



# AVANCES TÉCNICOS

# 395

# Cenicafé

Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica / Mayo de 2010  
Fondo Nacional del Café

## RANGOS ADECUADOS DE LLUVIA PARA EL CULTIVO DE CAFÉ EN COLOMBIA

Víctor Hugo Ramírez Builes\*; Álvaro Jaramillo Robledo\*\*; Jaime Arcila Pulgarín\*

La lluvia y la radiación solar son los dos elementos del clima de mayor importancia en la producción de café. Las deficiencias hídricas son necesarias para la floración, pero si éstas son muy prolongadas no permiten la apertura floral, limitan el crecimiento vegetativo y el llenado de los frutos que estén creciendo en ese momento en la planta. Por otra parte, los excesos hídricos disminuyen la inducción floral y la formación de estructuras reproductivas, favorecen la presencia de enfermedades en el cultivo, promueven el lavado de nutrientes en el suelo y las pérdidas por erosión. Por lo tanto, es importante conocer los requerimientos mínimos y máximos de lluvia para el café en Colombia, para definir el sistema de producción o el arreglo espacial más conveniente para cada zona e identificar las épocas oportunas para optimizar las prácticas agronómicas como la fertilización, el manejo integrado de arvenses y los controles fitosanitarios, entre otras.



\* Asistente de Investigación e Investigador Principal, respectivamente. Fitotecnia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia.

\*\* Investigador Científico III. Agroclimatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Las necesidades hídricas de los cultivos son el producto de la interacción de varios factores a saber:

**Factores del cultivo:** En los cuales se incluye i) La especie, plantas de metabolismo tipo  $C_3$  usan menos agua que plantas de metabolismo tipo  $C_4$ ; ii) La densidad de siembra, altas densidades de siembra incrementan el índice de área foliar y, por lo tanto, van a tener una mayor demanda hídrica; iii) La edad del cultivo, cultivos jóvenes o recién establecidos consumen menos agua que cultivos completamente desarrollados o en etapas de floración y llenado de frutos; y iv) La profundidad de las raíces, es así como raíces más profundas exploran un mayor volumen de suelo y tienen mayores posibilidades de extraer agua en el perfil.

**Factores meteorológicos:** La demanda atmosférica de vapor de agua está representada en la evapotranspiración, la cual depende de la energía disponible en la atmósfera, producto del balance de radiación y del contenido de vapor de agua.

**Factores edáficos:** La capacidad de almacenamiento de agua del suelo está en función de la clase textural representada en los porcentajes de arcillas, limos y arenas, y los porcentajes de materia orgánica.

**Factores hidrológicos:** Hace referencia a la distribución de la lluvia dentro del cultivo como la interceptación por la parte aérea, la escorrentía y la percolación.

La caficultura colombiana se desarrolla a lo largo de las cadenas montañosas desde  $01^{\circ}00'$  a  $11^{\circ}00'$  de latitud Norte y entre los 1.200 a 1.800 m de altitud, con una alta heterogeneidad en los suelos. La ubicación latitudinal y la altitud influyen notoriamente en la distribución temporal y espacial de los elementos del clima, los cuales a su vez inducen variadas respuestas fenológicas del cultivo de café, representadas en las tasas de crecimiento, patrones de floración y distribución de la cosecha (2, 12, 16).

Regularmente, los requerimientos hídricos de los cultivos ( $ET_c$ ) se estiman a partir del producto entre la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) y el coeficiente del cultivo -  $K_c$  (1); el  $K_c$  se estima experimentalmente

y varía de acuerdo a la edad del cultivo, así: cultivos en etapas iniciales de crecimiento tienen tasas de  $ET_c$  menores que la  $ET_o$  y, por lo tanto, el  $K_c$  es inferior a 1,0; cultivos en etapas productivas tienen tasas de  $ET_c$  iguales o mayores que la  $ET_o$  y en este caso el  $K_c$  es igual o mayor a 1,0; y cultivos senescentes presentan tasas de  $ET_c$  inferiores a la  $ET_o$  y los valores de  $K_c$  son inferiores a 1,0.

