

# COEFICIENTES DE CULTIVO DE MANZANO EN PERÍODO DE FORMACIÓN, OBTENIDOS EN LISÍMETROS DE DRENAJE

Requena, A.; G. Nordenström; E. Castillo

*EEA INTA Alto Valle  
Ruta Nacional 22 Km 1190 Cte. Guerrico Rio Negro  
arequena@correo.inta.gov.ar*

## RESUMEN

En la Estación Experimental INTA Alto Valle, se determinaron coeficientes de cultivos ( $K_c$ ) de manzano 'Cripp's Pink', en su segunda temporada de crecimiento, mediante la utilización de tres lisímetros de drenaje de  $4 \text{ m}^3$  de capacidad y una profundidad mínima de 1 metro. Dentro de cada lisímetro se colocó un manzano, en la misma fecha que se realizó la plantación del monte frutal (16/9/08). El cultivo fue regado diariamente, mediante un lateral, con goteros integrales de 4 l/h (caudal nominal) distanciados cada 0,50 m. El tiempo de riego fue calculado de acuerdo al método del balance hídrico, ajustado mediante el volumen medio drenado y ejecutado por un programador de riego. El volumen de agua aplicado y drenado fue medido mediante el uso de contadores integradores volumétricos. 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 (AST), interceptación de radiación mediante barra PAR, y porcentaje de superficie sombreada. Los coeficientes de cultivos ( $K_c$ ) fueron obtenidos dividiendo la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), proporcionada por los lisímetros, por la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ), calculada con datos de la estación meteorológica ubicada a 100 metros de la parcela, según la fórmula de Penman-Monteith. La mayor Evapotranspiración mensual del manzano 'Cripp's Pink', en su segunda temporada de crecimiento, correspondió al mes de enero con  $2,5 \text{ mm día}^{-1}$ . Esto equivale a 20 litros por planta y por día teniendo en cuenta el marco de plantación del cultivo y entre 0,40 - 0,45 litros por  $\text{cm}^2$  de AST ( $8,14 \text{ cm}^2$ ) y por milímetro de  $ET_o$  ( $5,8 \text{ mm día}^{-1}$ ). Los  $K_c$  incrementaron sus valores desde un valor inicial de 0,26 en plena floración (4/10/09) hasta 0,47 a finales del mes de noviembre y desde allí permanecieron casi constantes hasta finales del mes de abril. Esto probablemente se deba a las características del crecimiento de esta cultivar de cosecha tardía, que mantiene las hojas en la planta, un período mayor que otras variedades. La evapotranspiración anual del manzano 'Cripp's Pink', en su segunda temporada de crecimiento fue de 401 mm.

## INTRODUCCIÓN

El manejo adecuado del riego permite obtener altos rendimientos de frutos exportables, disminuir los costos de producción, hacer un uso racional de los recursos naturales, y atenuar el problema de la contaminación ambiental. Conocer la evapotranspiración del cultivo (ETc), es esencial para no someter a este a períodos de falta o exceso de agua. El riego excesivo no solamente desperdicia agua y lava nutrientes sino que puede crear condiciones de estrés que predisponga al cultivo a enfermedades.

Existen distintos métodos para medir o estimar la ETc de árboles frutales de hojas caducas. El método del balance hídrico, propuesto por FAO (Doorenbos and Pruitt, 1977) consiste en estimar, la evapotranspiración de un cultivo hipotético (ETo), que se asemeja a una superficie extensa de pasto verde de altura uniforme, utilizando la fórmula de Penman-Monteith; 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 Kc 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).

Los Kc pueden obtenerse utilizando métodos gravimétricos (parcelas de ensayo) y lisímetros. Los lisímetros de pesada, utilizados con frutales, son aparatos de gran tamaño, precisión y elevado costo que permiten medir la ETc en forma horaria y obtener Kc diarios (Ayars et al., 2003; Girona et al., 2004; Jonson et al., 2002); mientras que los lisímetros de drenaje, son menos precisos, de menor costo y permiten obtener Kc semanales o de mayor intervalo de tiempo (Aboukhaled et al., 1986; Puppo y García, 2010; Requena y Nordenström, 2007).

