

JAIME COLUNGE BENAVIDES*
LUCIO LEGARDA BURBANO **

RESUMEN

El presente trabajo comparó los métodos de Blaney-Cridle, Blaney-Morin, Hargreaves, Holdridge, Papadakis, Thornthwaite y García-López para determinar la evaporación calculada y el método de la evaporación medida en el tanque clase "A", empleando datos obtenidos de seis estaciones meteorológicas de Colombia a saber: Pasto, Palmira, Bello, Rionegro, Duitama y Cereté.

Es necesario aplicar las siguientes normas para calificar las fórmulas de evaporación analizadas en el estudio: a. Concordancia; b. Grado de asociación; c. Incremento de la concordancia con cálculos ajustados; d. Determinación de factores de ajuste para cada lugar. Aplicando dichas normas se concluye que el método de García-López presenta las mejores características de concordancia y grado de asociación. En segundo lugar se consideró la fórmula de Blaney-Morin en cuanto a concordancia y correlación, debiendo emplearse un factor de ajuste regional de 0,64 en promedio. En tercer lugar se recomienda emplear la fórmula de Hargreaves, aplicando a la ecuación original un factor de ajuste de 1,56. La facilidad de aplicar estas tres fórmulas depende de la disponibilidad de los datos meteorológicos correspondientes, ya que se necesita el promedio mensual de temperatura y de humedad relativa.

* Ingeniero Agrónomo

** Profesor Titular, Decano Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia

ABSTRACT

Present work was carried out for comparing the methods: Blaney-Cridle, Blaney-Morin, Hargreaves, Holdridge, Papadakis, Thornthwaite and Garcia-López for determining calculated evaporation with the method of evaporation measured in "A" class tank, using meteorological data from: Pasto, Palmira, Bello, Rionegro, Duitama and Cereté.

For qualifying evaporation formulas, it is necessary to apply following patterns: a. Concordance; b. Grade of association; c. Increase of concordance with fitted calculations; d. Fit factors determination for each place. In accordance with these patterns, Garcia-López method showed best characteristics of concordance and association grade. With Blaney Morin formula a fit regional factor of 0,64 must be employed; with Hargreaves formula a fit factor of 1,56 must be applied to original equation. Easy application of former formulas in depending on corresponding meteorological data availability, because temperature and relative moisture monthly average of are necessary.

INTRODUCCION

La importancia de los estudios sobre evaporación y evapotranspiración se debe a su aplicación inmediata, tanto en riegos y drenajes, como en investigaciones hidrológicas.

La atención que el fenómeno de la evaporación ha merecido por parte de los investigadores en otros países es considerable. Todos han tenido como meta encontrar un método simple, que permita calcular la evaporación o la evapotranspiración en un determinado período y lugar. Hasta ahora, se ha podido comprobar que dichos métodos funcionan bien en las zonas donde fueron desarrolladas y en aquellas en donde los aspectos geográficos y climá

ticos son similares. Pero cuando las condiciones se apartan de aquellas que sirvieron de base a la investigación, las expresiones dan resultados erróneos.

Debido a la escasa información sobre la determinación directa de la evaporación y evapotranspiración en Colombia, a insuficientes datos climáticos y a la mínima evaluación de métodos para estimar la evapotranspiración, se presentan dificultades en la determinación del balance hídrico para uso en la evaluación del clima en el riego y el drenaje; por lo anterior, se recurre, como norma general, al uso de fórmulas que proporcionan una medida indirecta.

Con base en las consideraciones anteriores se ha estimado útil realizar el presente trabajo para comparar los valores de evaporación, deducidos de siete fórmulas de las de uso más frecuente: Blaney-Criddle, Blaney-Morin, García-López, Hargreaves, Holdridge, Papadakis y Thornthwaite, con la evaporación medida en el tanque clase "A", en seis lugares de Colombia a saber: Pasto, Palmira, Duitama, Cereté, Bello y Rionegro.

REVISION DE LITERATURA

Thornthwaite (29), introdujo el concepto de evapotranspiración potencial como la que normalmente ocurre en un cultivo, con abundante humedad en el suelo. Según Penman (26), evapotranspiración es la cantidad de agua transpirada por un cultivo de altura pequeña y uniforme, que cubre totalmente la superficie del suelo el cual tiene suficiente humedad.