Los requerimientos de lluvia son diferentes a los requerimientos hídricos, debido a que los primeros deben considerar los factores asociados al balance hídrico. Para los cultivos y para el caso de la caficultura colombiana es necesario conocer los requerimientos mínimos y máximos de lluvia, dado que esta actividad se desarrolla en condiciones de ausencia de riego.

El conocimiento del suministro hídrico que hacen las lluvias es importante para definir prácticas agronómicas como la fertilización, el control de arvenses, las necesidades de integrar sistemas agroforestales al cultivo de café e identificar épocas del año críticas para el cultivo por deficiencia o exceso de agua, que influyen directamente en la dinámica de la floración y el llenado de frutos (2, 5, 12, 16) y en la dinámica de plagas y enfermedades, como por ejemplo, los períodos secos prolongados se asocian con alta incidencia de mancha de hierro causada por *Cercospora coffeicola* (20) y los períodos prolongados de precipitación se asocian con el mal rosado causado por *Corticium salmonicolor* Berk. y Br. (8), con la alta incidencia de *Colletotrichum* sp. en ramas, botones florales y frutos (10) y con problemas de muerte descendente por *Phoma* spp. en zonas altas (9). La distribución de las lluvias determina los períodos de floración del café, los cuales se relacionan directamente con las épocas de mayor nivel de ataque de la broca, al igual que con las tasas de dispersión del insecto (3).

En el presente Avance Técnico se hace una integración de los factores que influyen en las necesidades de agua de los cultivos, con el fin de estimar los rangos mínimos y máximos de lluvia necesarios para el cultivo de café en Colombia, en función de la edad, la distribución de la lluvia dentro del cultivo, la altitud, la cuenca hidrográfica y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, buscando darle una mayor utilidad a los registros de lluvia en las regiones cafeteras.

## El balance de agua en los cafetales

Para la estimación de los requerimientos mínimos y máximos de lluvia para el cultivo del café se empleó la técnica de balance hídrico propuesta por Thornthwaite-Mather y utilizada en café para Brasil por Camargo (4), Delgado *et al.* (7) y Pereira *et al.* (22), y para Colombia por Jaramillo (14) y Ramírez y Gómez (23).

Se utilizó una combinación de diferentes factores:

### Factores del cultivo

- Profundidad de raíces. Se consideraron los trabajos de Suárez de Castro en 1953 y 1960.
- Coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) para cafetales densos (mayores de 6.000 plantas/ha) a diferentes edades. Se consideraron los valores promedio reportados por Allen *et al.* (1), da Silva (6), Gutiérrez y Meinzer (13) y Marín *et al.* (21).
- Lluvia efectiva o neta y escorrentía. Se calcularon a partir de las funciones derivadas de los estudios de Jaramillo y Chávez (18, 19), Jaramillo (15), Giraldo y Jaramillo (11), Ramírez y Jaramillo (24) y Velásquez y Jaramillo (27), los cuales se resumen en la Tabla 1.

### Elementos meteorológicos

Los elementos meteorológicos proveen la energía y los mecanismos necesarios para que ocurra el proceso de evapotranspiración y son principalmente los elementos del clima como radiación solar, temperatura y contenidos de vapor de agua en la atmósfera. Estos elementos varían con la altitud, por lo tanto, la

**Tabla 1.** Factores de cultivo para el café, considerados en el estudio.

Edad (años)	Coefficiente de cultivo ( $K_c$ )	Profundidad de raíces (cm)	Lluvia neta (%)
1	0,80	20	90
2	0,95	30	75
más de 3	1,05	40	55

**Tabla 2.** Relación entre las tasas de Evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ), la altitud y la cuenca hidrográfica (16).

Cuenca hidrográfica	Altitud (m)	Evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) (mm/mes)
Cauca	1.000	103
	1.200	99
	1.400	95
	1.600	92
	1.800	88
Magdalena	1.000	109
	1.200	105
	1.400	100
	1.600	97
	1.800	93

demanda atmosférica de vapor de agua es variable. Jaramillo (17) estimó para la zona andina colombiana una relación exponencial negativa entre la altitud y la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ), anotando además que las tasas de  $ET_o$  para la cuenca del río Cauca son menores que las observadas en la cuenca del río Magdalena (Tabla 2).

