

Comparación de dos métodos de estimación de la transpiración en almendro

P.A. Nortes*, G. Egea, A. Baille y M.M. González-Real

Área de Ingeniería Agroforestal. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica

Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena (Murcia)

Teléfono: 968 32 70 52 Fax: 968 32 7031

* E-mail. pedro.nortes@upct.es

Resumen. En este trabajo se compara la tasa de transpiración, medida con lisímetro de pesada en almendro sometido a diferentes regímenes hídricos, con una estimación de esta tasa a partir de medidas de flujo de savia mediante el método de compensación de pulso de calor. La dinámica de la transpiración medida con lisímetro y la del flujo de savia fueron similares. Empleando un ancho de herida de 3,4 mm se obtuvieron valores de flujo de savia similares a los medidos por el lisímetro, lo que muestra que tras una calibración previa, la técnica por compensación de pulso de calor es capaz de suministrar información precisa y detallada para el estudio de la dinámica a corto plazo del estado hídrico del almendro y su respuesta a factores abióticos desfavorables.

1 Introducción

La medida mediante métodos térmicos del flujo de savia que circula por el interior de los elementos conductores de los vegetales proporciona una estimación directa de la tasa de transpiración. El fundamento de esta técnica se basa en trabajos realizados a finales de los años 50 (Marshall, 1958), en los que se estudió la aplicación y transporte de calor como indicador del movimiento de la savia en el xilema. En los últimos años las medidas de flujo de savia han experimentado un notable desarrollo gracias a los avances tecnológicos (Green, 1998).

Entre los métodos que utilizan el calor para medir el flujo de savia, la técnica basada en la compensación de pulso de calor (CPC) (Swanson and Whitfield, 1981; Cohen et al, 1981) se ha utilizado con éxito en muchos especies leñosas: manzano (Green et al., 1989, 2003), kiwi (Green et al., 1989), peral (Caspari et al., 1993); albaricoque (Alarcón et al, 2003, Nicolás et al 2005), limonero (Ortuño et al 2004), melocotonero (Conejero et al 2007) y olivo (Fernández et al 2001, Gioro and Gioro 2003). Sin embargo, no se dispone de estudios que hayan aplicado este método en almendro.

El CPC es un método invasivo que requiere la inserción de dos juegos de termopares y una fuente de calor en el xilema. Esto provoca una perturbación del tejido xilemático, y por tanto de la transferencia de calor por convección, lo que puede ser causa de una infraestimación en la medida de la velocidad del pulso de calor (Cohen et al., 1981, Green and Clothier, 1988). Por ello, es necesario utilizar factores de corrección que dependen, entre otros, del tipo de material empleado y ancho de herida (Swanson and Whitfield, 1981).

El objetivo de este trabajo se centró (i) en la validación de la técnica de compensación de pulso de calor en almendro para la estima de la transpiración, empleando los factores de corrección propuestos por Green et al. (2003), y (ii) en la comparación de los valores estimados de tasa de transpiración con los medidos en un lisímetro de pesada.

2 Materiales y métodos

El trabajo se realizó durante el periodo junio-septiembre de 2008 en la estación experimental 'Tomás Ferro' de la Universidad Politécnica de Cartagena (37°35' N, 0°59' W), en una parcela de 1 ha de almendros (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb cv Marta) injertados sobre patrón 'Mayor' con un marco de plantación 6m x 7m. El lisímetro de pesada ubicado en el centro de la parcela experimental tiene unas dimensiones de 6.3 m² en superficie y 1.7 m de profundidad. Las lecturas de las variaciones de peso fueron automatizadas mediante una célula de carga modelo FX2 (modelo Sensocar, España) con una precisión estimada de ± 500 g. Los datos fueron registrados cada 30 min por un datalogger CR1000 (Campbell Scientific). La célula de carga fue calibrada periódicamente *in situ*. El árbol se regó durante todo el año al 100 % de sus necesidades hídricas, excepto en agosto (DOY 212-240) que se suprimió riego. Al comienzo del ensayo el árbol presentaba una altura de 2.5 m, diámetros de tronco y copa de 0.15 m y 2.5 m respectivamente y 12 m² de área foliar.

