

EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO CEBOLLA EN QUÍBOR, VENEZUELA. MEDICIÓN CON LISÍMETRO Y ESTIMACIÓN CON METODOLOGÍA DE DOS PASOS FAO*

Evapotranspiration of onion crop in Quibor, Venezuela. Lysimeter measures and estimation with the two step methodology FAO

Yelitza García¹, Juan José Brito² y Jorge López¹

RESUMEN

El cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), asociado a condiciones semiáridas en el noreste de Venezuela, requiere de riego. La disponibilidad de agua es necesaria para su normal desarrollo. El objetivo en este trabajo fue comparar la lámina de agua consumida por el cultivo de cebolla obtenida con lisímetros elementales y la evapotranspiración del cultivo, estimada con la metodología de dos pasos, que incluye la fórmula de Penman-Monteith y Hargreaves-Samani y los coeficientes de cultivo respectivos. Para la medición de la lámina de agua consumida o evapotranspiración real (ET_r), se construyeron tres lisímetros elementales en campo, en el Valle de Quíbor, estado Lara. El volumen y el calendario de riego, se aplicaron de acuerdo con el manejo tradicional de la zona. El riego se aplicó de forma directa, midiendo el volumen de cada riego con un instrumento volumétrico, mientras que el volumen de drenaje se midió diariamente en cada uno de los lisímetros. Mediante un balance hídrico se estimó la lámina de agua consumida (ET_r). La información climática se obtuvo de la estación meteorológica del INIA-Lara. La lámina promedio total de riego y de drenaje fue 592,34 y 127,57 mm, respectivamente. La lámina promedio consumida, tomando en cuenta la precipitación efectiva (153,10 mm) fue 617,87 mm. Las estimaciones de evapotranspiración obtenidas por la metodología de dos pasos, mostraron bajos valores con relación a las mediciones lisimétricas. A pesar de la subestimación, se obtuvo una alta correlación entre valores acumulados de evapotranspiración estimada (ET_c) del cultivo y ET_r medida con lisímetro.

Palabras clave: *Allium cepa*, riego, Penman-Monteith, Hargreaves-Samani.

ABSTRACT

The onion (*Allium cepa* L.) crop, associated with semiarid conditions in the north east part of Venezuela, need irrigation, for which the knowledge of water availability and its hydric demand, is necessary for planning irrigation for its normal development. The objective of the present work was to compare the depth water consumed by the onion crop obtained by elementary lysimeters and crop evapotranspiration estimated with the two step methodology by FAO using the Penman-Monteith and Hargreaves-Samani formulas for getting reference crop evapotranspiration and the respective crop coefficients. For depth consumed or real evapotranspiration (ET_r) measurements, three lysimeters were builded on field, in Quíbor Valley, Lara State. The volume of applied water and the irrigation schedule were made according to the traditional management on this area. Irrigation was directly applied, measuring the volume of each watering with a volumetric meter, while the drainage volume was measured daily in each lysimeter. Water consumtuion was determined by using a water balance. Climate information was obtained from the INIA-LARA meteorological station. The total irrigation and drainage depth was 592.34 and 127.57 mm, respectively. The average consumed water depth for the crop, taking the effective precipitation (153.10 mm) was 617.87 mm. The estimations of crop evapotranspiration from

(*) Recibido: 20-07-2012

Aceptado: 22-03-2013

¹ Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" UCLA. Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. E-mail: yegarcia@ucla.edu.ve; jlopez@ucla.edu.ve

² Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Lara. El Cují. Barquisimeto, Venezuela. Email: jbrito@inia.gov.ve

the two step method, showed low values with relation to the field lisimetric measurements. In spite of underestimation, there was a high correlation between the cumulated values of estimated evapotranspiration and ET_r measured with lisimeter.

Keys words: *Allium cepa*, irrigation, Penman-Monteith, Hargreaves-Samani.

INTRODUCCIÓN

El Valle de Quíbor es uno de los principales productores de cebolla de Venezuela (Ramírez 2001), bajo condiciones deficitarias de humedad y valores elevados de evapotranspiración. El recurso hídrico proveniente de la escorrentía superficial o de los acuíferos subterráneos se regula con el almacenamiento en lagunas o reservorios. El agua almacenada es aplicada con métodos de riego superficiales como serpentín y cantero, por lo que se producen altas pérdidas por evaporación. No obstante, es importante resaltar que se ha detectado una alta eficiencia de riego, del orden del 52% en promedio, con base en los parámetros para calificar el riego por gravedad (CIDIAT 1994).

