

1334

NOTA TECNICA

RELACION ENTRE LA EVAPORACION Y LOS ELEMENTOS CLIMATICOS

Alvaro Jaramillo-Robledo*

11334

RESUMEN

Jaramillo R., A. Relación entre la evaporación y los elementos climáticos. Cenicafé (Colombia) 40(3): 86 - 94. 1989.

Se evaluaron las medidas de evaporación observadas en tanque clase A en Cenicafé y Naranjal, Chinchiná, Caldas, para el período 1975-1989. La información anterior se relacionó mediante regresiones múltiples con la temperatura media del aire, la máxima y la mínima, el brillo solar y la humedad relativa; se encontró que el brillo solar fue el elemento que mayor explicación le dio a la evaporación, tanto en Cenicafé ($r = 0,87^{**}$) como en Naranjal ($r = 0,82^{**}$). El brillo solar conjuntamente con la temperatura máxima tuvieron una alta correlación con la evaporación mensual ($r = 0,79^{**}$). Un 74% de los días analizados presentan tasas de evaporación entre 2,1 y 5,0 mm/día; la máxima frecuencia está entre 3,1 y 4,0 mm/día.

Palabras claves: Colombia, Evaporación, clima, temperatura, brillo solar.

ABSTRACT

The readings of evaporation observed in class A tanks located at Cenicafé and Naranjal, Chinchiná, Caldas for the period 1975 - 1989 have been evaluated. The evaporation information was related, by multiple regression, to the average air temperature, maximum and minimum temperature, sunshine and relative humidity. It was found that sunshine gave the better explanation for evaporation in Cenicafé ($r=0,87^{**}$) compared to Naranjal ($r=0,82^{**}$). Direct sunshine combined with maximum temperature had a high correlation with monthly evaporation ($r=0,79^{**}$). In 74% of the days analysed rates of evaporation were between 2,1 and 5,00 mm/day; the maximum frequency was between 3,1 and 4,0 mm/day.

Keywords: Colombia, Evaporation, climate, temperature, sunshine.

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

La evaporación es el cambio de un líquido al estado gaseoso, proceso que consume energía; en el caso particular del agua este valor representa 590 calorías por gramo, a 20°C.

Al analizar los componentes del ciclo hidrológico, después de la precipitación la evaporación ocupa un segundo lugar, ya que aproximadamente el 75% del total de la lluvia regresa a la atmósfera por este proceso (11).

Las medidas de evaporación de tanque permiten conocer las tasas de pérdida de agua por los cultivos o por los embalses o lagos siempre y cuando se utilicen los factores de corrección en cada caso (3, 10).

Según Vernon Knapp (11), la evaporación es una de las medidas más difíciles de realizar ya que no existen instrumentos que midan la verdadera evaporación de una superficie natural, además es altamente sensible a la influencia del microclima y presenta variabilidad espacial.

Entre los métodos para estimar la evaporación están los de transferencia de masa, balance de energía, balance hídrico, fórmulas empíricas y las medidas de evaporación de tanque. Mediante el método de balance de energía, Jaramillo y Escobar (6) encontraron para las condiciones de Cenicafé, que la evaporación es igual a $0,0084 \times$ Radiación global.

Por medio del balance hídrico se estableció para las condiciones de Cenicafé y Naranjal que la evaporación anual representa un 50% de la lluvia (7).

En cuanto a la utilización de diferentes fórmulas, se encontró que para las condiciones de Cenicafé la de García y López fue la que más se ajustó a los valores del tanque de

evaporación, con un factor de corrección de 0,87 (5).

A nivel mundial existen diferentes tipos de tanques para medir la evaporación. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el tanque patrón es de 20 m² que suministra datos más confiables en relación a la evaporación de una superficie natural libre de agua. Para el tanque de evaporación se sugiere un factor de corrección de 0,70 a 0,80 para ajustar los valores a los de un lago (9). Sin embargo este coeficiente de tanque cambia estacional y geográficamente (11).