### Factores edáficos

Los suelos de la zona cafetera de Colombia son heterogéneos en sus propiedades, dentro de las que se incluyen las propiedades físicas como los porcentajes de arenas, limos y arcillas, y las propiedades químicas como los porcentajes de materia orgánica; ambas propiedades influyen directamente sobre la capacidad de almacenamiento de agua del suelo (25).

El cálculo de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, para diferentes unidades de suelos de la zona cafetera, en función de la profundidad de raíces, se derivó del trabajo de Suárez (26). Los valores promedio se presentan en la Tabla 3 y el total de los registros en la Tabla 5.

Para definir el valor mínimo de lluvia requerida por el café, se empleó el Índice de Humedad del Suelo ( $I.H.S = ET_r / ET_c$ ), el cual se estima a partir de la relación entre la evapotranspiración real ( $ET_r$ ) estimada por el balance hídrico y la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), la cual es igual a  $ET_o \times K_c$ .

Para cada cuenca, rango altitudinal, tipo de suelo y edad del cultivo, se estimó la lluvia mínima necesaria

para que el cultivo no alcance un déficit hídrico crítico, que afecte sus procesos metabólicos, el cual se presenta cuando el I.H.S=0,6. También se estimó la lluvia máxima necesaria, con la cual el suelo alcanza su máxima capacidad de almacenamiento sin generar excesos hídricos y en donde el I.H.S=1,0, con el fin de conocer

las épocas del año en donde hay mayor riesgo de pérdidas de suelo y de nutrientes por exceso hídricos o mayores riesgos de erosión, entre otras.

La diferencia entre la lluvia mínima y la máxima se considera como el **rango óptimo** de lluvia para el cultivo.

## ■ Estimaciones para la zona cafetera

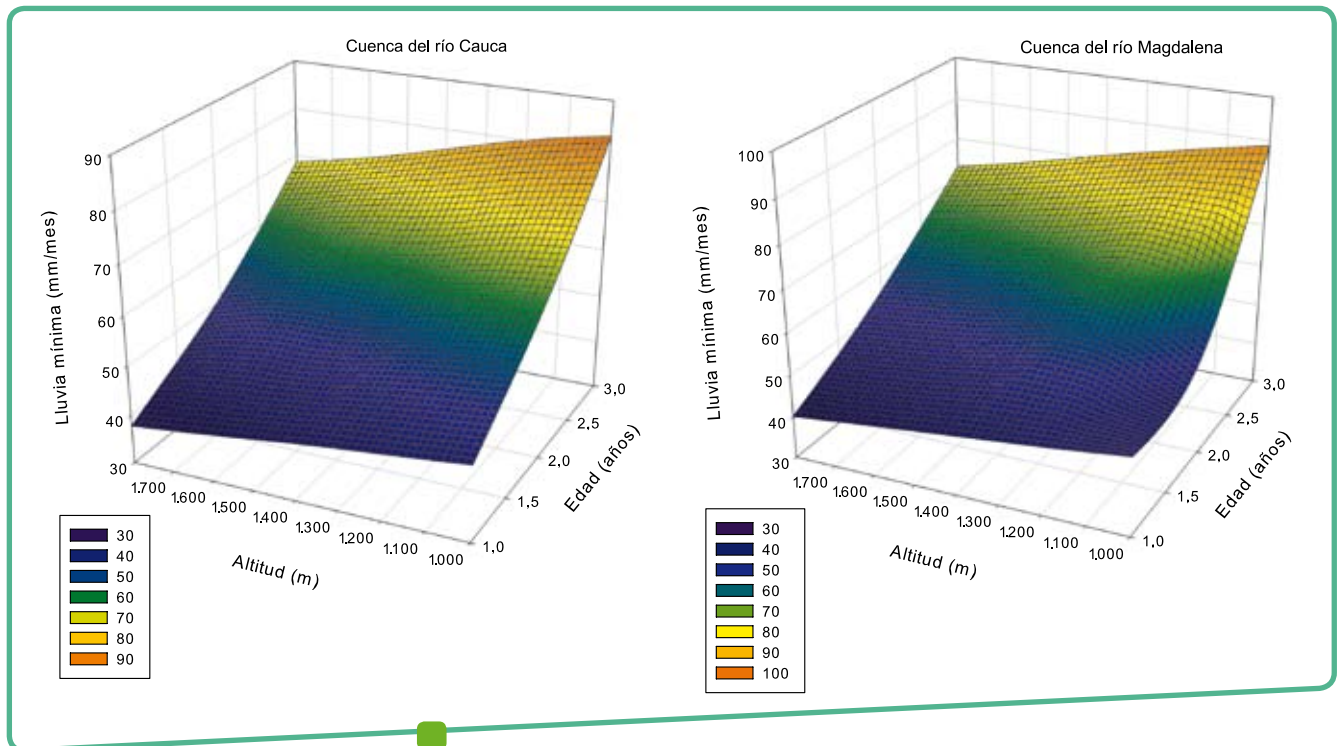
La demanda hídrica del cultivo de café en Colombia está en función de la altura sobre el nivel del mar, la edad del cultivo y la cuenca hidrográfica en donde éste se ubique (Cauca o Magdalena), como se observa en la Figura 1. Los cultivos que estén situados en la cuenca del Magdalena, tienen una mayor demanda atmosférica de vapor agua y, por lo tanto, los requerimientos mínimos de lluvia son mayores que los ubicados en la cuenca del río Cauca.

