

EVAPOTRANSPIRACION Y COEFICIENTES DE CULTIVO DEL MANZANO EN SU TERCERA TEMPORADA DE CRECIMIENTO

REQUENA, A.; MAÑUECO L. y CASTILLO, E.

Sección Ingeniería en Biosistemas, INTA EEA Alto Valle, CC 782, CP 8332,
General Roca, Río Negro.

Correo electrónico: arequena@correo.inta.gov.ar

RESUMEN

En la EEA INTA Alto Valle, se determinaron coeficientes de cultivos (K_c) de *Malus domestica* B. cv Cripp's Pink, en su tercera temporada de crecimiento, mediante la utilización de tres lisímetros de drenaje. Dentro de cada lisímetro se colocó un manzano, en la misma fecha que se realizó la plantación del monte frutal. El cultivo fue regado diariamente, mediante un lateral por fila, con goteros integrales de 4 l h^{-1} distanciados cada 0,50 m. Durante la temporada de crecimiento del cultivo se realizaron determinaciones de: volumen de agua aplicada y drenada, tensión del agua en el suelo, área seccional de tronco, índice de área foliar y porcentaje de superficie sombreada.

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) alcanzó, en el mes de enero, valores medios de $3,3 \text{ mm día}^{-1}$ equivalente a $26,6 \text{ litros planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ teniendo en cuenta el marco de plantación del cultivo. Los K_c incrementaron sus valores desde un valor inicial de 0,25 en plena floración (02/10/10) hasta 0,65 a mediados del mes de enero permaneciendo prácticamente constante hasta cosecha (5/4/11) para luego descender hacia finales del mes de abril (0,45). El valor calculado de la evapotranspiración anual del manzano cv Cripp's Pink, en su tercera temporada de crecimiento fue de 565 mm.

Palabras-claves: Lisímetros, riego por goteo, área sombreada, IAF

INTRODUCCIÓN

Existen distintos métodos para medir o estimar la ET_c de árboles frutales de hojas caducas. El método del balance hídrico, propuesto por FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977) consiste en estimar, la evapotranspiración de un cultivo hipotético, que se asemeja a una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, utilizando la fórmula de Penman-Monteith (ET_o); y multiplicar el valor obtenido, por un coeficiente, mayor o menor que la unidad, que debe compensar las diferencias entre ambos cultivos. Como el término evapotranspiración incluye tanto la evaporación como la transpiración, los K_c de frutales, deberán tener en cuenta las combinaciones de: cultivar, sistema de conducción, tamaño de la planta, distancia de plantación, orientación, características del riego, laboreo de suelo, entre otros aspectos (Girona et al., 2004). Trabajos realizados en álamos y sauces muestran que la fertilización puede incrementar marcadamente los K_c (Werther et al., 2007).

Los K_c pueden obtenerse utilizando métodos gravimétricos (parcelas de ensayo), o mediante lisímetros de pesada o drenaje. Los lisímetros de pesada, utilizados con frutales, son aparatos de gran tamaño y elevado costo que permiten medir la ET_c en forma horaria y obtener K_c diarios (Worthington et al. 1984; Johnson et al. 2000; Ayars et al., 2003; Girona et

al., 2004; Girona et al., 2011). La precisión de los lisímetros de pesada depende de la calidad y diseño de las células de carga y pueden presentar errores de cálculo en climas ventosos (Chalmers et al., 1992).

Los lisímetros de drenaje permiten obtener K_c semanales o de mayor intervalo de tiempo mediante el balance del agua aportada (lluvia y riego), y drenada de los mismos (Aboukhaled et al., 1986; Chalmers et al. 1992; Requena y Nordenstron, 2007; Puppo y Garcia, 2010; Requena et al. 2011). La humedad del suelo dentro del lisímetro debe permanecer constante o su variación debe ser determinada para evitar errores de cálculo.