El presente estudio tuvo por objeto encontrar para la región de Chinchiná (Cenicafé y Naranjal) una expresión sencilla que permitiera conocer la evaporación, mediante la utilización de los diferentes elementos climáticos de la región.

MATERIALES Y METODOS

Las medidas de evaporación se realizaron en un tanque Tipo A el cual tiene un diámetro de 1,21 m y 25 cm de altura, colocado sobre una base de madera en la superficie del suelo; las medidas se realizaron con tornillo micrométrico.

Los demás elementos se midieron con equipo convencional; la lluvia en pluviógrafo tipo Hellman, la temperatura y la humedad relativa en psicrómetro tipo Assmann con termómetro de máxima y mínima, termohigrógrafo de anillo bimetálico y haz de cabellos; el brillo solar con heliógrafo Campbell-Stokes.

Los elementos climáticos anteriores fueron considerados para las localidades de Cenicafé y Naranjal, Chinchiná, Caldas. La

información procedía de medidas diarias realizadas entre 1975 y 1989 (15 años de observación).

Cenicafé se sitúa a 04:59 latitud norte, 75:36 longitud oeste y 1.310 m de altitud. Sus características climáticas anuales para los 15 años de estudio fueron: 2.520 mm de lluvia distribuída en 197 días, sin deficiencias hídricas; 1.767 horas de brillo solar; temperatura media anual de 21,2°C, con extremas entre 27,4 y 16,8°C y humedad relativa del 78%.

Naranjal está a 04:48 latitud norte, 75:42 longitud oeste y 1.400 m de altitud. Para el período de estudio presentó 2.665 mm/año de lluvia distribuídos en 202 días, sin deficiencias hídricas; 1.679 horas de brillo solar; temperatura media de 20,9°C, con extremas de 26,7 y 16,5°C y humedad relativa del 79%.

Las dos localidades están situadas sobre la vertiente occidental de la cordillera Central de Los Andes y distantes una de otra 15 km y con las mismas características climáticas.

La información fue procesada en un computador IBM-30 y por su análisis se emplearon regresiones múltiples por pasos.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan las características climáticas de Cenicafé y Naranjal. La lluvia presenta valores anuales superiores a 2.500 mm con distribución bimodal, con dos períodos lluviosos y dos menos lluviosos. Térmicamente presentan condiciones de isoterminia en el transcurso del año, con temperatura media próxima a 21,0°C. El brillo solar siguió una onda doble con un comportamiento opuesto al de la lluvia; las tasas de evaporación mensual presentaron un régimen

semejante al del brillo solar. En las Figuras 1 y 2 se presenta la variación mensual promedio de los diferentes elementos climáticos.

La evaporación mensual presenta poca variación de un mes a otro para una misma localidad; estos valores para Cenicafé están entre 92 mm (octubre) y 122 mm (marzo); para Naranjal están entre 99 mm (mayo, octubre) y 120 mm (marzo). Los totales anuales fluctúan entre 1.266 mm (Cenicafé) y 1.299 mm (Naranjal).

Al establecerse las regresiones múltiples entre la evaporación mensual y los diferentes elementos climáticos (Tabla 2), se encontró que el brillo solar fue la variable más explícita, tanto en Cenicafé ($r = 0,87^{**}$) como en Naranjal ($r = 0,82^{**}$).

Cuando se analizaron las dos localidades en conjunto, el brillo solar y la temperatura máxima explicaron la evaporación con coeficientes de correlación superiores a 0,78^{**} altamente significativos (Figura 3). Resultados similares hallaron Iruthayaraj y Morachan (4), quienes encontraron correlaciones altamente significativas entre la evaporación del tanque clase A y el brillo solar con valores que variaron entre 0,62^{**} y 0,78^{**}.

Las expresiones anteriores para cálculo de la evaporación son sencillas, fácilmente medibles y con resultados satisfactorios. La evaporación calculada con los datos climáticos tiene validez a nivel regional, sin embargo este valor no es arbitrario ya que corresponde a una realidad física cuantificable (8).