Desde la década de los setenta, el Valle de Quíbor ha sido objeto de diversos trabajos de investigación (CIDIAT 1994; Ramírez 2001; Rázuri *et al.* 2005; López y Dennett 2007) para caracterizar los suelos, los cultivos, el agua y el clima de la zona. Sin embargo, aún no se ha logrado determinar con precisión los requerimientos hídricos del cultivo cebolla, principal cultivo de la región. Por esta razón, es necesaria la comparación y la medición de la evapotranspiración real del cultivo en las condiciones edafoclimáticas del Valle de Quíbor.

Para determinar la ET_r experimentalmente se requieren aparatos específicos y mediciones precisas de varios parámetros físicos o la aplicación del balance del agua del suelo basada en lisímetros.

Por otra parte, para la estimación de la cantidad de agua requerida por el cultivo, se usan en general valores aportados por fórmulas (Doorenbos y Pruitt 1976 y Allen *et al.* 1998), las cuales están relacionadas directamente con la evaporación medida en tina y con elementos climáticos medidos en estaciones meteorológicas.

Según Aboukhaled *et al.* (1986) y Sentelhas *et al.* (2000), los resultados obtenidos por lisimetría muestran valores más cercanos a la realidad, por lo que conviene la comparación con los obtenidos mediante la aplicación de métodos de estimación sencillos con la finalidad de concluir acerca de metodologías para obtener información a partir de fuentes más seguras, confiables y con bajo costo.

En la ciencia del riego ha habido una constante preocupación por elaborar procedimientos estimativos del consumo de agua de los cultivos, ante la necesidad de planificar y programar apropiadamente el uso de un recurso escaso (Grassi 1998).

El uso de los lisímetros para la medición de la lámina de agua usada por los cultivos es común y permite obtener resultados más cercanos a la realidad (López-Urrea *et al.* 2006); sin embargo suelen ser costosos, por lo que se han ideado diversas opciones para disminuir costos sin afectar significativamente la confiabilidad de la medida. En Venezuela, existen algunos trabajos relacionados con mediciones lisimétricas, Khan *et al.* (1998) diseñaron un lisímetro hidráulico para mediciones de evapotranspiración potencial y obtuvieron ecuaciones correspondientes a la comparación entre valores medidos y estimados de evapotranspiración en el oriente del país. Rodríguez y Pire (2008) utilizaron un lisímetro de pesada para medir evapotranspiración del cultivo de tomate en Tarabana, estado Lara, tales mediciones fueron comparadas con estimaciones obtenidas con diferentes fórmulas (Penman Monteith, Radiación, Bladney Criddle, Hargreaves-Samany, Tina de evaporación).

El objetivo del trabajo fue comparar la lámina de evapotranspiración consumida por el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), obtenida con lisímetros elementales (drenaje modificado) y la evapotranspiración del cultivo estimada con la metodología de dos pasos con las fórmulas de

Penman-Monteith y Hargreaves-Samani y los coeficientes respectivos de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), en Quíbor, estado Lara, Venezuela, localizado en 9°55' N y 69°38' O, a una altitud de 628 msnm, en una zona donde se practica agricultura bajo riego. El clima es semiárido y durante el período experimental (105 días), entre mayo y agosto, la precipitación fue 159,80 mm, mientras que la evaporación alcanzó 570,10 mm.

Se construyeron tres lisímetros en un área de aproximadamente 1 hectárea, la cual se cultivó con cebolla. Para evitar el efecto de advección, el área circundante a los lisímetros fue sembrada con el mismo cultivo en forma simultánea.