La presencia de una capa freática, a menos de 1,5 m de la superficie del terreno, durante el período de crecimiento de cultivo, en más del 50% de la superficie del Alto Valle del río Negro (CIL-AYEE, 1988) hace dificultosa la obtención de Kc por métodos gravimétricos.

Trabajos que traten de determinar Kc de frutales, regados por goteo, desde la plantación hasta su completo desarrollo, son difíciles de encontrar, pues requieren lisímetros de grandes dimensiones y varios años de estudio. Este trabajo reporta datos, obtenidos en lisímetros de drenaje, de consumo de agua, coeficientes de cultivos, y porcentaje de radiación interceptada; de una variedad de manzana tardía, regada por goteo, en su segunda temporada de crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido durante la temporada 2009-2010 en un monte de manzanos (*Malus domestica* Borkh cultivar '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 SNM) 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 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 mantenimiento de pasturas naturales en el inter filar y aplicación de herbicida sobre la fila de plantación. El suelo, de textura franco limosa, es localmente conocido como “Media Barda” (Bestvater y Casamiquela, 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.

Los lisímetros fueron llenados con el mismo suelo desplazado para instalarlos 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 ETc si el cultivo no es sometido a estrés y las alteraciones del suelo no afecten 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 un 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 m, tanto los ubicados en los lisímetros como en el resto del monte frutal. Para medir la tensión del agua en el suelo, se instaló un tensiómetro a 0,30 m de profundidad y 0,40 m del gotero elegido. Para la medición del agua aplicada y extraída se utilizaron contadores integradores volumétricos. El sistema se chequeó semanalmente para asegurar un funcionamiento correcto.

La ETc se calculó teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

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

ETc evapotranspiración del manzano; R lámina de riego aplicada; PP precipitación caída en el lisímetro; D drenaje y  $\Delta HS$  variación de la humedad del suelo.

La estación meteorológica automática de la experimental, ubicada sobre césped a 100 metros de la parcela, proporcionó los datos climáticos para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia por la formula de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) y la precipitación del lugar. 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.