Las medidas de flujo de savia (SF) se realizaron mediante la técnica CPC (Swanson and Whitfield 1981), a partir de dos juegos de sondas colocadas a 40 cm del suelo en dos orientaciones del tronco, con termopares a 5, 14, 26 y 40 mm de profundidad. La distancia de las sondas de temperatura con respecto al calentador fue asimétrica, 10 mm en el sentido del

flujo y 5 en sentido inverso. La velocidad de la savia se midió de acuerdo con los procedimientos descritos por Green y Clothier (1988), usando los anchos de herida propuestos por Green et al. (2003). Tanto el calentador como los sensores de temperatura fueron conectados a un datalogger Campbell CR10X y almacenados cada 30 min.

El contenido volumétrico de agua en el suelo (θ_v) se midió cada 30 min con dos sondas capacitivas (modelo ECHO2), colocadas a 30 cm de profundidad y a 15 cm del punto de goteo. El registro continuo de θ_v permitió calcular la fracción de agua extraíble del suelo (REW) en la zona radicular activa (Granier, 1987):

$$REW = \frac{\theta - \theta_{\min}}{\theta_{FC} - \theta_{\min}}$$

donde θ ($m^3 m^{-3}$) es el contenido actual de agua en el suelo, θ_{\min} ($m^3 m^{-3}$) el valor mínimo de contenido de agua en el suelo durante el experimento y θ_{FC} ($m^3 m^{-3}$) el contenido de agua en el suelo a capacidad de campo. Los valores correspondientes a θ_{\min} y θ_{FC} fueron 0.12 y 0.35 $m^3 m^{-3}$, respectivamente.

3 Resultados y Discusión

La obtención de resultados satisfactorios entre la transpiración diaria, medida con el lisímetro (E_{ly}), y la medida de flujo de la savia del tronco, $SF_{Tm} = (SF_N + SF_S)/2$ (Fig. 1) requiere que se aplique un elevado valor de ancho de herida (3,4 mm). Este valor es similar al propuesto por Green et al. (2003) (3,2 mm) en kiwi y viña, especies que presentan grandes vasos xilemáticos que afectan a la transmisión del pulso de calor, así como amplios espacios intersticiales en la madera que afectan a la homogeneidad térmica de la albura. El elevado factor de corrección necesario para el almendro en nuestro ensayo, indica que esta especie presenta probablemente una arquitectura hidráulica con grandes vasos y amplios espacios intersticiales en la albura, típica de especies tolerantes a la sequía (Núñez-Colín et al., 2006).

Influencia de la ubicación del sensor de caudal de savia

La figura 2 muestra las tasas horaria de flujo de savia para las sondas situadas en la cara norte (SF_N y SF_S , respectivamente) del tronco. Es de destacar que el patrón diario de ambas fue similar durante todo el periodo de estudio, siguiendo igualmente la dinámica de la tasa de transpiración a escala del árbol (E_{ly}). No obstante, se observaron diferencias entre los valores absolutos proporcionados por las dos sondas, siendo la tasa horaria de la cara sur 35% superior a la medida en la cara norte. Se encontró un estrecha relación lineal ($SF_N = 1,35 SF_S + 0,2$, $R^2 = 0,95$) entre el flujo de savia medido en ambas orientaciones, lo que sugiere la influencia de la localización de la sonda en los valores de flujo de la savia del tronco.

Otros autores (Granier, 1987 y Fernández et al. 2006), han obtenido también mayores tasas de SF en sondas colocadas en la cara sur del tronco. Este comportamiento puede atribuirse (i) a valores más altos de área foliar en la cara sur que conllevan una mayor interceptación de radiación solar en esta parte del árbol y (ii) a una mayor densidad de vasos xilemáticos en la cara sur del tronco.