El suelo es un aridisol de origen aluvial, clasificado como Typic Camborthids. El análisis de fertilidad de una muestra compuesta del suelo superficial (20 cm de profundidad) mostró una textura arcillosa, porcentaje de materia orgánica medio (2,4 %) y concentraciones altas de P, Ca y K (42, 1500 y 152 mg·kg⁻¹, respectivamente). El pH es alcalino y la conductividad eléctrica baja. En la Figura 1 se muestra el diseño del lisímetro elemental con sus respectivas dimensiones. El mismo implica una modificación al diseño original planteado por Olavarrieta (1998), en cuanto a la ubicación del tubo de drenaje. El autor sugiere colocar un tubo perforado en posición horizontal, en la base de la estructura, para coleccionar el drenaje en una alcantarilla, ubicada a 0,60 m de profundidad, a la cual llega el agua por gravedad. En este trabajo, el tubo se colocó en forma vertical y el agua fue extraída con una bomba manual desde la superficie del suelo.

Debido a las características de homogeneidad del perfil de suelo, no se definieron horizontes diferenciados en los primeros 60 cm de profundidad; por lo que se extrajo la tierra y se colocó al lado del hoyo excavado de manera de restituirla en las condiciones originales. En una de las esquinas del hoyo se excavó un pequeño rectángulo de 20x20 cm con una profundidad de 5

cm, el cual sirvió como recolector del agua drenada para instalar un tubo de 2", por el cual se extrajo el agua. Posteriormente se instaló una membrana de polietileno que evitara la salida del agua del lisímetro y luego se colocó el tubo de aluminio de 2" en la esquina donde se excavó el rectángulo, y se procedió a distribuir la grava de río dentro de la estructura del lisímetro, con un espesor de 15 cm aproximadamente, con pendiente de 5% a favor del tubo de drenaje.

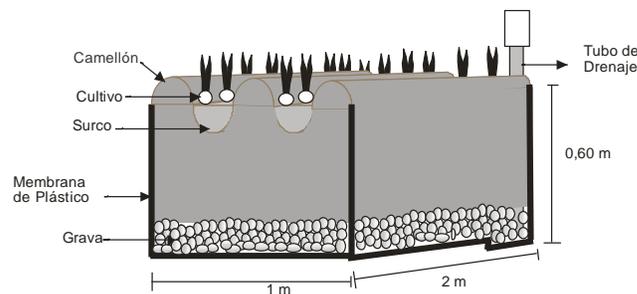


Figura 1. Vista transversal de un lisímetro elemental con respecto a los surcos de riego.

La preparación del terreno y las prácticas de manejo agronómico del cultivo se realizaron siguiendo las prácticas aplicadas en la región. Se utilizó la cebolla variedad TG 438, una de las más conocidas y usadas por los agricultores de la zona.

En cada lisímetro se trazaron dos surcos, quedando así tres camellones por lisímetro. La distancia entre plantas fue de 6 cm, sembradas a ambos lados del camellón, los cuales tenían un ancho promedio de 20 cm.

El volumen de riego (16 aplicaciones) así como el calendario de riego, se aplicó de acuerdo con el manejo tradicional en la zona. Las mediciones de lámina consumida se comenzaron desde el riego de asiento, el cual consiste en proporcionar una cantidad suficiente de agua de manera de garantizar un mojado adecuado y uniforme sobre las camas, y así facilitar la tarea de trasplante de las plántulas. El riego se aplicó de forma directa con manguera, se contabilizó con un medidor volumétrico en el periodo evaluado, el volumen de drenaje se midió diariamente en cada uno de los lisímetros. Se extrajeron muestras gravimétricas para evaluar el contenido de humedad del suelo al principio y al final del ensayo. Mediante la medición de las entradas y salidas de agua en cada uno de los lisímetros se

realizó un balance hídrico, se obtuvo en cada caso la lámina consumida por el cultivo sembrado en el periodo evaluado.

La ET_C representa la necesidad hídrica bruta del cultivo para un desarrollo óptimo y se calcula como el producto de la evapotranspiración de referencia (ET_0) y el coeficiente de cultivo (K_C) (Allen *et al.* 1998). La evapotranspiración de referencia se refiere a la de una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme (12 cm), en crecimiento activo y suelo sombreado. El K_C expresa la proporción entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la de la superficie de referencia.

