Promedio	1,4 3,2	1,5 3,0	1,4 2,8	1,3 2,9	1,2 3,0	1,2 2,8	1,1 2,7	0,7 2,2	0,8 1,9	1,1 2,2	1,3 2,5	1,4 2,7	1,4 3,1	1,4 3,4	1,5 4,0	1,5 4,1	1,5 4,1	1,3 4,1	1,1 4,1	1,1 4,0	1,6 3,6	1,8 3,7	1,8 3,4	1,7 3,4	1,6 3,5

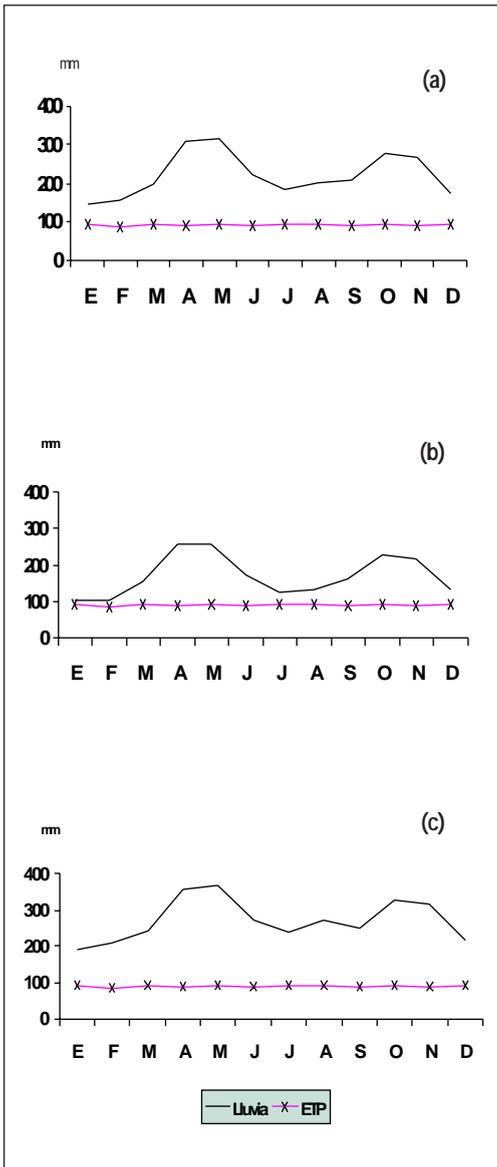


Figura 9. Balance hídrico con diferentes niveles de probabilidad de lluvia: a-50%, b-75% y c-25% en Naranjal.

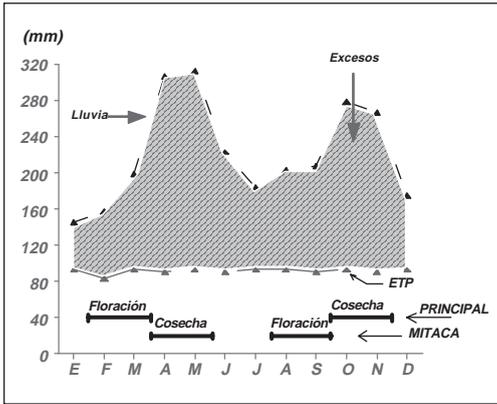
una notoria disminución, principalmente en enero y en febrero, en los cuales superaron los 20mm por mes; en abril-mayo y octubre-noviembre oscilan entre 125 y 165mm por mes (Figura 9b).

En un año lluvioso, cuando se considera la probabilidad de lluvia del 25% (1 de cada 4 años) se presentan importantes excedentes de agua los cuales mantienen el suelo saturado durante todo el año. Los sobrantes hídricos fluctúan entre 96mm en enero y 275mm en mayo, y acumulan 2169mm en el año (Figura 9c). Estas condiciones son favorables para acentuar procesos de erosión ya existentes y contribuir a deslizamientos por sobresaturación del terreno. Así mismo, originan floraciones escasas del cafeto, lavado de nutrientes y mayor incidencia de enfermedades que pueden al final reducir los rendimientos.

Los balances hídricos muestran en esta localidad frecuentes excesos de agua, aún en años poco lluviosos, lo cual indica la conveniencia de fomentar todas aquellas prácticas que mantengan cubierto el suelo con vegetación y encauzar la salida del agua a sitios seguros.

Los meses más propicios para las labores de preparación de los suelos son enero-febrero y julio-agosto y para las siembras marzo y septiembre.