Evapotranspiración real o simplemente evapotranspiración es aquella que ocurre cuando la vegetación está sometida a condiciones climáticas y edáficas de suministro de agua, tales que las plantas no pueden transpirar sino el agua de que realmente disponen en el suelo, por encontrarse ésta parcialmente seco (1, 12, 16, 17, 23).

Desde el punto de vista agrícola la medida de la evapo

ración es importante ya que sirve para determinar el consumo de agua por los cultivos. De acuerdo con Gavande (15), su conocimiento permite: a. Programar la irrigación; b. Diseñar sistemas de riego y drenaje; c. Establecer las necesidades de riego para los cultivos; d. Elaborar el balance hídrico diario, mensual, anual y estacional de los cultivos.

Los tanques de evaporación son contruídos de hierro galvanizado o cobre, generalmente circulares y de varios diámetros. En Colombia se usa este instrumento en las estaciones meteorológicas y comúnmente se lo conoce con el nombre de tanque clase "A" (23).

De acuerdo con Grassi (16) y Pruit (27, 28) el procedimiento más confiable para determinar la evapotranspiración de los cultivos, consiste en relacionarla con la evaporación del tanque clase "A", puesto que estos dos fenómenos son procesos similares debido a la integración de varios factores climáticos como temperatura, humedad relativa, radiación solar, brillo solar, déficit de saturación, viento, presión de vapor, precipitación, etc.

López y Mathieson, citados por Grassi (16), realizaron en Venezuela un trabajo, relacionando la evaporación del tanque clase "A" y la evapotranspiración medida en lisímetros, encontrando una correlación de 0,913. García y López (13) también obtuvieron una asociación de 0,881 entre las dos variables en el mismo país.

En los últimos años, los métodos basados en datos meteorológicos son los que posiblemente han merecido más atención por parte de los investigadores y los que preferencialmente se utilizan actualmente (22). A continuación se mencionan los aspectos principales de las fórmulas usadas:

El método de Blaney-Criddle (2, 3) fue desarrollado para las condiciones áridas del Oeste de los Estados Unidos; relaciona el agua consumida por las plantas con

la temperatura y el porcentaje mensual de las horas de brillo solar anual. Esta fórmula usa coeficientes para cada cultivo, lo cual la hace más versátil y de mayor funcionalidad.

El método Blaney-Morin (4) se basa en la temperatura, humedad relativa y porcentaje de horas luz. Entre los métodos sencillos para determinar la evapotranspiración en latitudes de regiones áridas es bastante aceptable, tal como lo comprobó Brutsaert (5) el encontrar una correlación de 0,73 mayor que la obtenida por la fórmula de Blaney-Criddle ($r = 0,58$).

El método de Hargreaves (18) fue elaborado para regiones medias de los Estados Unidos. Este autor considera la evaporación como un proceso físico que puede evaluarse en función de la temperatura, la humedad relativa, la duración de la luz de los días del mes, ajustada de acuerdo a la altitud.

El método de Holdridge (19, 20) está basado en la biotemperatura media anual, esto es, la suma de las temperaturas medias mensuales superiores a 0°C divididos por 12, o sea, cuando las plantas realizan actividades biológicas. También en su fórmula incluye ciertos factores que modifican el tiempo que se estudia. Así, para un año se usa el factor 59,93; para un mes de 31 días el factor 5,0; para un mes de 30 días el factor de 4,84 y para uno de 28 días se usa 4,52.

La fórmula de García-López (13, 14) se basa en la relación encontrada entre la evapotranspiración medida en estaciones netamente tropicales, dentro del rango latitudinal 15°N y 15°S y se fundamenta en la influencia del déficit de saturación y la temperatura en la evapotranspiración. Como es difícil obtener los valores de déficit de saturación se calcula a partir de la temperatura media y la humedad relativa por lo cual en la formulación matemática se usa el artificio de sustituir la con dichos valores. El valor de la evapotranspiración potencial obtenida de las tablas está dividido en-

tre 0,812 para calcular la evaporación por la fórmula.

Papadakis (24,25) presenta una fórmula simple basada en el conocimiento del déficit de saturación. Este investigador presenta unas tablas en donde para el cálculo de la evaporación solo es necesario conocer la temperatura máxima y mínima.