**Tabla 3.** Rangos de la capacidad de almacenamiento de agua de 76 unidades de suelos de la zona cafetera, en función de la profundidad de las raíces (26).

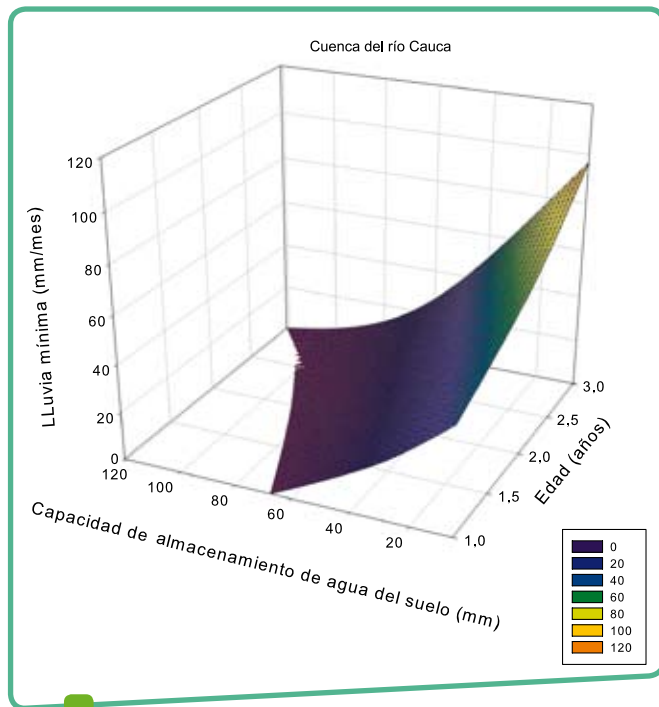
Valores	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Profundidad de raíces/agua disponible		
		20 cm	30 cm	50 cm
(cm <sup>3</sup> / cm <sup>3</sup> )				
<b>Promedio</b>	1,27	26	39	65
<b>Máximo</b>	1,40	48	73	121
<b>Mínimo</b>	0,40	6	8	14
<b>D.E.</b>	0,20	10	15	25
<b>C.V.</b>	18,5	38,8	38,8	38,8

D.E.: Desviación estándar; C.V.: Coeficiente de variación

El tiempo que tarde el cultivo en entrar en déficit hídrico crítico, va a depender de la interacción entre la capacidad del suelo para almacenar agua, de la edad del cultivo (Figura 2), y la demanda atmosférica (altitud y cuenca).