A nivel tropical la variación de la evaporación de un mes a otro es muy poca y es relativamente constante a través del año, debido a que los elementos climáticos que la determinan son poco variables. Hasta el presente no se ha generado una expresión para el cálculo

TABLA 1. Variación mensual de los distintos elementos climáticos registrados en Cenicafé y Naranjal. Chinchiná. 1975-1989.

	M e s e s												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
CENICAFE													
Evaporación (mm)	121	110	122	97	95	96	117	115	104	92	95	102	1.266
Lluvia (mm)	147	147	200	278	288	197	152	169	192	311	255	184	2.520
Temperatura máxima (°C)	28,2	28,2	28,3	27,4	27,0	27,1	27,8	27,7	27,2	26,5	26,7	27,2	27,4
Temperatura mínima (°C)	16,7	17,0	17,2	17,0	17,0	16,9	16,6	16,7	16,4	16,4	16,6	16,7	16,8
Temperatura media (°C)	21,5	21,7	21,8	21,3	21,0	21,1	21,4	21,4	20,9	20,4	20,7	20,9	21,2
Humedad relativa (%)	75	75	75	79	81	79	75	76	78	80	79	78	78
Brillo solar (horas)	187	150	155	124	126	137	171	162	137	123	139	156	1.767
NARANJAL													
Evaporación (mm)	118	108	120	102	99	10	118	118	110	99	100	107	1.299
Lluvia (mm)	146	152	205	306	314	227	177	196	204	288	268	182	2.665
Temperatura máxima (°C)	27,1	27,3	27,4	26,7	26,4	26,4	27,0	26,9	26,5	25,8	26,1	26,4	26,7
Temperatura mínima (°C)	16,4	16,7	17,0	16,9	16,8	16,6	16,1	16,3	16,2	16,3	16,4	16,5	16,5
Temperatura media (°C)	21,0	21,2	21,4	21,1	20,8	20,8	21,0	21,1	20,7	20,2	20,4	20,6	20,9
Humedad relativa (%)	77	77	77	80	82	80	77	77	79	82	81	89	79
Brillo solar (horas)	179	142	143	114	116	128	170	155	131	116	135	150	1.679