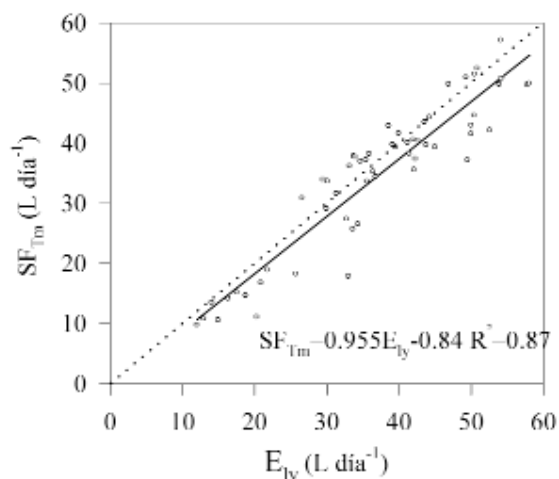


Figura.1. Relación entre el flujo de savia diario, SF_{Tm} (calculado empleando un ancho de herida de 3,4 mm) y la transpiración diaria E_{ly} (número de observaciones $n = 57$). La línea continua representa el ajuste lineal a la nube de puntos ($R^2 = 0.87$)

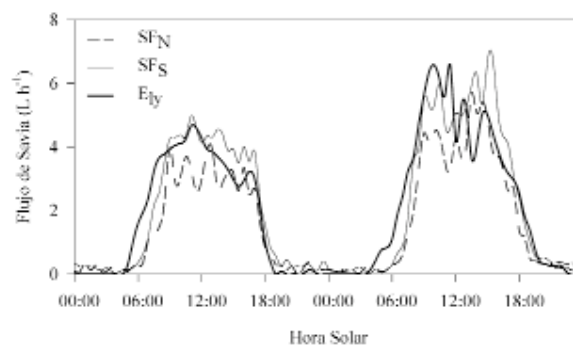


Figura. 2. Evolución de las tasas horarias de flujo de savia, determinadas por el método CPC con sensores colocados en la cara norte (SF_N) y sur (SF_S), y de la transpiración horaria lisimétrica (E_{ly}) durante los días 2-3 de Julio.

Respuesta a déficit de agua en el suelo

Los valores diarios de SF_N y SF_S registrados durante el mes de agosto disminuyeron progresivamente en respuesta al déficit de agua en el suelo debido a la supresión del riego (Figs. 3 y 4). Las tasas diarias de flujo de savia respondieron a la demanda climática, alcanzando valores máximos en los días de mayor demanda climática, tal y como se observa en los días con valores elevados de déficit de presión de vapor (DPV).

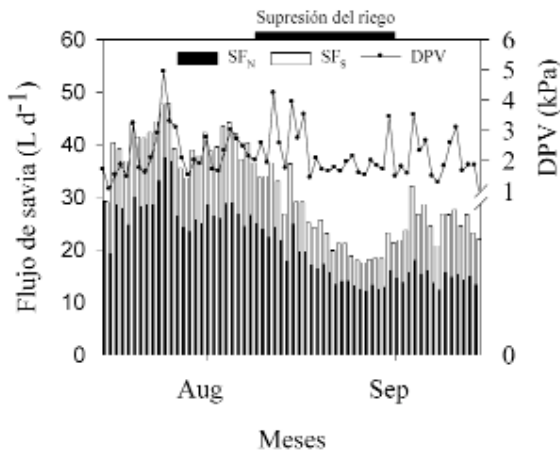


Figura 3. Evolución estacional de las tasas diaria de flujo de savia medidas con los sensores colocados en la cara norte (SF_N) y sur (SF_S) del tronco y valor diario máximo de DPV. La línea gruesa superior indica el periodo de supresión del riego.