**Figura 1.** Requerimientos hídricos mínimos para el primer mes sin lluvia en relación con la altitud y la edad del cafetal. Los colores corresponden a la cantidad de lluvia (mm).



**Figura 2.** Requerimientos hídricos mínimos para el primer mes sin lluvia, en relación con la edad del cafetal y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Los colores corresponden a la cantidad de lluvia (mm).

Para un mes después de la última lluvia, las necesidades de agua del cultivo son inferiores a las necesidades de los meses siguientes (Tabla 4), lo anterior se debe a que el agua almacenada en el suelo tiene la capacidad de

**Tabla 4.** Rangos óptimos de lluvia para un cultivo de café a diferentes edades y capacidades de almacenamiento de agua en el suelo.

Altitud (m)	Edad del cafetal (años)	Depósito de agua del suelo	Lluvia mínima para I.H.S. =0,6 Meses después de la última lluvia			Lluvia mínima para I.H.S. =1,0
			primer mes	segundo mes	tercer mes	
1.400	1	26	27	48	50	84
		48	12	44	48	84
		6	45	51	51	84
	2	39	30	66	70	120
		73	5	55	66	120
		8	63	73	73	120
	> 3	65	23	94	103	180
		121	0	71	89	180
		14	86	108	109	180

\* I.H.S.: Índice de humedad del suelo

suministrar parte o toda el agua que requiere el cultivo, dependiendo de la capacidad de almacenamiento del suelo, de la edad del cafetal y la altitud. Por ejemplo, para un cultivo de café entre tres y seis años, sembrado en la cuenca del río Cauca, a una altitud de 1.400 m, en un suelo de la Unidad Chinchiná, puede transcurrir un mes sin lluvia y no alcanza un nivel de déficit hídrico crítico, pero ese mismo cultivo, a esa misma altitud y en la misma cuenca, sobre un suelo de menor capacidad de retención de agua, como por ejemplo, sobre la Unidad Salado, necesita mínimo 86 mm de lluvia. Por otra parte, si el cultivo que está en la Unidad Salado cumple un mes consecutivo sin lluvia, para el segundo mes necesitará 108 mm para superar el déficit hídrico crítico (Tabla 4).

Al integrar todos los factores involucrados en la demanda hídrica del cultivo de café en Colombia, se generaron modelos de regresión múltiples, los cuales son aplicables para cafetales sembrados a densidades entre 6.000 y 10.000 plantas/ha. Los modelos fueron puestos en un aplicativo de Excel, el cual se encuentra disponible en la página de Internet de Cenicafe ([www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)). Dicho aplicativo permite calcular las necesidades mínimas y máximas de lluvia para diferentes zonas cafeteras de Colombia y ayudará a interpretar los registros de lluvia que se llevan en muchas zonas.

El aplicativo consta de cinco variables de entrada: Mes, altitud, edad, capacidad de almacenamiento de agua del suelo y cuenca (Figura 3), cada una de las cuales se describen a continuación.

**Mes:** Hace referencia a los meses después de la última lluvia. El requerimiento de lluvia para el primer mes es muy inferior a los meses siguientes.

**Altitud:** Es la altura sobre el nivel del mar en donde se desee hacer el estimativo. Los modelos fueron desarrollados para rangos de altitud entre 1.000 y 1.800 m.

**Edad del cafetal:** Debe ser mayor a 1 año y menor o igual a 6 años.

**Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo:** Los rangos considerados en los modelos van desde 6 a 121 mm. En la Tabla 5, se presentan valores de esta variable para 76 unidades de suelo de ocho departamentos.

**Cuenca:** Como la demanda de agua para la cuenca del Magdalena es mayor que para la cuenca del Cauca, se desarrollaron modelos para cafetales ubicados en ambas cuencas.