CENICAFE

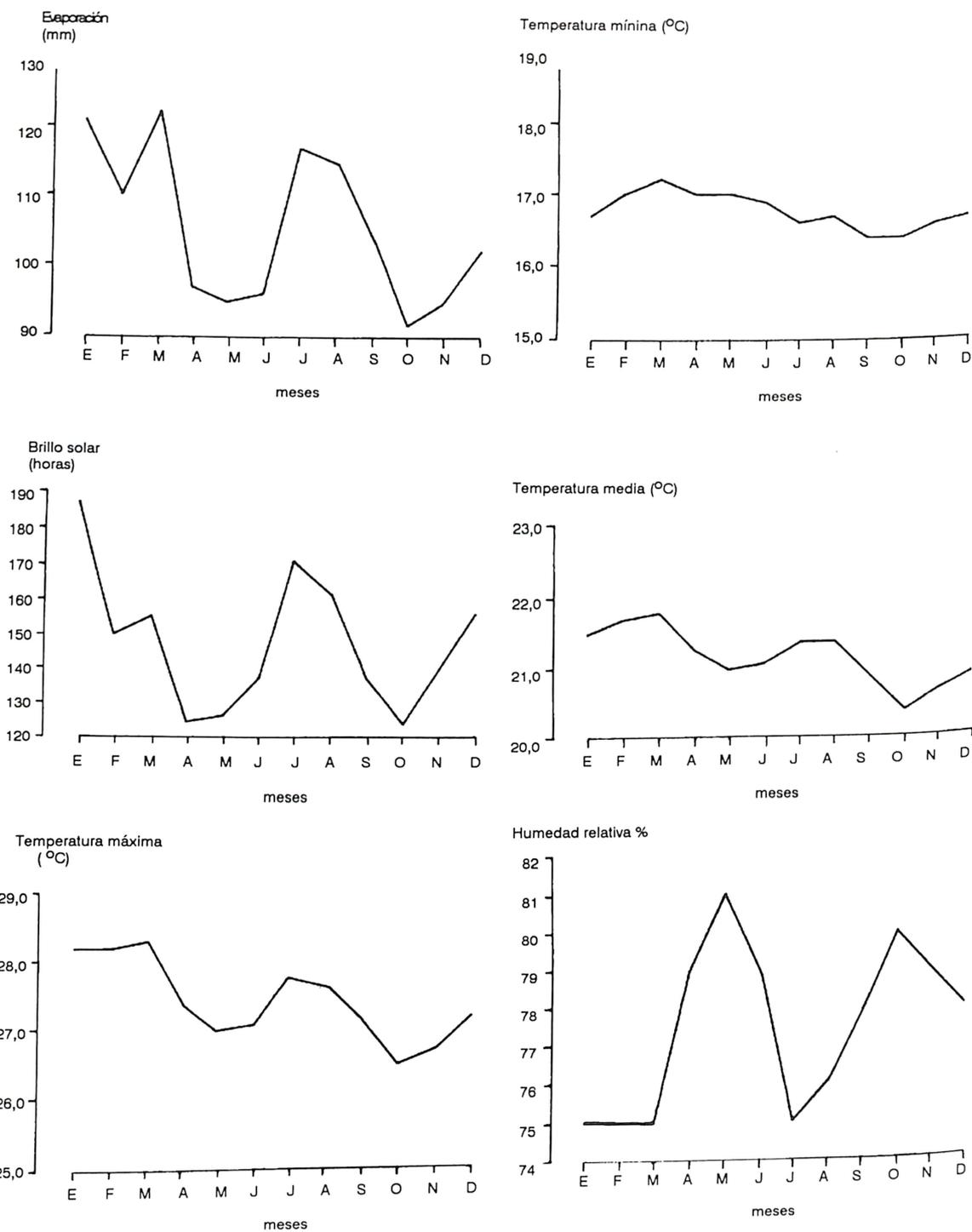
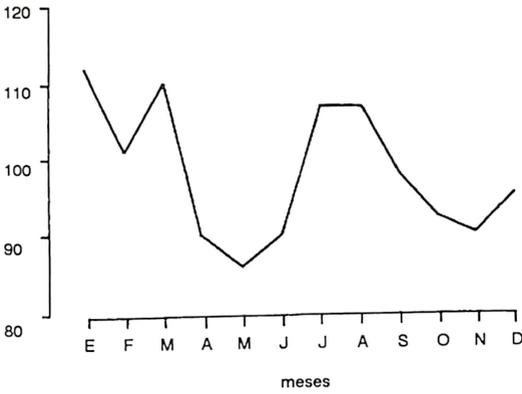


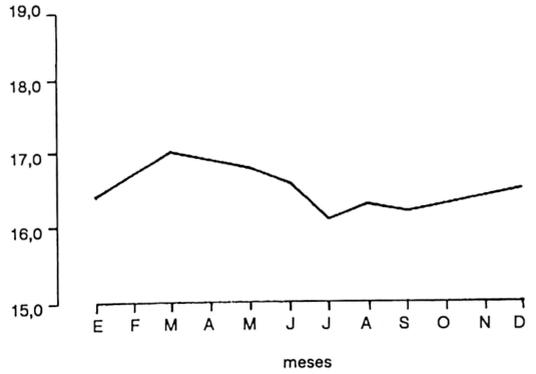
Figura 1. Transcurso mensual de los elementos climáticos en CENICAFE. 1975 - 1989