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia se emplearon las ecuaciones de Penman-Monteith y Hargreaves-Samani, utilizando el software Dailyet Evapotranspiration calculator (IRRISOFT 1996), el cual permite calcular la ET_0 diaria del cultivo. La estimación requiere además de información meteorológica de temperatura media, humedad relativa, insolación y velocidad del viento, así como ubicación geográfica y altitud en que se encuentra la estación meteorológica. La Información climática utilizada se obtuvo en la estación meteorológica perteneciente al INIA-Lara, ubicada en el Campo Experimental de Quíbor.

El valor de coeficiente de cultivo utilizado en diferentes etapas para el cálculo de la ET_C fue 0,80 para la etapa inicial, 1,05 para la etapa media y 0,75 para la etapa final (Allen *et al.* 1998).

Para determinar la lámina consumida, se calculó un balance hídrico, por lo que se dividió el ciclo de cultivo en intervalos de tiempo, se agruparon las variables precipitación, riego y drenaje, dentro de cada uno de los intervalos definidos.

Para determinar la duración y número de intervalos, se tomó como criterio que en cada periodo debía existir por lo menos una aplicación de riego, por lo que los intervalos no fueron homogéneos, debido a que algunos riegos fueron distanciados por efecto de las precipitaciones

ocurridas durante el ciclo de cultivo. En total se definieron 16 intervalos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

LÁMINA DE RIEGO

En la Figura 2 se muestra la lámina total de riego aplicada a cada uno de los lisímetros durante el ciclo de cultivo, se aprecia que la magnitud de la lámina de riego aplicada osciló entre 605,19 y 549,25 mm. Esta diferencia puede estar relacionada con el criterio para estimar el tiempo de riego, el cual estuvo dado por el llenado de los surcos, y debido a que fueron construidos en forma manual, no eran de tamaño uniforme. Además, en estos suelos es normal la aparición de grietas, que ocasionan importante pérdida de agua de riego y aumento en la cantidad de agua aplicada, que drena hacia capas inferiores, por debajo del área radical del cultivo.

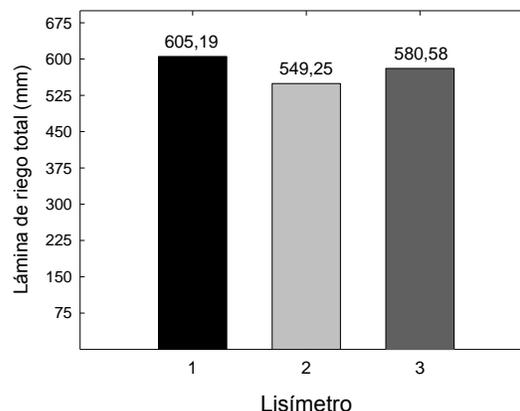


Figura 2. Lámina total de riego aplicada en cada lisímetro para el cultivo cebolla, durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

La lámina promedio total de riego obtenida fue 592,34 mm, valor similar al obtenido por Rázuri *et al.* (2005), y ligeramente superior a los reportados por Barahona (1978), Brito (1995) y López y Dennett (2007) en el Valle de Quíbor, las cuales fueron 403, 408 y 457 mm, respectivamente.

En la Figura 3A se observa que en la magnitud de la lámina de riego promedio de los tres lisímetros a lo largo del periodo evaluado, existió uniformidad en la frecuencia de riego, la cual se distanció cuando ocurrieron precipitaciones

(Figura 3B). Las precipitaciones aumentaron al final del periodo de cultivo, por lo que el último riego se realizó el día 94 después del trasplante. El riego de mayor magnitud fue el primero, 59,27 mm, el cual se aplicó el día del trasplante y constituyó el riego de asiento.

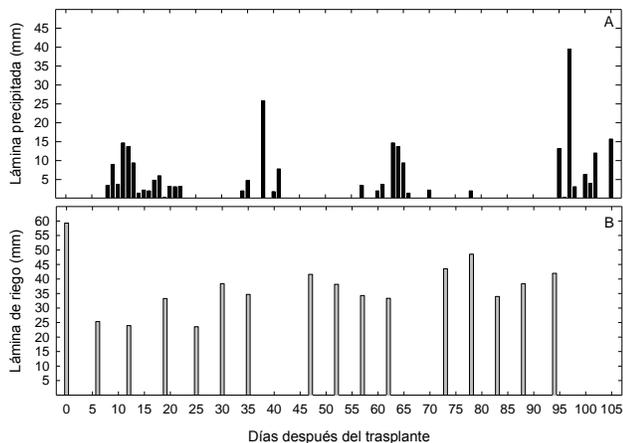


Figura 3. Lámina precipitada y lámina promedio de riego para el cultivo cebolla, durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