Cálculo de los requerimientos mínimos y máximos de lluvia para el cultivo de café

VARIABLE	UNIDAD	VALOR
Mes		1
Altitud	metros	1230
Edad	años	1
Capacidad de almacenamiento de agua del suelo	mm	25
Cuenca		2
LLuvia mínima requerida por el cultivo	mm/mes	31
lluvia máxima requerida por el cultivo	mm/mes	86

**Figura 3.** Vista del aplicativo de Excel desarrollado para calcular los rangos óptimos de lluvia para café en función de la edad, la altitud, el tipo de suelo y la cuenca hidrográfica. Cuenca1:Cauca, Cuenca2:Magdalena.

### ¿Por qué es útil conocer el rango óptimo de lluvia por zonas en Colombia?

- Si la zona está por debajo del rango mínimo habrá estrés hídrico en la planta y afectará el llenado del frutos en cultivos que estén en producción. En cultivos que estén en etapa vegetativa se afectará la tasa de crecimiento.
- Si la zona está en el rango mínimo no se aconseja fertilizar, debido a que en la zona de raíces no hay suficiente humedad que facilite la dilución del fertilizante y la toma de los nutrientes en solución por las raíces del cultivo.
- Se aconseja fertilizar, si la zona está por encima del rango mínimo y por debajo del máximo, ya que la humedad en el suelo facilita la solubilización del fertilizante.
- Si la lluvia está por encima del rango máximo no se aconseja fertilizar, debido a que habrá riesgos de pérdida del fertilizante por percolación y escorrentía.
- En combinación con la información de brillo solar es útil para identificar necesidades de sombrero, tanto de establecimiento o de raleo. Si la zona tiene dos meses consecutivos de lluvia, por debajo del valor mínimo requerido por el cultivo, es necesario manejar sistemas agroforestales y recomendar prácticas de conservación del agua en el suelo como adiciones de residuos de cosecha en las calles y platos, desyerbas frecuentes y adiciones de materia orgánica.
- Si se presentan más de dos meses consecutivos con lluvias por encima del óptimo se aconseja intensificar las prácticas de conservación de suelos que permitan una mayor cobertura del suelo y evitar así los riesgos de pérdidas de suelo y nutrientes.

### LITERATURA CITADA

1. ALLEN G.,R.; PEREIRA., S.L; RAES.D; SMITH.M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Publication No. 56. Rome. 300p.
2. ARCILA P.,J. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta de café En: ARCILA P., J.; FARFÁN V., F.; MORENO B.; A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G. Sistemas de producción de café en Colombia. Cenicafé. p. 21-60.
3. ARCILA P., J.; JARAMILLO R., A.; BALDIÓN R., V.; BUSTILLO P., A.E. 1993. La floración del cafeto y su relación con el control de la broca. Avances Técnicos Cenicafé. No 193.6p.
4. CAMARGO A., P. Zoneamento de aptidao climática para cultura comerciais em áreas de cerrado. In: Simposio sobre Cerrado; bases para utilizacao agropecuaria, 4º, Brasil, Atatiaia, 1977:89-120.
5. CAMAYO, V.G.C.; ARCILA,P.J. Desarrollo floral del cafeto en condiciones de la zona cafetera colombiana (Chinchiná-Caldas). Avances Técnicos Cenicafé. No 245.8p.

**Tabla 5.** Capacidad de almacenamiento de agua del suelo para 76 unidades de suelos cafeteros de Colombia, estimadas a partir de Suárez (26), en función de la edad del cafetal (1 año=20 cm; 2 años=30 cm y > 3 años=50 cm).