NARANJAL

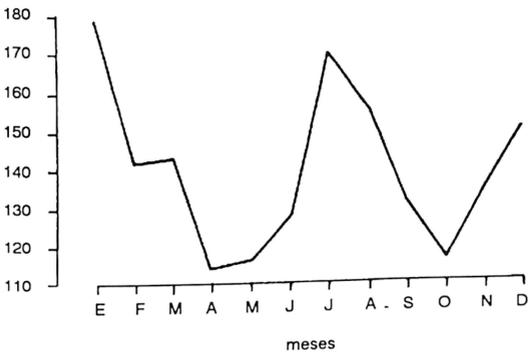
Evaporación
(mm)



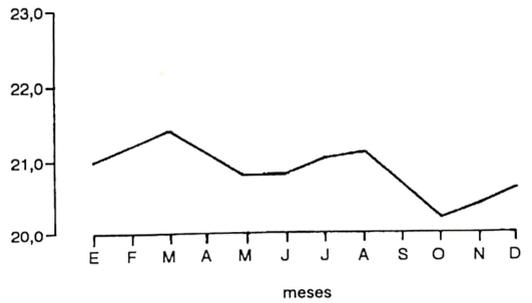
Temperatura mínima (°C)



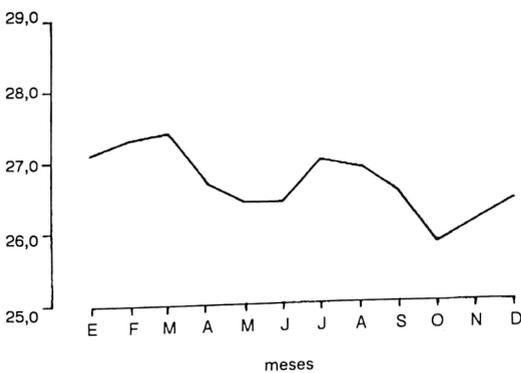
Brillo solar
(horas)



Temperatura media (°C)



Temperatura máxima
(°C)



Humedad relativa (%)

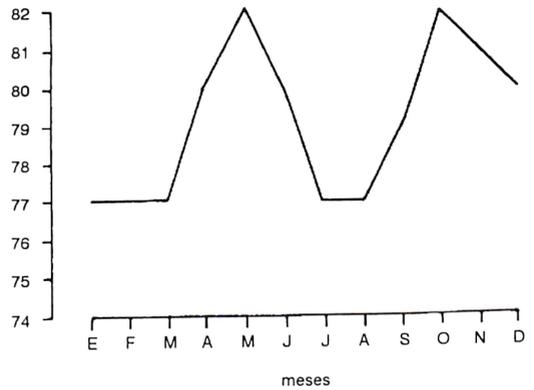


Figura 2. Transcurso mensual de los elementos climáticos en Naranjal. 1975 - 1989

TABLA 2. Ecuaciones para calcular la evaporación mensual de tanque en Cenicafé y Naranjal. Chinchiná, Caldas, Colombia

Localidad	Ecuación	r
Cenicafé	$EV = 0,48 \text{ B.S.} + 35,1$	0,87**
Naranjal	$EV = 0,33 \text{ B.S.} + 62,8$	0,82**
Cenicafé + Naranjal	$EV = 0,37 \text{ B.S.} + 53,5$	0,78**
Cenicafé + Naranjal	$EV = 0,29 \text{ B.S.} + 4,3 \text{ Tmax} - 52,6$	0,79**

EV = Evaporación mensual (mm)

B.S. = Brillo solar mensual (horas)

Tmax = Temperatura máxima media mensual (°C)

de la evaporación para las condiciones climáticas de la zona cafetera.

La información de tanque puede usarse para estimar el uso consuntivo de los cultivos y la evaporación de lagos y estanques y sirve como índice climático si se le incorpora radiación solar, temperatura, humedad y viento. El coeficiente para transformar la evaporación

de tanque Clase A en evaporación de un lago, es aproximadamente 0,7 (9).

Mediante una simple relación entre el agua evaporada y el brillo solar (evaporación/brillo solar) se encuentra que para Cenicafé y Naranjal por cada hora de brillo solar se evaporan 0,75 mm de agua.