LÁMINA DE DRENAJE

La lámina de drenaje se determinó a través del volumen de agua extraído diariamente de cada uno de los lisímetros durante el periodo de estudio. El volumen de agua drenada se estimó desde el día de trasplante hasta el último día del ciclo de cultivo, momento en el cual la lámina drenada era nula. En ese momento la lámina de agua en el perfil de suelo medida gravimétricamente era de 22,5 mm, similar a que presentaba el día del trasplante (18,0 mm).

En la Figura 4 se aprecian los valores de lámina de drenaje total obtenidos para cada lisímetro durante el ciclo de cultivo, se destaca que oscilaron entre 114,46 y 143,47 mm, esta diferencia puede atribuirse a que el volumen de riego aplicado a cada uno de los lisímetros no fue homogéneo. La humedad del suelo, medida gravimétricamente, antes del primer riego y después del último fue similar.

En la Figura 5 se muestra la lámina de drenaje promedio diario de cada lisímetro durante el ciclo de cultivo, la mayor lámina de drenaje se obtuvo al principio del ciclo de cultivo (4,32 mm),

lo cual puede deberse a la magnitud de la lámina del riego de asiento.

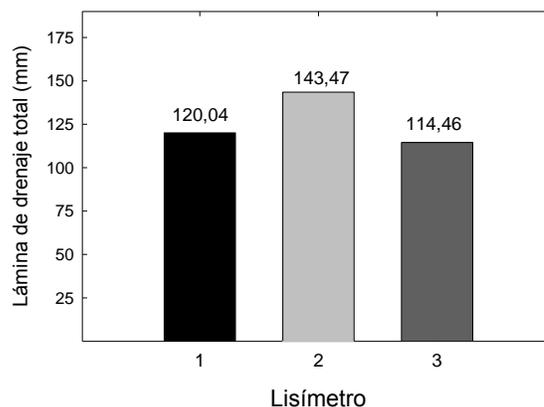


Figura 4. Lámina total de drenaje obtenida en lisímetros cultivados con cebolla durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

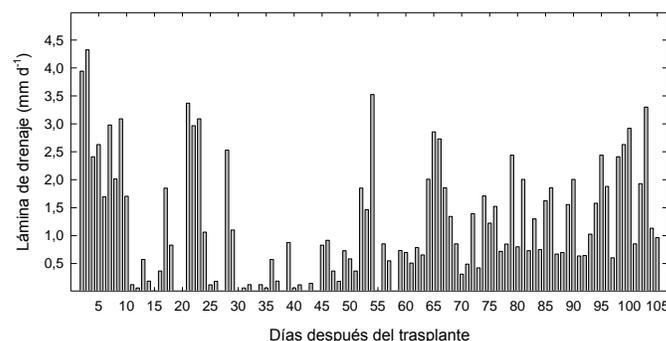


Figura 5. Lámina de drenaje promedio diaria extraída de lisímetros cultivados con cebolla durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

LÁMINA CONSUMIDA

En la Tabla 1 y en la Figura 6 se observa la lámina promedio medida en los intervalos establecidos. El consumo total de agua por parte del cultivo fue 617,87 mm, no hubo patrón definido en la lámina de consumo de agua por parte del cultivo a lo largo del periodo evaluado. Esto puede estar relacionado con las continuas precipitaciones que ocurrieron a lo largo del ciclo, lo cual obligó a ajustar la frecuencia de riego. Debido a las diferencias de duración de los intervalos, no fue válida la comparación de la lámina consumida entre cada uno de estos; adicionalmente al final del ciclo del cultivo ocurrió una precipitación efectiva de 36,50 mm, lo que aumentó la lámina consumida, a pesar de que el cultivo estaba en fase de secado.