Departamento	Unidad	Referencia	Agua disponible	Profundidad de raíces/agua disponible			Departamento	Unidad	Referencia	Agua disponible	Profundidad de raíces/agua disponible		
			cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	20 cm	30 cm	50 cm				cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	20 cm	30 cm	50 cm
				mm							mm		
Risaralda	Chinchiná	CH1	22,9	46	69	114	Quindío	Malabar	MA1	12,3	25	37	62
		CH2	12,4	25	37	62		Montenegro	MO1	12,2	24	37	61
		CH3	5,3	11	16	26		MO2	21,7	43	65	109	
		CH4	16,6	33	50	83		Patio	PA1	19,1	38	57	96
		CH6	14,6	29	44	73		Quindío	QI1	14,3	29	43	72
		CH8	18,0	36	54	90		Génova	GE1	13,4	27	40	67
	Malabar	MA1	11,0	22	33	55		Buena	BV1	15,0	30	45	75
		MA4	7,7	15	23	39	Tolima	Fresno	FR1	19,7	39	59	99
	Parnaso	PA1	9,1	18	27	46		FR2	23,2	46	70	116	
		PA2	13,1	26	39	65		Libano	LI1	17,0	34	51	85
		PA3	12,2	24	37	61			L12	14,6	29	44	73
		PA4	5,4	11	16	27			Veracruz	VE1	10,2	20	31
	Catarina	CA1	13,4	27	40	67		Guadalupe	GU1	10,6	21	32	53
Pulpito	PU1	12,3	25	37	61	San Simón		SA1	13,7	27	41	69	
Puente Umbría	PH1	9,5	19	29	48	Guadalupe	GU2	8,3	17	25	42		
Belén	BE1	10,9	22	33	54	Valle	Chinchiná	CH1	24,2	48	73	121	
Caldas	Chinchiná	CH1	12,2	24	37		61	CH2	16,7	33	50	84	
		CH2	18,2	36	55		91	La estrella	ES1	3,3	7	10	17
	Letras	LE1	19,8	40	59		99	Parnaso	PA1	10,9	22	33	55
	Violeta	VL1	17,5	35	53		88	Higueron	HI1	14,5	29	44	73
	Malabar	MA1	12,6	25	38		63	Chinchiná	CH3	15,0	30	45	75
	Frisolina	ER1	11,8	24	35		59	Malabar	MA1	4,5	9	14	23
	Fresno	FE1	17,3	35	52	86	Antioquia	Salinas	SA1	14,5	29	44	73
Cauca	Pubenza	Pu1	16,2	32	49	81		SA2	3,9	8	12	20	
	Timbrío	TI1	13,5	27	40	67		Amagá	AM1	6,2	12	19	31
	Cajibío	Ca1	15,9	32	48	79		Venecia	VE1	9,1	18	27	46
	Piendamó	Pi1	11,5	23	34	57		VE2	6,8	14	20	34	
	El Hato	Ho1	9,5	19	28	47		VE3	6,8	14	20	34	
Huila	El Rosario	RO1	16,5	33	50	83		VE4	8,5	17	26	43	
		SO1	7,2	14	22	36	Suroeste	SU1	11,2	22	34	56	
	El Socorro	SO2	16,0	32	48	80	Chinchiná	CH1	18,1	36	54	91	
		SA1	18,8	38	56	94	Pueblito	PU1	6,5	13	20	33	
	San Agustín	SA2	7,7	15	23	39	Chinchiná	CH2	21,7	43	65	109	
		SAL	2,8	6	8	14	Titiribí	TI1	13,1	26	39	66	
	Salado	SAA	6,0	12	18	30	TI2	11,4	23	34	57		
	San Adolfo	SAA	6,0	12	18	30	200	PA1	14,6	29	44	73	
	Guadalupe	GU1	14,5	29	44	73	PA2	14,8	30	44	74		
	La Cristalina	CR1	16,5	33	50	83	Salgar	SA1	23,6	47	71	118	
La Espiga	ES1	9,8	20	29	49	Titiribí	TI2	9,0	18	27	45		