De acuerdo con la fenología del café (2) y la disponibilidad hídrica mencionada, éste tiene el comportamiento que se detalla a continuación: durante el año, en cafetales ya establecidos se registran dos floraciones, la primera se presenta en el período febrero-marzo y conduce a la cosecha principal que se recolecta entre octubre y noviembre, y la segunda ocurre en agosto-septiembre y da origen a una cosecha secundaria denominada mitaca, entre abril y mayo. Lo anterior puede presentar algún desplazamiento en el tiempo según la distribución de la lluvia, principalmente, en cada año en particular (Figura 10). Es importante anotar que en esta zona en los meses restantes, se recoge café en pequeñas proporciones, situación favorecida por el alto régimen pluviométrico y su distribución temporal (dos períodos húmedos y dos secos muy

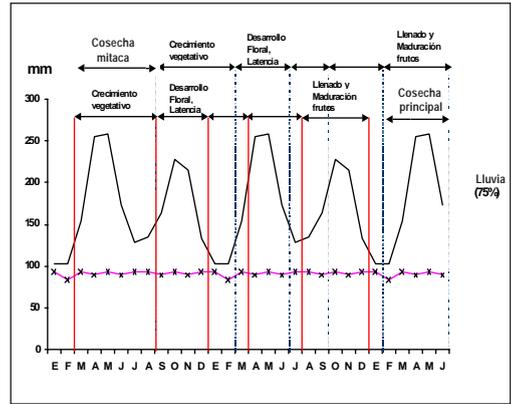


**Figura 10.** Balance hídrico y épocas normales de floración y cosecha del café en Naranjal. Chinchiná, Caldas.

atenuados) y la localización en el ecuador fenológico (29).

El desarrollo del fruto, desde la floración hasta su maduración, toma cerca de 8 meses y la etapa comprendida entre las semanas 6 y 16 es muy susceptible a la deficiencia de agua, habida cuenta que coincide con el crecimiento rápido del fruto y la determinación del máximo tamaño externo del grano. Para la cosecha principal, el crecimiento de las ramas se produce hacia el primer período lluvioso del año (marzo-abril) y la maduración de los nudos se extiende de mayo a agosto, aproximadamente. Posteriormente, entre septiembre y diciembre, viene el proceso de diferenciación floral con la correspondiente latencia de las yemas florales. Aquí hay que tener en cuenta que más de un proceso está ocurriendo a la vez en la planta debido al desarrollo de la cosecha de mitaca (1).

En la Figura 11, correspondiente a un año seco (75% de probabilidad de lluvia), se ilustra como las diferentes etapas del cultivo encuentran suficiente disponibilidad de agua y por consiguiente no se requiere emplear la práctica de riego. No se descarta que en condiciones extremas como la ocasionada por el fenómeno Cálido del Pacífico, ("El Niño") de 1997, el



**Figura 11.** Disponibilidad de agua (P=75%) en un año seco y distribución en el año de las distintas etapas del cultivo y de desarrollo de la planta de café.

crecimiento del grano se vea afectado en parte por una falta de agua (22). Sin embargo, su baja ocurrencia con características tan severas (probabilidad menor a un 5%) no justificaría realizar una inversión costosa para adicionar agua a través de riego. De otra parte, en los años lluviosos como los presentados en eventos Fríos del Pacífico, "La Niña", los períodos secos, los cuales no son muy marcados en esta zona, se pueden afectar notablemente originando condiciones desfavorables para el proceso de floración y una disminución de los rendimientos finales (4).

Las condiciones de clima y suelo (cenizas volcánicas) permiten una explotación del cultivo de café a libre exposición solar y con altas densidades de siembra (10.000 plantas/hectárea). Experimentalmente, se han obtenido producciones de 400 arrobas/hectárea por año de café pergamino seco, en promedio, con las variedades Caturra y Colombia (30).

## LITERATURA CITADA

1. ARCILA P., J. Desarrollo reproductivo del café. In: Tecnología del cultivo del café. Chinchiná, Cenicafé, 1987. p. 88-96.