El método de Thorntwaite (29,30) se basa en los valores de los promedios mensuales de temperatura; presenta desventajas, ya que ha sido deducida para las regiones húmedas del Oeste y parte central de los Estados Unidos y los promedios estacionales de temperatura en estas zonas templadas presentan una gran variación.

MATERIALES Y METODOS

Los datos meteorológicos, usados en el presente trabajo se obtuvieron de los boletines climáticos publicados por el Instituto Colombiano Agropecuario (7, 8, 9, 10). Algunas características descriptivas de las seis estaciones meteorológicas estudiadas, aparecen en el Cuadro 1.

Métodos

Los métodos para estimar la evaporación en este trabajo fueron los siguientes:

1. Método de Blaney-Morin (4)

$$E = ETP = (K = 1) = \frac{K \cdot t \cdot p}{100} (114 - HR)$$

Donde:

- E = Evaporación mensual en mm
- ETP = evapotranspiración potencial en mm
- t = temperatura media mensual en °C
- p = porcentaje mensual de las horas anuales de iluminación.
- HR = porcentaje mensual de la humedad relativa

2. Método de Thornthwaite (29, 30)

$$E = ETP = 1,6 \left(\frac{10 T}{I} \right)^a$$

donde:

E = evaporación mensual en mm

ETP = evapotranspiración potencial

T = temperatura media mensual en °C

a = exponente que es función del índice calórico anual
 $a = 0,000000765(I)^3 - 0,0000771(I)^2 + 0,01792(I) + 0,49239$

I = índice de calor anual, igual a la suma de los índices mensuales i

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,515}$$

3. Método de Papadakis (24,25)

$$E = ETP = 0.5625 (T_{\max} - T_{\min})^{-2}$$

donde:

E = Evaporación mensual en mm

T_{\max} = temperatura mensual media máxima en °C

T_{\min} = temperatura mensual media mínima en °C

4. Método de Blaney-Criddle (2,3)

$$E = ETP (K = 1) = KF = K p(8,12 + 0,457t)$$

donde:

E = evaporación de una superficie libre de agua en mm/mes

ETP = evapotranspiración potencial en mm

F = suma de los factores mensuales de evaporación

P = porcentaje mensual de las horas anuales de iluminación

t = temperatura media mensual en °C

5. Método de Hargreaves (18)

$$E = ETP (K = 1) = 17,37 d t (1,0 - 0,01 HR)$$

donde:

E = evaporación mensual en mm

d = coeficiente mensual de duración del día

t = temperatura media mensual °C

HR = humedad relativa media al mediodía

$$HR_m = 1,0 + 0,01HR + 0,004HR^2$$

6. Método de Holdridge (19, 20)

$$E = \frac{\text{Factor ETP}}{P}$$

donde:

P = precipitación mensual en mm

Factor ETP = $58,93 \left(\frac{\text{Intervalo de tiempo}}{\text{Tiempo de un año}} \right) \times \text{biotemperatura}$

7. Método de García López (13,14)

$$E = \frac{ETP}{0,81} = \left(\frac{1}{0,81} ETP \right) = \left[1,21 \times 10^{\frac{7,45}{243,7T}} \times (10 - 0,1HR) + 0,21T - 2,30 \right]$$

donde:

E = Evaporación mensual en mm

ETP = evapotranspiración potencial

T = Temperatura en °C

HR = humedad relativa media en las horas diurnas

$$= \frac{HR \text{ de 8 horas} + HR \text{ de las 14 horas}}{2}$$

Procedimiento

A los datos de evaporación medida en el tanque, se

les hizo un análisis estadístico preliminar en el que se determinó la desviación estandar de las diferencias y la correlación lineal. Se determinaron promedios locales de factores de ajuste $A = E$ (fórmula)/ E (tanque). Posteriormente se repitió el cálculo de la evaporación (E) pero esta vez ajustadas las fórmulas con su respectivo factor de Ajuste (A) y a estos resultados se les hizo un nuevo análisis estadístico calculando la desviación estandar de las diferencias.

La evaporación en las estaciones estudiadas se obtuvo por medio de tanques clase "A", que tienen las siguientes dimensiones: 1,20 m de diámetro por 0,25 m de profundidad y a 0,15 m de altura sobre la superficie del suelo. La lámina de agua sobre el tanque es de 0,20 m, con un borde libre de 0,05 m. La medida de evaporación se obtiene por diferencia de niveles menos la precipitación cuando ésta se presenta.