6. Da SILVA, A.L. 2005. Variabilidade dos componentes do balanço hídrico: um estado de caso em uma cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no Brasil. Tesis de Doctor (Ph.D) en Agronomía/Universidad de Sao Paulo-Escuela Superior de Agricultura Luiz do Queiroz. Brasil.73p.
7. DELGADO A.,E.; EVANGELISTA A.,B.; MACENA D., A. RODRIGUES D.,S.A.; ALVES E.,R.; De SOUZA L.,TS.; PINTO S., H.; ZULLO J. 2001. Zoneamiento agroclimático para a cultura da café (*Coffea arabica* L.) no estado de Goiás e sudoeste do estado da Bahia. Revista Brasileira de Agrometeorología 9(3):510-518.
8. GALVIS, G.C.A. 2002. El mal rosado del cafeto. Avances Técnicos Cenicafé. No 299.4p.
9. GIL, V.L.F. 2001. La muerte descendente del cafeto (*Phoma* spp.) Avances Técnicos Cenicafé. No 278.4p.
10. GIL, V.L.F. 2001. Descripción de daños ocasionados por *Colletotrichum* sp. En flores y frutos de café en Colombia. Avances Técnicos Cenicafé. No 288.4p.
11. GIRALDO J., J.F.; JARAMILLO R., A. 2004. Ciclo hidrológico y transporte de nutrimentos en cafetales bajo diferentes densidades de sombrero de guamo. Cenicafé 55(1):52-68.
12. GÓMEZ G., L. Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del cafeto. Cenicafé 28(1):3-17.1977
13. GUTIÉRREZ M., V.; MEINZER C. 1994. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. Journal of American Horticulture Science 119(3):652-657.
14. JARAMILLO, R., A. 1982. Balance hídrico de la zona cafetera Colombiana. Cenicafé 33(1):15-28.
15. JARAMILLO R., A. 1999. Distribución de la lluvia dentro de los cafetales. Avances Técnicos Cenicafé. No 262.4p.
16. JARAMILLO R., A. 2005. Clima andino y café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé.192p.
17. JARAMILLO R., A.2006. Evapotranspiración de referencia en la región andina de Colombia. Cenicafé 57(4):288-298.
18. JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B. 1998. Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de (*Coffea arabica* L) al sol y bajo sombra. Cenicafé 50(2):97-105.
19. JARAMILLO R., A.; CHAVES C., B. 1999. Interceptación de la lluvia en un bosque y en plantaciones de *Coffea arabica* L. Cenicafé 49(2):119-128.
20. LEGUIZAMÓN C., J.E. 1997. La mancha de hierro del cafeto. Avances Técnicos Cenicafé. No 246.4p.
21. MARÍN F., R., ANGELOCCI L., R., RIGHI E., Z., SENTELHAS P.,C. 2005. Evapotranspiration and irrigation of a coffee plantation in southern Brazil. Experimental Agriculture 41(2):187-197.
22. PEREIRA B.,I.; Da SILVA A.,L.; REICHARD K.; DURANDO N., D.; OLIVEIRA SANTOS O.,B.; VOLPE C.,A. 2007.Comparison between climatological and field water balance for a coffee crop. Sci. Agric.(Piracicaba, Brazil).64(3):215-220.
23. RAMÍREZ B.,V.H.; GÓMEZ M., O.F. 2005. Variaciones en el índice de humedad del suelo debido al fenómeno de El Niño y La Niña (ENSO) en del departamento de Risaralda (Colombia); Boletín de Investigaciones de Unisarc 3(1):8-15.
24. RAMÍREZ B.,V.H.; JARAMILLO R., A. 2007. Distribución de la lluvia en cuatro coberturas vegetales de la zona andina. Boletín de Investigaciones de Unisarc 5(1):19-33.
25. SUÁREZ V., S. 1998 Características físicas de los suelos del departamento de Risaralda, relacionadas con el uso, manejo y su conservación. Avances Técnicos Cenicafé No.257.8p.
26. SUÁREZ V.,S. 2000.Características físicas de los suelos de la zona cafetera colombiana relacionadas con el uso manejo y conservación. En. Simposio sobre suelos de la zona cafetera Colombiana. Julio 24-28. Cenicafé. 17p.
27. VELÁSQUEZ F., S.; JARAMILLO R., A. 2009. Redistribución de la lluvia en diferentes coberturas vegetales de la zona cafetera central de Colombia. Cenicafé. 60(2): 148-160.

Edición: Sandra Milena Marín L.  
 Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar  
 Diagramación: María del Rosario Rodríguez L.  
 Imprenta:

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

**Cenicafé**  
 Centro Nacional de Investigaciones de Café  
 "Pedro Uribe Mejía"

Chinchiná, Caldas, Colombia  
 Tel. (6) 8506550 Fax. (6) 8504723  
 A.A. 2427 Manizales  
 www.cenicafe.org  
 cenicafe@cafedecolombia.com