En la Tabla 3 y en la Figura 4 se presentan las frecuencias diarias de la evaporación de tanque para intervalos de 1,0 mm para 1.000 días de información por localidad.

Las frecuencias entre 2,1 y 5,0 mm prácticamente no difieren y presentan valores del 25% por intervalo, aunque existe la tendencia a que ocurra un mayor porcentaje entre los 3,1 mm y 4,0 mm/día, que para 2.000 días de observación fue de 27,3%.

Arruda y Barroso (1) manifiestan que las frecuencias extremas normalmente se deben a errores de medida. En el caso de Cenicafé y Naranjal se observa una frecuencia del 3% para evaporaciones entre 6,1 y 7,0 que posiblemente se deben a diferentes causas de error. La más frecuente ocurre debido a la incidencia de aves que alteran las medidas.

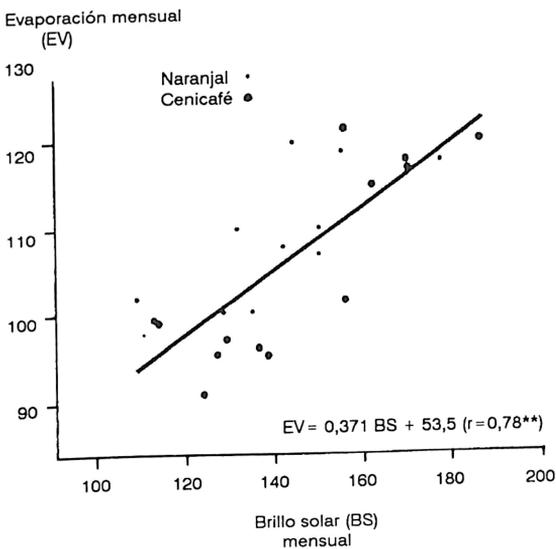


Figura 3. Relación entre la evaporación y el brillo solar. 1975-1989. Chinchiná. Colombia.

TABLA 3. Frecuencias de evaporación diaria en CENICAFE y Naranjal. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Evaporación (mm)	Cenicafé		Naranjal		Naranjal y Cenicafé	
	No. días	%	No. días	%	No. días	%
1,0 - 2,0	129	12,9	61	6,1	190	9,5
2,1 - 3,0	241	24,1	212	21,2	453	22,7
3,1 - 4,0	234	23,4	311	31,1	545	27,3
4,1 - 5,0	219	21,9	267	26,7	486	24,3
5,1 - 6,0	129	12,9	135	13,5	264	13,2
6,1 - 7,0	48	4,8	14	1,4	62	3,0
Total	1.000	100,0	1.000	100,0	2.000	100,0