2. ARCILA P., J. El proceso productivo de la planta de café. *In: Tecnología del cultivo del café*. Chinchiná, Cenicafé, 1987. p. 97-108.
3. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Archivos meteorológicos de la Disciplina de Agroclimatología. 1951-1993. Chinchiná, FEDERACAFÉ, 1994.
4. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Un buen balance en 1997. Notas Cafeteras No 179: 1-4. 1998.
5. FRERE, M.; RIJKS, J.Q.; REA, J. Estudio agroclimatológico de la zona andina. Proyecto interinstitucional FAO/UNESCO/OMM en agroclimatología. Ginebra, Organización Meteorológica Mundial, 1978. 297p. (Nota Técnica No. 161).
6. FUESS, R. Anemocinómetro universal. Berlín, R. FUESS, 1968. 12 p.
7. GARCIA, B.; LOPEZ, A.J. Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15°N – 15°S). *Agronomía Tropical* 20 (5): 335-345. 1970.
8. GÓMEZ G., L. Película de agua sobre las hojas de los cafetos. *Cenicafé* 35(4) 94-101.1985.
9. GOMEZ 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. 50 Años de Cenicafé 1938-1988. Conferencias Conmemorativas. Chinchiná, 1990. p 23-32.
10. GOMEZ G., L.; CABALLERO R., A.; BALDION R., J.V. Ecotopos Cafeteros de Colombia. Santafé de Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1991. 131 p.
11. GUZMAN M., O.; GOMEZ G., L. Permanencia del agua libre sobre las hojas del cafeto. *Cenicafé* 36(3): 89-102.1985.
12. GUZMAN M., O. Environmental factors controlling coffee growth. Reading, University of Reading. Department of Meteorology, 1989. 165p. (Tesis: Magister Science)
13. GUZMAN M., O.; SIMBAQUEVA, O.; CHAVES C., B.; GOMEZ G., L. Estimación de la radiación solar global y el brillo solar en el límite de la atmósfera. *Cenicafé* 43(2): 61-65.1992.
14. GUZMAN M., O.; GOMEZ G., L. Dirección y rafagosidad de los vientos de superficie en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 46(2): 81-90. 1995.
15. GUZMAN M., O.; GOMEZ G., L. Caracterización del brillo solar en Chinchiná, Caldas. *Cenicafé* 48(1): 26-39. 1997.
16. GUZMAN M., O.; BALDIÓN R., J.V. El evento cálido del pacífico en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 48(3): 141-155. 1997.
17. GUZMAN M., O.; GOMEZ G., L. La radiación solar global en Chinchiná, Caldas. *Cenicafé* 49 (1 ): 30-43. 1998.
18. GUZMAN M., O.; BALDIÓN R., J.V. La zona cafetera colombiana y el fenómeno frío del pacífico. Chinchiná, Cenicafé, 1998. 13p.
19. JARAMILLO R., A. Características climáticas de la zona cafetera. *In: Tecnología del cultivo de café*. Chinchiná, Cenicafé, 1987. p. 7-55.
20. JARAMILLO R., A. Relación entre la evaporación y los elementos climáticos. *Cenicafé* 40(3): 86-94. 1989.
21. JARAMILLO R., A.; KOGSON Q., J.F. Características de las lluvias máximas en la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 45 (1 ): 25-34. 1994.
22. JARAMILLO R., 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.
- MOTA, F.S. da. *Meteorología Agrícola*. Sao Paulo, Librería Nobel, 1975. 376p.
24. SAS INSTITUTE INC. *Sas user's guide: Statistics*. 5 ed. Cary, N.C., SAS Institute Inc, 1985. 1029 p.
25. SUAREZ DE C., F. Distribución de las raíces del cafeto en un suelo franco limoso. *Boletín Técnico* 1: 1-28. 1953.
26. SUAREZ S., J.V.; GÓMEZ G., L. Clasificación climática de una zona central colombiana (Caldas, Risaralda, Quindío). *Cenicafé* 19 (1): 3-17. 1968.
27. SUAREZ S., J.V. Precipitaciones máximas de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 26(4): 172-186. 1975.
28. SUAREZ V., S.; ALVAREZ, O.J.; BALDION R., J.V. Estudio detallado de suelos y clima de la Estación Central Naranjal. Chinchiná, Cenicafé, 1994, 87p.

29. TROJER, H. The phenological equator for the coffee planting in Colombia. *In*: UNESCO NATURAL RESOURCES RESEARCH. Vol 7. Agrometeorological Methods Proceedings of the Reading Symposium. París, Unesco, 1968. p. 107-113.
30. URIBE H., A.; MESTRE M., A. Efecto de la edad de población y su sistema de manejo sobre la producción de café. *Cenicafé* 31(1): 29-51. 1980.