La radiación solar interceptada por el cultivo al medio día solar ( $\pm 30$  minutos) se midió con un ceptómetro lineal de 1 metro de longitud. Las mediciones se realizaron en días soleados, desde Febrero hasta Abril. En cada lisímetro se tomaron 32 mediciones (16 de cada lado) en el espacio asignado a cada planta (2 x 4 m). El ceptómetro se ubicó en posición horizontal, perpendicular al árbol, y a nivel del suelo. El porcentaje de radiación interceptada por la planta ubicada en el lisímetro se estimó dividiendo el promedio de las lecturas obtenidas a nivel del suelo por una obtenida con plena exposición y sustrayendo este valor de 1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Se calculó la ETo para el período comprendido entre el 1 de septiembre del 2009 y 26 de abril del 2010. El mes de enero presentó el mayor valor de ETo diaria con  $7,4 \text{ mm día}^{-1}$ , semanal con un pico de  $6,0 \text{ mm día}^{-1}$  entre los días 12 y 18 y mensual con  $5,8 \text{ mm día}^{-1}$ .
- Valores semanales medios de evapotranspiración de manzanos Cripp's Pink, en su segunda temporada de crecimiento pueden observarse en la Figura 1. La Evapotranspiración semanal media del manzano se incremento desde la floración (04/10/09), hasta mediados del mes de diciembre, aumentando levemente hasta fines del mes de enero donde se produce un pico de  $2,8 \text{ mm día}^{-1}$  en la semana comprendida entre los días 26 de enero y 1 de febrero. El valor pico semanal de ETc se presentó 14 días después del pico semanal de ETo. El mayor valor mensual de ETc correspondió al mes de enero con  $2,5 \text{ mm día}^{-1}$ ; lo que representa una evapotranspiración media de 20 litros planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> teniendo en cuenta el marco de plantación del cultivo. La ETc comenzó a disminuir a mediados del mes de febrero hasta la finalización del riego en el mes de abril.
- El valor medio del Kc inicial (fines de septiembre a primeros días de octubre) fue de 0,26 debido casi totalmente al componente de evaporación del suelo ya que el cultivo recién comenzó a brotar. En la actualidad el uso de goteros insertados en la tubería de riego desde fábrica (goteros integrales) esta muy difundido por su practicidad y bajo costo. Esta variante de riego por goteo (utilizado en la experiencia) debe contar desde un comienzo con la cantidad necesaria de goteros por plantas que permitan cubrir los requerimientos de agua del cultivo en plena producción, ya que no permite el agregado de goteros a medida que la planta crece; y por lo tanto, produce un mayor volumen de suelo mojado y una mayor evaporación de agua desde el suelo, especialmente en los primeros años del cultivo.
- Desde floración los Kc mostraron un tendencia ascendente hasta finales del mes de noviembre ( $Kc = 0,47$ ); permaneciendo más o menos constantes hasta finales de la temporada de riego (Figura 2). Esto probablemente se deba a las características del crecimiento de esta cultivar de cosecha tardía (primeros días de abril) que mantiene las hojas en la planta un período mayor que otras variedades.
- Las plantas crecieron activamente como muestra el aumento del AST que pasó de  $5,7 \text{ cm}^2$  en septiembre a  $14,0 \text{ cm}^2$  en abril; es decir que el AST aumento casi 2,5 veces su tamaño inicial. El mayor crecimiento de AST correspondió al período comprendido entre mediados de enero y mediados de febrero, que coincide con el mayor requerimiento de agua observado.
- Existen trabajos que relacionan el uso de agua de árboles frutales con el tamaño de su canopia (Federes et al., 1982). Jerie (1994) menciona una necesidad de agua de 0,20 y 0,35 litros por centímetro cuadrado de AST y por milímetro de evaporación de tanque Clase A (Epan), en durazneros inmaduros creciendo activamente. Los manzanos de la experiencia presentaron una necesidad de agua de 0,32 litros por  $\text{cm}^2$  de AST por milímetro de Epan y 0,42 litros por  $\text{cm}^2$  AST y por milímetro de ETo para el mes de mayor consumo, pero estas relaciones variaron a lo largo de la temporada.

- A finales del mes de diciembre (29/12/09), sobre una cuadrícula de 0,4 x 0,4 m se determinó el porcentaje de área sombreada por la planta al medio día solar. El valor estuvo comprendido entre el 4 y el 6% del área del marco de plantación.
- Así mismo se estimó en forma periódica la radiación interceptada por el cultivo al medio día solar, en días sin nubes, con un ceptómetro lineal. Estos valores muestran un aumento de la RI por el cultivo desde el comienzo de la medición (10/2/10) hasta alcanzar un valor aproximado al 20% a finales del mes de abril.
- La evolución de la tensión del agua del suelo fue óptima para el crecimiento del manzano, como muestran los intervalos de potenciales matriciales comprendidos entre -8 y -18 kPa (Figura 3). Mantener alta y constante la humedad del suelo es importante en el manejo de los lisímetros de drenaje para evitar errores en el cálculo de la ETc y permitir el drenaje ya que si esta disminuye marcadamente el lisímetro deja de drenar. La utilización de tensiómetros en la programación del riego de frutales en constante crecimiento es de gran practicidad al integrar en un número factores relacionados con el riego, clima, suelo y cultivo.
- El valor calculado de la evapotranspiración del manzano 'Cripp's Pink', en su segunda temporada de crecimiento fue de 401 mm; teniendo en cuenta la precipitación caída, el riego y el agua de drenaje (14% del agua aplicada) obtenida en los lisímetros.