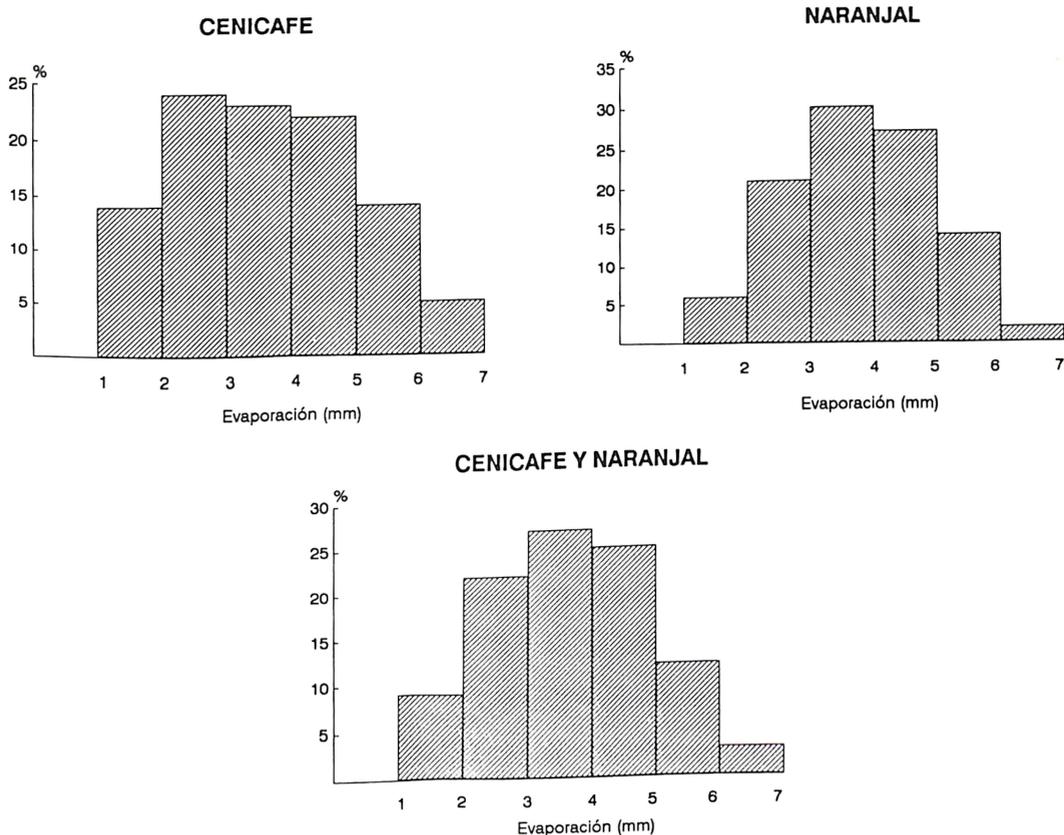


Figura 4. Frecuencias de evaporación diaria en CENICAFE y Naranjal. Chinchiná, Colombia.

LITERATURA CITADA

1. ARRUDA B., F.; BARROSO S., L.F. Evaporação da superfície livre na estimativa do uso da água para fins de irrigação, em Riberão Preto. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. 3. Campinas. (Brasil) 1983. p. 311-315.
2. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. FEDERACAFE. BOGOTA (COLOMBIA). CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. Archivo de información climática de la disciplina de Agroclimatología. Chinchiná (Colombia). Cenicafé. 1975-1989.
3. GREBET, P. Evapotranspiration mesure et calcul. París (Francia), Université Pierre et Marie Curie. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 1982. 271p. (These Dr.)
4. IRUTHAYARAJ, M.R.; Y.B. MORACHAN. Relationship between evaporation from different evaporimeters and meteorological parameters. Agricultural Meteorology (Holanda) 19:93-100. 1978.
5. JARAMILLO R., A. Comparación entre la evaporación registrada en tanque y la calculada por diferentes fórmulas. Cenicafé (Colombia) 28(2):67-72. 1977.
6. JARAMILLO R., A.; ESCOBAR E., B. Balance de energía en *Coffea arabica* L. Cenicafé (Colombia) 34(4):115-126. 1984.
7. JARAMILLO R., A. Balance hídrico de la zona cafetera colombiana. Cenicafé (Colombia) 33(1):15-34. 1982.
8. LECARPENTIER, C.; UMAÑA G., G. VEGA. Estudio hidroclimático de la región del Caribe (Norte colombiano). Bulletin du Institute Français d'études Andines (Perú) 6(1-2):7-41. 1977.
9. MAZZARELLA, D.A. Measurements today. In: HOUGHTON, D.D. (Ed) Handbook of applied meteorology. New York (Estados Unidos), John Wiley and Sons, 1985. p. 283-328.
10. VEIHMEYER, F.J. Evapotranspiration. In: VEN TE CHOW (Ed). Handbook of applied hydrology. New York (Estados Unidos), McGraw-Hill. New York. 1964. 11(1-38).
11. VERNON KNAPP, H. Evaporation and transpiration. In: HOUGHTON, D.D. (Ed) Handbook of applied meteorology. New York (Estados Unidos), John Wiley and Sons. New York. 1985. p. 537-554.