La importancia de contar con K_c de frutales jóvenes reside en el hecho de que el mayor ahorro de agua se presenta en los primeros años del cultivo, cuando el área de la canopia del mismo es pequeña en relación al marco de plantación (Fererres et al. 1982). El consumo de un árbol frutal joven puede estimarse con los K_c de árboles totalmente desarrollados aplicando un coeficiente corrector, menor que la unidad, denominado coeficiente de cobertura (K_r), que relaciona la superficie sombreada por el cultivo con su marco de plantación (Fererres et al. 1981).

El objetivo de este trabajo es reportar datos, obtenidos en lisímetros de drenaje, de consumo de agua, y coeficientes de cultivos de una variedad de manzano, regada por goteo, en su tercera temporada de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido durante la temporada 2010-2011 en un monte de manzano (*malus domestica* B. cv Cripp's Pink), de 0,048 ha, localizado en la estación experimental del INTA Alto Valle (39° 01 S, 62° 40 W, altitud 240 m.s.n.m.) Río Negro, Argentina. El cultivo fue plantado el 16/9/08 en un marco de plantación de 4 x 2 m con una orientación norte-sur. Las plantas injertadas sobre pie M9/MI793 fueron conducidas en contra espaldera con un eje central. Como polinizadora se utilizó la cv Granny Smith. El área experimental esta rodeada por pasturas y frutales. A la parcela experimental se le aplicaron las prácticas agronómicas comunes con pasturas naturales en el ínter filar y aplicación de herbicida sobre la fila de plantación. El suelo, de textura franco limosa, es localmente conocido como "Media Barda" (Bestvater y Casamiquella, 1983). En la fila central del monte frutal se instalaron tres lisímetros de drenaje de 2 x 2 x 1 m de profundidad mínima, cuidando de que queden a nivel, y a unos 0,05 m por encima de la superficie del terreno. El lisímetro fue llenado con el mismo suelo desplazado para instalarlo pero no se trato de reproducir la densidad aparente del mismo. Si bien los lisímetros con rellenos monolíticos representan mejor las condiciones naturales del terreno, los de relleno, como el utilizado en este trabajo, permiten obtener datos confiables de ET_c si el cultivo no es sometido a estrés y las alteraciones del suelo no afectan significativamente el crecimiento de las plantas (Aboukhaled et al., 1986). Un colector de drenaje, conectado con el exterior y ubicado en el fondo del lisímetro, permitió la extracción semanal del agua excedente, mediante la utilización de una bomba centrífuga.

Dentro de cada lisímetro se colocó una planta de manzano, en la misma fecha que se realizó la plantación del monte frutal. Los árboles se regaron diariamente, mediante un lateral por fila, con goteros integrales de 4 l/h (caudal nominal) distanciados cada 0,50 metro. Para medir la tensión del agua en el suelo, durante la temporada de riego, se instaló un tensiómetro a 0,30 m de profundidad y 0,40 m del gotero elegido. Para la medición del agua aplicada, al

monte frutal y extraída de los lisímetros se utilizaron contadores integradores volumétricos. El agua aplicada fue controlada diariamente y todo el sistema se chequeó semanalmente para asegurar un funcionamiento correcto. La ETc se calculó semanalmente teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$ETc = R + PP - D \pm \Delta HS$$

ETc evapotranspiración del manzano; R riego aplicado; PP precipitación caída en el lisímetro; D drenaje y ΔHS variación de la humedad del suelo.

La estación meteorológica automática de la experimental, ubicada sobre césped a 100 metros de la parcela, proporcionó la precipitación del lugar y los datos climáticos para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia (ETo) por la formula de Penman-Monteith con el procedimiento citado en el Estudio FAO de Riego y Drenaje N° 56 (Allen et al. 1998).

Los coeficientes de cultivos, calculados semanalmente, fueron obtenidos dividiendo la evapotranspiración del cultivo, proporcionada por los lisímetros, por la evapotranspiración de referencia. Se calculó mensualmente el AST de las plantas ubicadas dentro de los lisímetros midiendo la circunferencia de tronco a 0,10 m sobre el injerto.