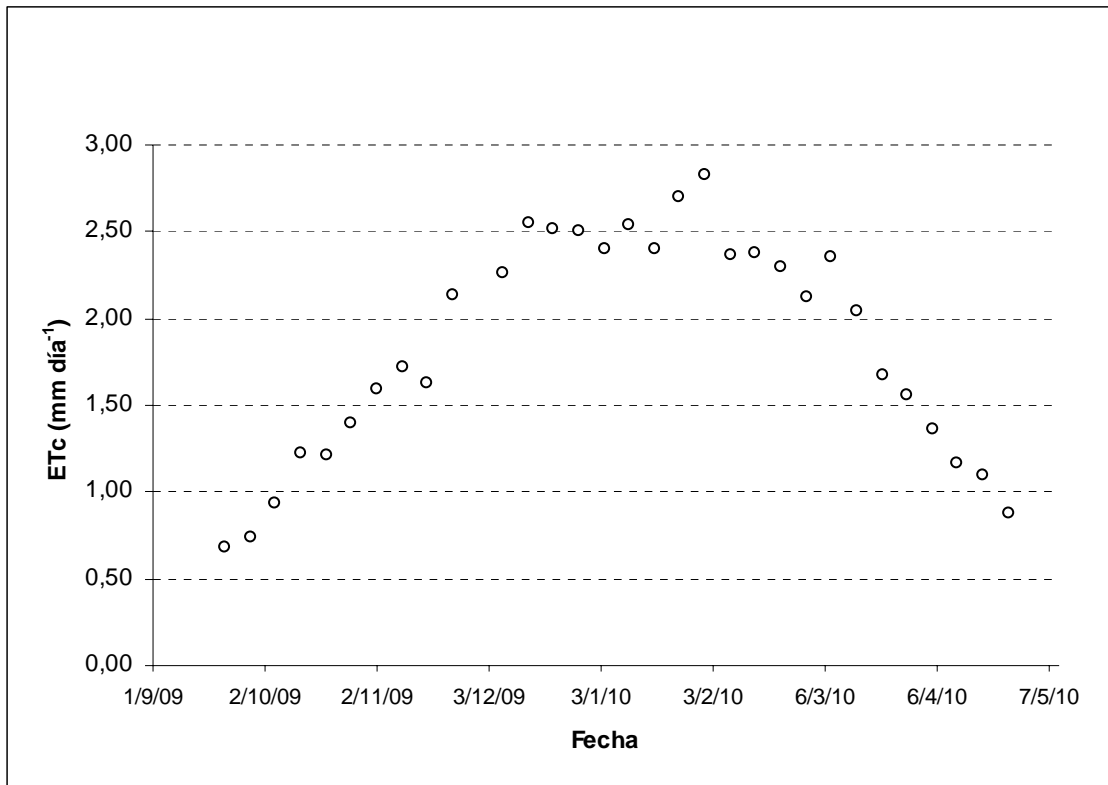
### **Agradecimiento**

Los lisímetros fueron construidos e instalados con fondos del proyecto nacional PE AER1614 y de la Estación Agropecuaria INTA Alto Valle.