Para determinar la precisión y concordancia de los diferentes métodos estudiados se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: coeficiente de correlación, el cual se empleó como medidor de la precisión de cada una de las fórmulas, indicando el mayor o menor grado de paralelismo entre los valores medidos y calculados de la evaporación; la desviación estandar de las diferencias para determinar el mayor o menor grado de acercamiento entre el valor medido y el calculado. Además, ésta permite comparar los resultados obtenidos en varios sitios, pues es independiente del número de meses estudiados.

RESULTADOS Y DISCUSION

El grado de asociación entre la evaporación medida (tanque) y la evaporación calculada por el método de Blaney-Criddle, fue baja para las regiones analizadas. Los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los determinados por Legarda y Forsythe (22) en Costa Rica, y a los encontrados por García-López (13) en Venezuela.

El método de Blaney-Criddle, sobreestima los valores de la evaporación obtenidos por el método del tanque clase "A"; es decir, los valores calculados son superiores a los valores reales, como se observa en los Cuadros 2 a 8, debido posiblemente a que este método fue diseñado para zonas ecológicamente diferentes a las estudiadas.

El método de Blaney-Morin presentó mejor correlación y desviación que el de Blaney-Criddle, Thornthwaite y Holdridge, posiblemente por tomar en cuenta un mayor número de factores meteorológicos. En general, para las regiones de Pasto, Bello y Duitama se obtuvo mayor asociación y concordancia que los tres métodos anteriormente mencionados.

La correlación entre la evaporación medida en el tanque y la calculada por el método de Hargreaves es superior a la encontrada por el método de Blaney-Criddle, Holdridge, Papadakis, Thornthwaite. En zonas tropicales de Venezuela (16) este método presentó mejores resultados que el de Blaney-Criddle y Thornthwaite, encontrándose la misma característica en el presente estudio.

Los resultados de evaporación obtenidos con el método de Hargreaves a partir de cálculos ajustados son aceptables, ya que la desviación estandar disminuyó para todos los casos alrededor de 127%, en promedio. Este descenso en el valor de la desviación al aplicarle un factor de 1,56 significó que la fórmula tiene errores sistemáticos de sesgo o sea falta de concordancia (Cuadro 8).

En general, se aprecia que las correlaciones y concordancias del método de Holdridge en la mayoría de las zonas estudiadas no son satisfactorios. Tiende a sobreestimar la evaporación medida; es decir, que sus valores son superiores a los reales, tanto en las regiones semihúmedas como en las húmedas (Cuadro 2 a 8). Resultados similares a los anteriores fueron obtenidos por Legarda y Forsythe (22) en Costa Rica y Jamaica.

Holdridge incluye en su formulación matemática de esti-

mación de la evaporación el parámetro precipitación, que según Blaney-Criddle (3) tiene un efecto inversamente proporcional con la cantidad de agua evaporada; sin embargo, por los resultados obtenidos en este estudio se presume que la precipitación es un factor que poco influye en el proceso evaporativo de una superficie de agua a nivel tropical.

El método de García-López presenta buena concordancia y grado de ajuste en comparación a los de Blaney-Criddle, Blaney-Morin, Hargreaves, Holdridge, Papadakis y Thornthwaite en Pasto, considerándose que para esta zona puede aplicarse este método con factores de corrección o sin ellos, pues los resultados obtenidos son bastante satisfactorios (Cuadro 2). Para las demás regiones se debe aplicar esta ecuación con amplia confiabilidad pero utilizando los respectivos factores de ajuste (Cuadro 4 a 8).

Esta fórmula se presenta como la mejor, entre los métodos arriba mencionados, posiblemente debido a que además de la temperatura, tiene en cuenta la humedad relativa, como factor de gran importancia en el trópico y también porque parece ajustarse mejor a las condiciones tropicales para las cuales fue creada. Para las seis regiones estudiadas se obtuvo la mejor concordancia con cálculos ajustados entre los valores de evaporación (fórmula) y los valores de evaporación (tanque) y también la mejor correlación entre estas dos variables como se aprecia en los Cuadros 2 a 8. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por varios investigadores (13, 14, 22) en áreas tropicales.