Tabla 1. Lámina consumida por el cultivo cebolla en Quíbor, Venezuela.

ddt	Lámina de riego (mm)	Precip. efectiva (mm)	Lámina de drenaje (mm)	Lámina consumida (mm)	Lámina consumida (mm d ⁻¹)
0 al 5	59,27	0,00	14,30	44,97	8,99
6 al 11	25,33	8,90	10,68	23,56	4,71
12 al 18	23,97	10,60	3,81	30,76	5,13
19 al 24	33,29	6,30	10,61	28,98	5,80
25 al 29	23,56	0,00	3,81	19,75	4,94
30 al 34	38,36	2,00	0,37	39,99	10,00
35 al 46	34,71	38,70	4,08	69,33	6,30
47 al 51	41,60	0,00	3,71	37,88	9,47
52 al 56	38,18	0,00	6,39	31,79	7,95
57 al 61	34,32	9,00	2,73	40,59	10,15
62 al 72	33,35	39,00	14,92	57,43	6,38
73 al 77	43,51	0,00	6,03	37,49	9,37
78 al 82	48,54	2,10	7,28	43,36	10,84
83 al 87	33,99	0,00	5,59	28,40	7,10
88 al 93	38,38	0,00	7,45	30,93	6,19
94 al 105	41,99	36,50	25,82	52,67	3,29
Total	592,34	153,10	127,57	617,87	

ddt= días después de trasplante

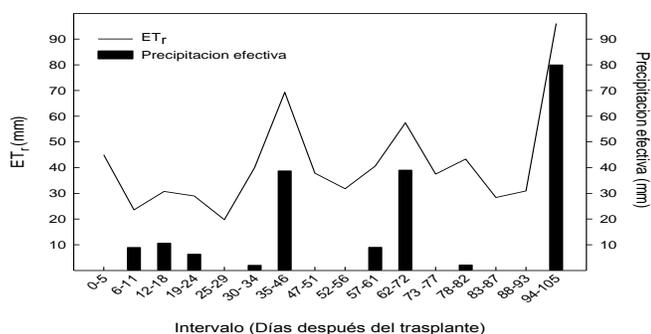


Figura 6. Lámina consumida por el cultivo cebolla y precipitación efectiva durante el periodo evaluado en Quíbor, Venezuela.

Los valores de ET_r fueron diferentes a lo largo del ciclo de cultivo, estos valores estuvieron influenciados por la ocurrencia de precipitaciones, las cuales fueron de distinta magnitud y frecuencia, lo que sumado a la baja tasa de

infiltración ocasionó un tiempo de drenaje prolongado. Lo anteriormente expuesto, causa que el análisis por día sea impreciso, por lo que fue más conveniente realizar el análisis con láminas acumuladas.

CORRELACIÓN ENTRE LA ET_r OBTENIDA CON LISÍMETRO Y LA ET_C ESTIMADA.

En la Tabla 2 se observan los valores acumulados medidos de ET_r y las estimaciones de ET_C. Los valores totales de ET_C presentaron una subestimación importante con respecto a las mediciones con lisímetro. En el caso de la evapotranspiración obtenida con la ecuación Penman Monteith, el valor total estimado para el ciclo del cultivo fue menor al valor de evapotranspiración obtenido con la ecuación

Tabla 2. Valores medidos y estimados de evapotranspiración del cultivo de cebolla y en Quíbor, Venezuela.

Días	0 al 5	6 al 11	12 al 18	19 al 24	25 al 29	30 al 34	35 al 46	47 al 51	52 al 56	57 al 61	62 al 72	73 al 77	78 al 82	83 al 87	88 al 93	94 al 105
ET _r acum. ⁽¹⁾ (mm)	45,0	68,5	99,3	128,3	148,0	188,0	257,3	295,2	327,0	367,6	425,0	462,5	505,9	534,3	565,2	617,9
ET _C acum. ⁽²⁾ H-S (mm)	21,9	46,9	79,4	104,6	129,6	153,9	211,2	236,0	263,4	289,7	344,7	370,2	395,2	417,7	466,8	525,3
ET _C acum. ⁽³⁾ P-M (mm)	20,0	39,1	63,8	84,0	104,3	124,4	166,9	188,8	213,8	236,1	286,9	306,7	328,6	345,2	382,4	429,4

(1) ET_r medida con los lisímetros.