Para conocer el porcentaje del área sombreada del marco de plantación se realizó una cuadrícula de 0,40 x 0,40 m a nivel del suelo, en uno de los lisímetros.

El índice de área foliar (IAF) se determino al final de la temporada de riego cubriendo con una red las plantas ubicadas en los lisímetros. Se tomó una muestra de 100 hojas por planta, y se determino el área foliar de las mismas con un medidor electrónico de área (LI-COR modelo 3100). El peso seco de las hojas de las muestras y del resto del las hojas de la plantas se determinó en balanza electrónica, luego de colocar las mismas en horno con aire forzado (65 ° C) durante 48 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valores diarios medios de ETo, calculados con la ecuación de Penman Monteith, y datos climáticos proporcionados por la estación meteorológica de la EEA INTA Alto Valle, desde el 1 de septiembre del 2010 al 2 de mayo del 2011, fueron graficados en la Fig. 1. En los primeros días del mes de diciembre se presentó el mayor valor medio semanal de ETo con 6,2 mm día⁻¹.

Valores diarios medios de ETc del manzano cv Cripp's Pink, en su tercera temporada de crecimiento, pueden observarse en la Figura 2. Estos siguieron aproximadamente la misma tendencia que los de ETo pero el valor pico de ETc (3,3 mm día⁻¹) se presentó a principios de enero aproximadamente 1 mes después del valor pico de ETo. Algo similar fue observado por Worthington et al. 1984 en durazneros.

La ETc se incremento desde la floración (02/10/10), hasta principios del mes de enero (3,3 mm día⁻¹ o 26,3 litros planta⁻¹ día⁻¹), desde donde comenzó a disminuir hasta la finalización de la temporada de riego en el mes de abril.

En la Figura 3 se puede observar que los K_c mostraron una tendencia ascendente desde floración (0,25) hasta principios del mes de enero; permaneciendo más o menos constantes hasta finales del mes de marzo (0,62) para luego descender hasta fin de la temporada de riego (0,45).

Las plantas crecieron activamente como muestra el incremento de su AST que pasó de $14,3 \text{ cm}^2$ al comienzo de la temporada de riego a $24,1 \text{ cm}^2$ al fin de la misma presentando su mayor crecimiento en el mes de enero.

El índice de área foliar, teniendo en cuenta el marco de plantación del cultivo (8 m^2), fue del 0,42 con una media de 1451 hojas por planta.

A finales del mes de diciembre, durante el período de máximo desarrollo foliar se determinó el porcentaje de área sombreada por la planta al medio día solar (13:30), sobre una cuadrícula de $0,4 \times 0,4 \text{ m}$. El valor estuvo comprendido entre el 10 y el 11% del área del marco de plantación.

Si se estima el consumo de la planta, calculando el K_r con el 11% de área sombreada por el cultivo al medio día solar, el valor estimado hubiese sido sensiblemente menor que el observado; es decir, el cultivo hubiese sido subirrigado. De acuerdo al procedimiento FAO (Allen et al. 1998) el K_c para mediados de temporada para un cultivo de manzano, en un suelo sin cobertura, con fuertes heladas (0,95), ajustado de acuerdo a su altura (3,05 m), humedad relativa mínima (27%), y velocidad de viento (1,1 m/s) es de 0,99. Teniendo en cuenta que durante el período considerado la E_{To} fue $6,02 \text{ mm/día}$ y E_{Tc} $3,11 \text{ mm/día}$ el