La desviación de los valores de evaporación obtenidos por el método de García-López, en las regiones estudiadas tuvo errores sistemáticos de sesgo, ya que la desviación estandar disminuyó en promedio un 53%. Además, el factor de ajuste presentó cierta uniformidad de valor, el cual fluctúa entre 0,85 y 1,41.

Para las regiones de Cereté, Duitama y Palmira la fórmula de Papadakis presenta una buena concordancia. En

En la mayoría de las regiones la concordancia no se incrementó lo suficiente (6%), al aplicar el promedio del factor de ajuste a la fórmula, por lo tanto no justificaría emplear el mencionado factor en este caso (Cuadro 8), sino la expresión de Papadakis en su condición original.

Este método en su formulación original tiene en cuenta la presión de saturación del valor promedio máximo diario y la presión de saturación del valor promedio mínimo diario con lo cual se obtiene buenos resultados. Sin embargo, sería poco apropiada la obtención de una fórmula directamente a partir de estos parámetros ya que no los reportan en la mayoría de los boletines climáticos de Colombia, los cuales además, son escasos. De allí que el autor propusiera el uso de unas tablas donde para el cálculo de la evaporación solo es necesario conocer la temperatura máxima y mínima, la cual es de fácil obtención. Al emplear estos factores el método pierde cierta precisión según comprobación realizada por García-López (13) en varias zonas de Venezuela; sin embargo, en el presente trabajo el método de Papadakis es más preciso que los de Blaney-Criddle, Thornthwaite y Holdridge, en las regiones de Pasto, Bello, Rionegro, Cereté, Duitama, según puede analizarse en los cuadros 2 a 8.

El grado de asociación encontrado entre la evaporación medida en el tanque y la evaporación calculada por el método de Thornthwaite, es bajo en comparación con el obtenido por los métodos de Papadakis, García-López, Holdridge, Hargreaves y Blaney-Morin. Igual tendencia ocurre con la concordancia, como puede observarse en los Cuadros 2 a 8. Ello se debe a que Thornthwaite en su expresión matemática solo incluye el parámetro temperatura media mensual, lo cual implica que esta fórmula no capta de manera completa las variaciones climáticas del proceso de la evaporación, logrando por lo tanto, baja confiabilidad.

Este método tiene parecidas limitaciones al de Blaney-

Criddle, el cual también tiene en cuenta la temperatura como factor principal. Además, no se ajusta a las condiciones tropicales, según estudios realizados en regiones de Jamaica (11), Congo (5), Brasil (6), Venezuela (13) y Costa Rica (22), donde también se ha encontrado poca confiabilidad.

CONCLUSIONES

Es necesario aplicar las siguientes normas para calificar las fórmulas de evaporación analizadas en este estudio; a. Concordancia; b. Grado de asociación; c. Incremento de la concordancia con cálculos ajustados; d. Determinación de factores de ajuste para cada lugar. Aplicando dichas normas se concluye que el método de García-López presenta las mejores características de concordancia y grado de asociación.

En segundo lugar se consideró la fórmula de Blaney-Morin en cuanto a concordancia y correlación, debiendo emplearse un factor de ajuste regional de 0,64 en promedio. En tercer lugar se recomienda emplear la fórmula de Hargreaves, aplicando a la ecuación original un factor de ajuste de 1,56. La facilidad de aplicar estas tres fórmulas dependen de la disponibilidad de los datos meteorológicos correspondientes ya que se necesita el promedio mensual de la temperatura y de la humedad relativa.

LITERATURA CITADA

1. ALFARO, J. A. y MARIN, J.V. Métodos para estimar la evapotranspiración. Bogotá, (Colombia). Instituto de Fomento Algodonero, 15 p. 1967.
2. BLANEY, H. F. y CRIDDLE, W.F. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. Soil conservation Service, (United States). Technical Paper 96. 40p. 1950.