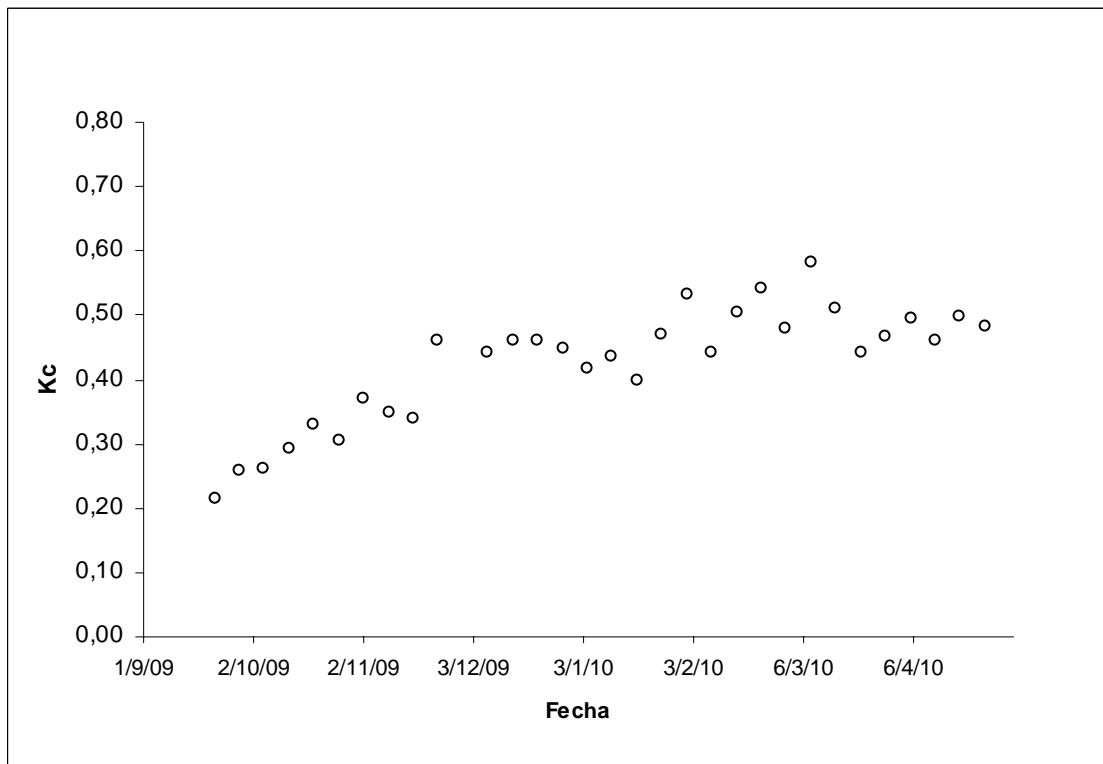
### **BIBLIOGRAFÍA**

- Aboukhaled, A. A.; Alfaro, A.; M. Smith** (1986) *Los lisímetros*. Roma: FAO Paper 39. 68p.
- Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes D.; M. Smith** (1998) Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper N° 56, 300 pp
- Ayars, J. E.; R. S. Johnson; C. J. Phene; T. Trout; D. Clark; R. Mead** (2003) *Water use by drip-irrigated late-season peaches*. Irrigation Science, v.22, p.187-194.
- Bestvater C. R.; C. H. Casamiquela** (1983) *Distribución textural de los suelos del Alto Valle del Río Negro*. Bol. de Div., Téc. N° 29 EEA Alto Valle INTA
- Doorenbos, J.; W. O. Pruitt** (1977) *Crop Evapotranspiration*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 194 pp. Rome
- CIL-AYEE.** (1988) *Estudio para el aprovechamiento integral del río Negro*. Informe técnico.
- Fereres E.; D. A. Martinich; T. M. Aldrich; J. R. Castel; E. Holzapfel; H. Schulbach** (1982) *Drip irrigation saves money in young almond orchards*. Calif. Agric. 36:12-13
- Girona., J.; J. Marsal; M. Mata; J. del Campo** (2004) Pear crop coefficients obtained in a large weighing lysimeter. Acta Horti 664: 277-281.

- Jerie, P.** (1994) *Trickle irrigation: the water needs of young peach trees*. Victorian Dept. of Agric., Agnote series, Order No. AGO 193
- Johnson, R.S.; J. Ayers; T. Trout; T. C. Hsiao** (2002) *Modelling young peach tree evapotranspiration*, Acta Hort. 584:107-113
- Johnson, R.S.; J. Ayers; T. Trout; R. Mead; C. Phene** (2000) Crop coefficients for mature peach trees are well correlated with midday canopy light interception. Acta Hort. 537:455-460
- Puppo L.; M. García** (2010) *Determinación del consumo de agua del duraznero*. Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.14 no.1 Campina Grande.
- Requena A.; G. Nordenström** (2007) *Utilización de un lisímetro volumétrico en pera cv William's*. XXX Congreso Argentino de Horticultura. La Plata. Proceedings.



**Figura 1** Valores semanales de Evapotranspiración de plantas jóvenes de manzano Cripp's Pink (ETc) medidos con lisímetros de drenaje.



**Figura 2** Coeficientes de cultivos semanales (Kc) de plantas jóvenes de manzano cv Cripp's Pink, regadas por goteo, en el Alto Valle del Río Negro. Temporada 2008/09