(2) ET_C calculada con la ET₀ Hargreaves Samani.

(3) ET_C calculada con ET₀ Penamn Monteith.

Hargreaves-Samani (429 mm) y las mediciones lisimétricas (525 mm). Los valores estimados por ambos métodos y en especial el valor obtenido con la ecuación Penman Monteith fue similar a los valores de ET_C reportados para Quíbor por López y Dennett (2009) y López (2011) para los cultivares TG 438 y Utopía. Otros valores de evapotranspiración de cebolla registrados por Doorenbos y Kassam (1979) y Bandyopadhyay *et al.* (2003) oscilaron entre 350 y 550 mm por ciclo. La medición con lisímetro, con un valor total por ciclo de 618 mm es superior a los valores anteriores y ligeramente inferior a los mostrados por Prashar *et al.* (1994) en ambientes secos y cálidos del Sahel africano (718 mm).

En la Figura 7 se muestra la correlación entre los valores acumulados de ET_C y ET_r , para el cultivo de cebolla. Se obtuvo un valor de r^2 igual a 0,995 en el caso de las estimaciones de ET_C con ET_0 - Hargreaves-Samani y 0,997 para ET_0 - Penman Monteith.

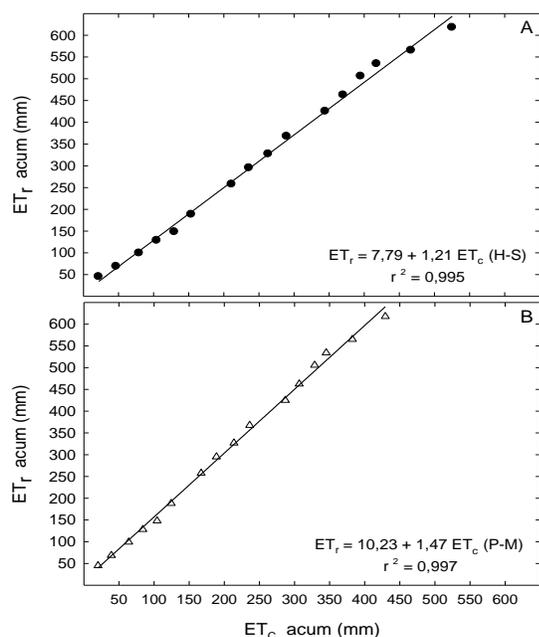


Figura 7. Correlación entre valores medidos de evapotranspiración real del cultivo de cebolla y las estimaciones obtenidas con la ecuación Hargreaves-Samani (A), y la ecuación Penman-Monteith (B) en Quíbor, Venezuela.

La alta correlación entre valores acumulados de ET_C y ET_r muestra consistencia bajo las condiciones evaluadas, sin embargo, los valores

estimados fueron menores que los valores de medidos.

PRODUCCIÓN DEL CULTIVO

La producción promedio en el área donde se encontraban los lisímetros fue 25,38 Mg ha⁻¹, similar a la obtenida por Ramírez (2001), quien encontró 24 Mg ha⁻¹; entre agosto y diciembre. Riera (1996) informó valores ligeramente menores a los mencionados, 28.22 Mg ha⁻¹ en el periodo marzo-junio. También en Quíbor, Brito (1995) informó rendimiento de 17 Mg.ha⁻¹.

CONCLUSIONES

- Las estimaciones de evapotranspiración obtenidas por la metodología de dos pasos, propuesta por FAO en la publicación número 56, mostraron bajos valores con relación a las mediciones lisimétricas en campo. Esta condición de subestimación fue mayor en el caso de la ET_C obtenida con el valor de ET_0 correspondiente a la ecuación de Penman Monteith.
- La alta correlación entre valores estimados y medidos con lisímetro solo incluye valores acumulados en intervalos de duración variable (de cinco a diez días) y no necesariamente se puede extrapolar a la relación entre valores de evapotranspiración diaria.
- El tipo de lisímetro utilizado en el presente estudio no es recomendable para la medición de la evapotranspiración diaria.