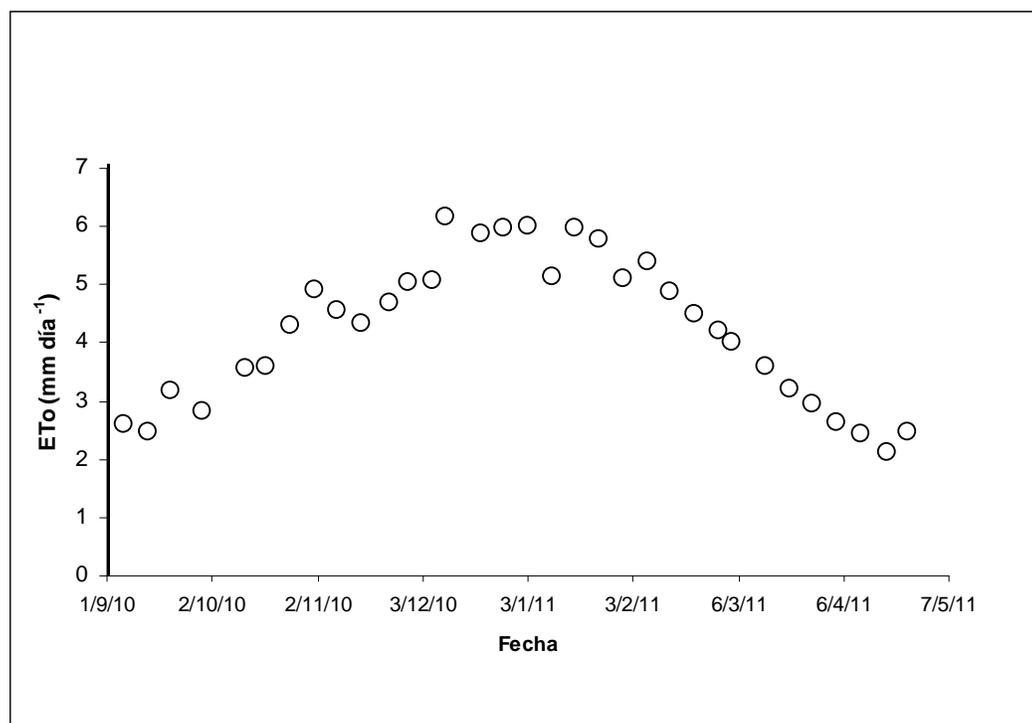


Figura 1 Valores medios semanales de Evapotranspiración de referencia (ET_o) para el Alto Valle del Río Negro. Temporada 2010-2011

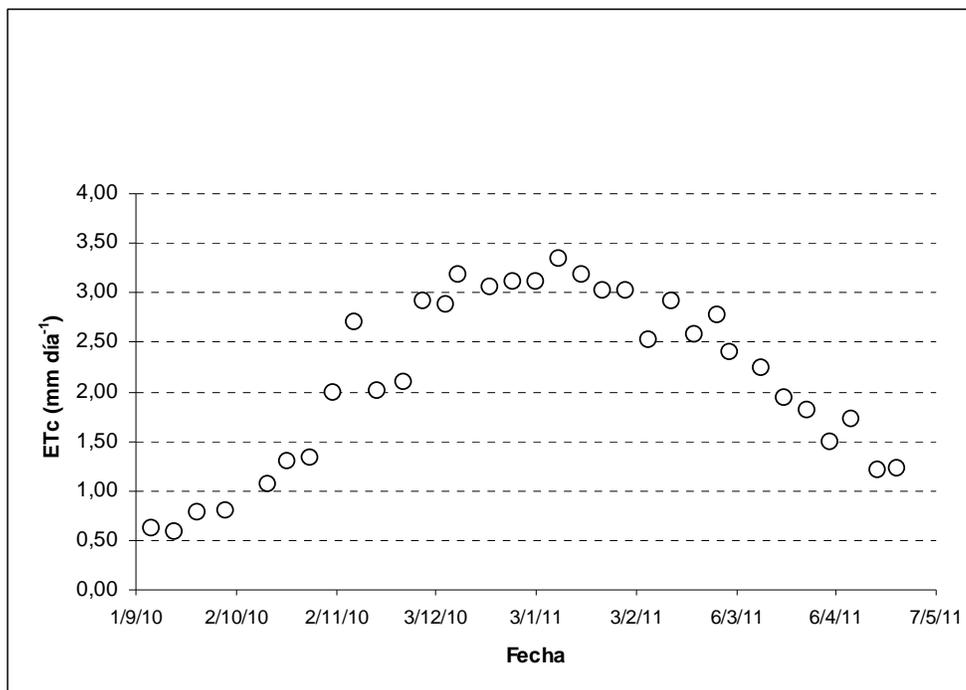


Figura 2 Valores medios semanales de Evapotranspiración de plantas jóvenes de manzano (ET_c) cv Cripp's Pink medidos con lisímetros de drenaje