3. _____. Determining consumptive use and irrigation water requirements. Washington United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. (United States). Technical Paper 1275. 52p 1962.
4. _____. y MORIN, K.V. Evaporation and consumptive use of water empirical formulas. Part I, Transaction of American Geophysical Union (United States) 23: 76-83. 1942.
5. BRUTSAERI, W. Evaluation of some practical methods of estimating evapotranspiration in arid climates at low latitudes. Water Resources Research 1(2): 187-191. 1965.
6. CAMARGO, P. Contribuição para a determinação de evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo. Bragantia. (Brasil) 21(12): 163-213. 1962.
7. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Boletín Climatológico, 1968. Bogotá, (Colombia), Departamento de Ingeniería Agrícola. 41p. 1960.
8. _____. Boletín Climatológico 1969. Bogotá, (Colombia). Departamento de Ingeniería Agrícola. 50p 1971.
9. _____. Boletín Climatológico 1970. Bogotá, (Colombia). Departamento de Ingeniería Agrícola. 45p. 1972.
10. _____. Boletín Climatológico 1971. Bogotá, (Colombia). Departamento de Ingeniería Agrícola. 45 p. 1972.
11. COWAN, I.R. e INNES, R.P. Meteorology, evaporation and the water requirements of sugar cane. Jamaica, Proceedings Meeting BWI Sugar Technologists. pp. 22-31. 1955.

DESVIACION	17,31	10,41	45,15	92,91	99,241	89,8	AVDASTAV
CORRELACION	123,0	507,0	267,0	118,0	182,0	200,0	NOICIVIA
FACTOR DE AJUSTE	99,1	281,1	926,1	308,0	339,3	540,1	ESTADISTICA
DESV. AJUSTADA	99,31	39,01	47,9	33,6	40,41	69,8	LOPEZ
	20,1						MORIN
	33,0						CRILDLE
	5,51						YENAVB
							-VICRVA
							SOCITISTICA
							LOPEZ
							YENAVB
							CRILDLE
							YENAVB
							BLANVA
							YENAVB
							HARRGRVH
							SEAVVAVVH
							HOLDRIH
							EGDRID
							PAPVAVV
							SIKVAVV
							THORNTWAITE

S O D O T E M

SOMÉTROS

CUADRO 2. Características descriptivas de las regiones estudiadas en Colombia (*)

Estación meteorológica	Obonuco	Palmita	Surbatá	Tulio Ospina	Turipaná	La Selva
Municipio	Pasto	Palmita	Duitama	Bello	Cereté	Rionegro
Departamento	Nariño	Valle	Boyacá	Antioquia	Córdoba	Antioquia
Latitud	1°13'N	3°32'N	5°50'N	6°27'N	8°57'N	6°20'N
Longitud	77°16'W	76°16'W	73°W	15°32'W	75°08'W	76°20'W
Altitud, m	2.528	1.006	2.532	1.438	15	2.200
Tem. media anual, °C	13,8	2,32	14,1	21,1	27,4	16,2
Temp. media máxima anual, °C	17,7	29,2	21,1	27,8	33,5	21,7
Temp. media mínima anual, °C	8,6	18,4	6,9	14,3	21,5	11,5
Precipitación anual, mm	991,5	1.103,3	808,0	1.586,4	1.038,7	2.059,7
Humedad relativa media anual %	74,0	76,0	71,0	75,0	80,0	82,0
Brillo solar diario, horas	3,3	5,4	5,6	5,1	6,0	4,6
Organismo que la controla	ICA	ICA	ICA	ICA	ICA	ICA
Años analizados	1966-1970	1966-1970	1968-1971	1970-1971	1966-1967	1970-1971

(*) Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

CUADRO 4. Desviaciones, correlaciones, factores de ajuste y desviaciones ajustadas obtenidas para Bello, al comparar los diferentes métodos estudiados.

PARAMETROS	M E T O D O S							
	ESTADISTICOS LOPEZ	GARCIA LOPEZ	BLANEY CRIDDLE	BLANEY MORIN	HARGREAVES	HOLDRIDGE	PAPADAKIS	THORNTWHAITE
DESVIACION	21,87	37,04	51,81	53,08	30,94	22,65	38,22	
CORRELACION	0,924	0,695	0,742	0,778	0,371	0,484	0,781	
FACTOR AJUSTE	1,187	1,315	0,600	0,467	0,881	1,125	0,737	
DESVIAC. AJUSTADA	1,33	20,24	16,05	17,55	27,43	21,55	16,65	

CUADRO 3. Desviaciones, correlaciones, factores de ajuste y desviaciones ajustadas obtenidos para Palmira al comparar los métodos estudiados.