REFERENCIAS

- Aboukhaled, A., Alfaro, J. y Smith, M. 1986. Los Lisímetros. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Documento N° 39. Roma 68 p.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. and Smith, M. 1998. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Documento N° 56: Serie Estudios Riego y drenaje. Roma. 299 p.

- Bandyopadhyay, P. Mallick, S. and Rana, S. 2003. Actual evapotranspiration and crop coefficient of onion (*Allium cepa* L) under varying soil moisture levels in the humid tropics of India. *Tropical Agriculture* 80: 83-90.
- Barahona, R. 1978. Respuesta de la cebolla a distintas láminas de riego en Quíbor. Trabajo de grado. M. Sci. CIDIAT- ULA. Mérida. Venezuela. 75 p.
- Brito, J. 1995. Requerimientos hídricos y manejo de la salinidad del cultivo cebolla en el valle de Quíbor, Estado Lara. Trabajo de grado M. Sci. CIDIAT- ULA. Mérida. Venezuela. 80 p.
- CIDIAT (Centro Interamericano de Desarrollo de Aguas y Tierras). 1994. Evaluación de métodos de riego en el valle de Quíbor. Sistema Hidráulico Yacambú- Quíbor. Mérida. Venezuela. 149 p.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: riego y drenaje. N° 24. Roma. 194 p.
- Doorenbos, J. and Kassam, A. 1979. Yield response of water. FAO. Irrigation and Drainage. Paper N° 33. Rome, FAO.
- Grassi, C. 1998. Fundamentos del riego. Serie Riego y Drenaje. RD- 38 CIDIAT. Mérida. Venezuela.
- IRRISOFT 1996. DailyET - Daily Evapotranspiration.- IRRISOFT Database on Irrigation and Hydrology Software, Department of Rural Engineering and Natural Resource Protection, University of Kassel, Witzenhausen.
- Khan, L., Gil, J. y Acosta, R. 1998. Diseño y funcionamiento de un Lisímetro hidráulico para medición de la evapotranspiración potencial. *Bioagro* 10(1): 11-17.
- López, J. 2011. Aerodynamic and crop resistances, growth and evapotranspiration of onion (*Allium cepa* L) in semiarid Venezuela. PhD Thesis, University of Reading. UK. 183 p.
- López, J. y Denett, M. 2007. Estimación del uso del agua en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) en las condiciones de Quíbor, estado Lara Venezuela. *Bioagro* 19 (3): 127-132.
- López, J. y Dennett, M. 2009. Evaluación de enfoque de la FAO para estimación de evapotranspiración del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) en Quíbor, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología* (27):49-58.
- López-Urrea, R., de Santa Olalla, F., Fabeiro, C. and Moratalla, A. 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeters observations in a semiarid climate. *Agricultural Water Management* 85: 15-26.
- Olavarrieta, S. 1998. Construcción de un Lisímetro para Cebolla. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Material de enseñanza. Cabudare, Venezuela. 22 p.
- Prashar, C., Govind, C. and Mohamdou, G. 1994. Evapotranspiration of onion in Sahelian Niger. *Experimental Agriculture*. 30: 473-476.
- Ramirez, H. 2001. Growth and nutrient absorption of onion (*Allium Cepa* L) in the tropics in response to potassium nutrition Ph.D Thesis. Imperial College. University of London, London, Uk. 196 p.
- Rázuri, L., Linares, J., Rosales, J., Romero, E. y Hernández, J. 2005. Validación del modelo leachm para predecir la salinidad en un suelo del Valle de Quíbor, con cultivo de cebolla bajo riego localizado. *Rev. For. Lat.* 38: 97-118.
- Riera, J. 1996. Crecimiento y desarrollo de la cebolla en la depresión de Quíbor. Trabajo de grado para optar al título de T.S.U. Agropecuario. UCLA. Decanato de Veterinaria. Carora. Venezuela. 70 p.

Rodríguez, R. y Pire, R. 2008. Evapotranspiración diaria del tomate determinada mediante un lisímetro de pesada. *Agronomía Tropical* 58 (1): 73-76.

Sentelhas, P., Pereira, A., Folegatti, M., Pereira, F., Villanova, A. e Maggionto, S. 2000. Variação sazonal do parâmetro de Priestley-Taylor para estimativa diária da evapotranspiração de referência. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 8:49 – 53.