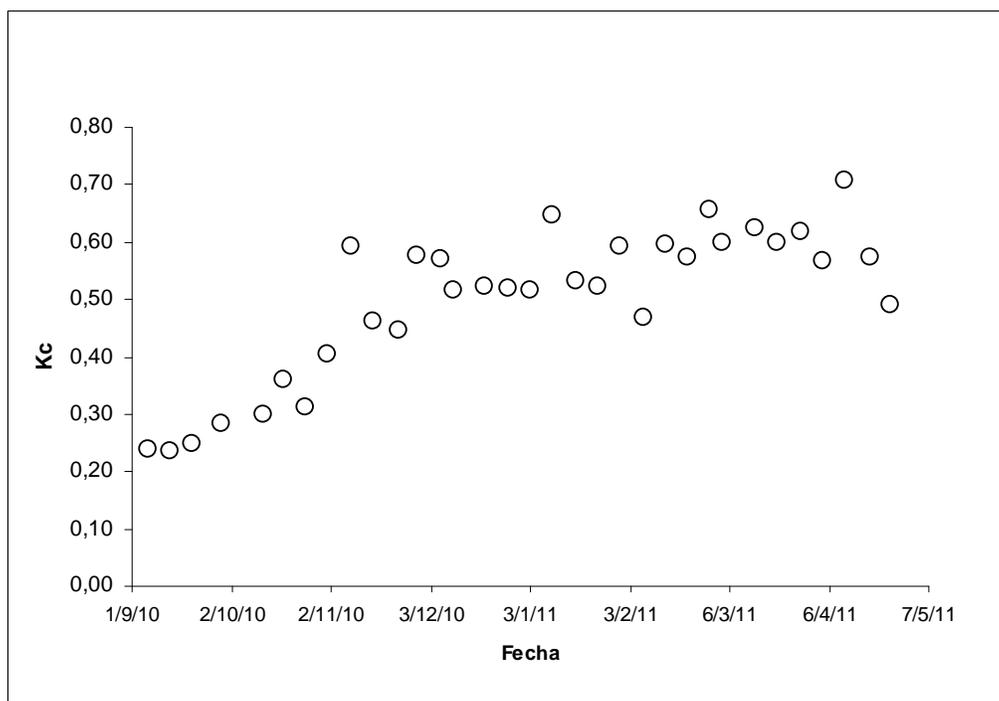


Figura 3 Coeficientes de cultivos semanales (K_c) de plantas jóvenes de manzano cv Cripp's Pink, regadas por goteo, en el Alto Valle del Río Negro. Temporada 2010-2011

Kr según el procedimiento de Fereres et al. 1981, debió ser 0,52 que corresponde a un porcentaje de área sombreada del 23%.

Utilizar solo el porcentaje de área sombreada por el cultivo al medio día solar, para calcular el coeficiente de cobertura (Kr), en cultivos conducidos en setos, no parece ser apropiado para la programación del riego. Esto coincide con lo observado por Girona et al. 2011 trabajando con radiación interceptada por el cultivo en pera cv 'Conference' cuyo crecimiento es preponderantemente vertical.

La tensión del agua del suelo se trató de mantener constante y próxima a capacidad de campo, con intervalos de potenciales matriciales comprendidos entre -8 y -18 kPa. Mantener la humedad del suelo constante y próxima a capacidad de campo es importante, en el manejo de los lisímetros de drenaje, para evitar errores en el cálculo de la ETc.