PARAMETROS	M E T O D O S							
	ESTADISTICOS LOPEZ	GARCIA LOPEZ	BLANEY CRIDDLE	BLANEY MORIN	HARGREAVES	HOLDRIDGE	PAPADAKIS	THORNTWHAITE
DESVIACION	39,56	42,25	53,03	59,57	29,31	19,37	34,90	
CORRELACION	0,785	0,132	0,522	0,624	0,383	0,579	0,449	
FACTOR DE AJUSTE	1,336	1,349	0,615	0,516	0,125	1,060	0,804	
DESVIACION AJUSTE	15,86	24,00	20,88	18,97	25,73	19,74	21,60	

Desviaciones, correlaciones, factores de ajuste y desviaciones ajustadas obtenidas para Rionegro, al comparar los diferentes métodos estudiados.

PARAMETROS

S O D O T E M

ESTADISTICOS	H O L D R I D G E					P A P A D A K I S				
	BLANEY LOPEZ	BLANEY CRIDDLE	BLANEY MORIN	HARGREAVES	THORNTWAITE	BLANEY LOPEZ	BLANEY CRIDDLE	BLANEY MORIN	HARGREAVES	THORNTWAITE
DESV. ESTADAR	50,8	70,11	20,8	00,6	70,41	69,8	12,59	19,61	0,755	0,023
CORRELACION	0,772	0,553	0,787	0,713	0,227	0,755	0,064	0,755	0,755	0,023
FACTOR AJUSTE	122,1	236	0,36	0,816	0,72	1,317	12,59	1,317	1,317	0,064

DESV. ESTADAR

CORRELACION

FACTOR AJUSTE

CUADRO 6. Desviaciones, correlaciones, factores de ajuste y desviaciones ajustadas obtenidas para Duitama, al comparar los diferentes métodos estudiados.

M E T O D O S

PARAMETROS

ESTADISTICOS

ESTADISTICOS	GARCIA LOPEZ		BLANEY CRIDDLE		BLANEY MORIN		HARGREAVES		H O L D R I D G E		P A P A D A K I S		T H O R N T W A I T E	
	DESVIACION	22,73	113,57	52,25	28,30	32,68	20,74	46,08	0,117	0,527	0,989	23,93	16,25	23,95
CORRELACION	0,746	0,194	0,617	0,596	0,540	0,527	0,117	0,527	0,989	23,93	16,25	23,95	19,27	19,96
FACTOR AJUSTE	0,858	2,247	0,532	1,267	0,761	0,989	0,626	0,858	2,247	0,532	1,267	0,761	0,989	23,93
DESV. CORREGIDA	16,25	23,95	19,27	19,96	21,43	20,53	23,93	16,25	23,95	19,27	19,96	21,43	20,53	23,93

DESV. CORREGIDA

CORRELACION

FACTOR AJUSTE

DESVIACION

CUADRO 7. Desviaciones, correlaciones, factores de ajuste y desviaciones ajustadas obtenidas para Cereté, al comparar los diferentes métodos estudiados.

PARAMETROS	M E T O D O S					
	GARCIA- LOPEZ	BLANEY- CRIDDLE	BLANEY- MORIN	HARGREAVES	HOLDRIDGE	PAPADAKIS THORNTWHAITE
DESVIACION	62,18	65,28	100,74	66,42	71,48	53,62
CORRELACION	0,929	0,227	0,484	0,548	0,150	0,556
FACTOR AJUSTE	1,415	1,243	0,554	1,366	1,188	1,170
DESV. CORREGIDA	50,38	64,84	60,67	60,45	70,73	55,91

CUADRO 8. Promedios de desviaciones, correlaciones, factores de ajuste "A" y desviaciones corregidas para todas las regiones estudiadas.

PARAMETROS	M E T O D O S					
	GARCIA- LOPEZ	BLANEY- CRIDDLE	BLANEY- MORIN	HARGREAVES	HOLDRIDGE	PAPADAKIS THORNTWHAITE
DESVIACIONES	28,24	99,17	48,94	51,34	32,17	24,95
CORRELACION	0,831	0,34	0,66	0,68	0,40	0,54
FAC. AJUSTE "A"	1,18	2,34	0,64	1,56	1,03	1,12
DESV. CORREGIDA	18,43	23,63	22,37	22,61	28,34	23,35