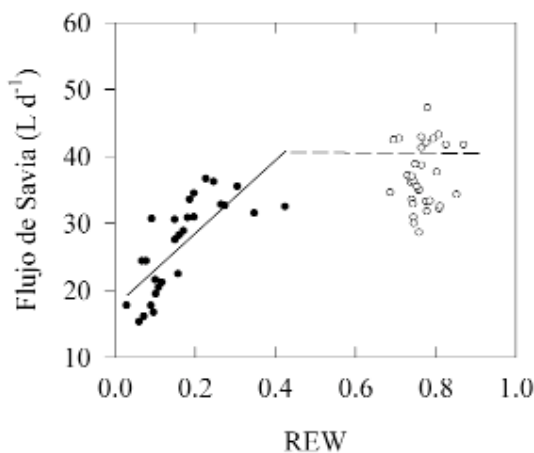


Figura 4. Relación entre el flujo de savia diario (SF_{Tm}), y la fracción de agua extraíble del suelo al alba, (REW), durante dos periodos, 100% de la ET_c (○) y supresión del riego (●).

3 Conclusiones

La estimación de la transpiración a partir de las medidas de flujo de la savia del tronco con el método de compensación de pulso de calor (CPC) requiere un alto valor de ancho de herida, lo que sugiere que el almendro es una especie con grandes vasos xilemáticos. Parece recomendable utilizar un mínimo de dos sensores por árbol, colocados en sentido opuesto para eliminar la asimetría en el flujo de savia total. Se puede concluir que, una vez calibrada, la técnica CPC es capaz de suministrar información precisa y detallada para el estudio de la dinámica a corto plazo del estado hídrico del almendro y su respuesta a factores abióticos desfavorables.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto Europeo IRIQUAL (EC, FP6-2004-FOOD-3B-C023120).

Referencias

- [1] Alarcón, J.J., R. Domingo, S.R. Green, E. Nicolás y A. Torrecillas. 2003. Estimation of hydraulic conductance within field-grown apricot using sap flow measurements. *Plant Soil* 251:125-135.
- [2] Cohen, Y., Fuchs, M. y Green, G.C. 1981. Improvement of the heat-pulse method for determining sap flow in trees. *Plant Cell Environ.* 4: 391-397.
- [3] Conejero, W., Alarcón, J.J., García-Orellana, Y., Nicolás, E. y Torrecillas, A. 2007. Evaluation of sap flow and trunk diameter sensors for irrigation scheduling in early maturing peach trees. *Tree Physiol.* 27: 1753-1759.
- [4] Fernández, J.E., Palomo, M.J., Díaz-Espejo, A., Clothier, B.E., Green, S.R., Giron, I.F. y Moreno, F. 2001. Heat-pulse measurements of sap flow in olives for automating irrigation: tests, root flow and diagnostics of water stress. *Agric. Water Manage.* 51:99-123.
- [5] Giorio, P. y G. Giorio. 2003. Sap flow of several olive trees estimated with the heat-pulse technique by continuous monitoring of a single gauge. *Environ. Exp. Bot.* 49:9-20.
- [6] Granier A (1987) Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. *Tree Physiol.* 3:309-320.
- [7] Green, S.R. y B.E. Clothier. 1988. Water use of kiwifruit vines and apple trees by the heat-pulse technique. *J. Exp. Bot.* 198:115-123.
- [8] Green, S.R., B.E. Clothier y B. Jardine. 2003. Theory and practical application of heat-pulse to measure sap flow. *Agron. J.* 95: 1371-1379.
- [9] Green, S.R., K.G. McNaughton y B.E. Clothier. 1989. Nocturnal water use by kiwifruit and apples. *Agric. Forest Meteor.* 48: 251-261
- [10] Marshall, D.C. 1958. Measurement of sap flow in conifers by heat transport. *Plant Physiology* 33:385-396
- [11] Nicolás, E., Torrecillas, A., Ortuño, M.F., Domingo, R. y Alarcón, J.J. 2005. Evaluation of transpiration in adult apricot trees from sap flow measurements. *Agric. Water Manage.* 72: 131-145.
- [12] Ortuño, M.F., Alarcón, J.J., Nicolás, E. y Torrecillas, A. 2004. Comparison of continuously recorded plant-based water stress indicators for young lemon trees. *Plant Soil* 267:263-270.