El valor calculado de la evapotranspiración del manzano cv Cripp's Pink , en su tercera temporada de crecimiento, fue de 565 mm

Agradecimientos

Los lisímetros fueron construidos e instalados con fondos del Proyecto Nacional PE AER1614 "Desarrollo de Tecnologías para el Saneamiento y Recuperación de Tierras y Optimización de Sistemas de Riego en Áreas de Regadío" y de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Alto Valle.

Bibliografía

- Aboukhaled, A. A.; Alfaro, A.; Smith, M. 1986. Los lisímetros. Roma: FAO Paper 39. 68p.
- Allen, R. G.; Pereira, L.S.; Raes D.; Smith M. 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper N° 56, 300 pp.
- Ayars, J. E.; Johnson, R. S.; Phene, C. J.; Trout, T.; Clark, D. A.; Mead, R. M. 2003. Water use by drip-irrigated late-season peaches. *Irrig Sci* (2003) 22: 187-194.
- Bestvater, C. R.; Casamiquella C. H. 1983. Distribución textural de los suelos del Alto Valle del Río Negro. *Bol. de Div., Téc.* N° 29 EEA Alto Valle INTA
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O. 1977. Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 194 pp. Rome.
- Chalmers, D.J.; Andrews P.K.; Harris K.M.; Cameron E.A. 1992. Performance of drainage lysimeters for evaluation of water use by Asian pears. *HortScience* 27:263-265.
- Fereres, E.; Pruitt, W.O.; Beutel, J. A.; Hemderson, D. W.; Holzapfel, E.; Schulbach, H.; Uriu, K. 1981. Evapotranspiration and drip irrigation scheduling. In: Fereres, E. (tech. ed.) *Drip Irrigation Management*. Division of Agricultural Sciences, University of California: 8-13.
- Fereres, E.; Martinich, A.D.; Aldrich, T. M.; Castel, J.R.; Holzapfel, E.; Schulbach, H. 1982. Drip irrigation save many in young almond orchards. *Calif. Agric.* 36(9-10):12-13.

- Girona, J.; Marsal, J.; Mata, M.; del Campo, J. 2004. Pear crop coefficients obtained in a large weighing lysimeter. *Acta Hort.* 664: 277-281.
- Girona, J.; del Campo, J.; Mata, M.; Lopez, G.; Marsal, J. 2011. A comparative study of apple and pear tree water consumption measured with two weighing lysimeters. *Irrig. Sci.* 29: 55-63.
- Johnson, R.S.; Ayers, J.; Trout, T.; Hsiao, T. C. 2002. Modeling young peach tree evapotranspiration, *Acta Hort.* 584:107-113.
- Johnson, R.S.; Ayers, J.; Trout, T.; Mead, R. and Phene, C. 2000. Crop coefficients for mature peach trees are well correlated with midday canopy light interception. *Acta Hort.* 537:455-460.
- Marsal, J., Mata, M., Arbonés, A., Rufat, J. and Girona, J. 2002. Regulated deficit irrigation and rectification of irrigation scheduling in young trees: an evaluation base on vegetative and productive response. *Eur. J. Agron.* 17:111-122.
- Puppo, L.; Garcia, M. Determinación del consumo de agua del duraznero. 2010. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* vol.14 no.1 Campina Grande.
- Requena, A.; Nordenstron, G. 2007. Utilización de un lisímetro volumétrico en pera cv William's. Libro de resúmenes del XXX Congreso Argentino de Horticultura. La Plata.
- Requena, A.; Nordenstron, G.; Castillo, E. 2011. Water use by drip irrigated one-year old pear trees. *Acta Hort.* 909:339,343
- Werther, G.; Piccioni, E.; Bonari, E. 2008. Evapotranspiration and crop coefficient of poplar and willow short-rotation coppice used as vegetation filter. *Bioresource Technology* 99, 4832-4840.
- Worthington, J.W.; Mcfarland, M.J.; Rodrigue, P. 1984. Water requirement of peach as recorded by weighing lysimeters. *Hortscience* 19:90-91