

Modificaciones inducidas por la instalación de sistemas abiertos sobre potencial hídrico del tallo y conductancia de hoja en vid y durazno

Induced Modifications by the Installation of Open Systems on Stem Water Potential and Leaf Conductance in Grapevine and Peach

Víctor Manuel Reyes-Salas^{1*}, Fabiola Aureoles-Rodríguez¹,
Juan José Galván-Luna¹, Joan Girona i Gomís², Jordi Marsal-Vila²

¹Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: vreyesal@hotmail.com (*Autor responsable). ²Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaria (IRTA), Área de Tecnología Frutícola, Centre UDL-RTA, Lleida, España

RESUMEN

Al estudiar la transpiración de árboles frutales en campo, a nivel de todo el árbol, es necesario considerar la utilización de sistemas abiertos para la estimación real de las tasas de transpiración que aporten información confiable de consumos de agua de forma similar a la que se obtendría con un lisímetro. El objetivo de este trabajo fue evaluar las modificaciones inducidas por la instalación de sistemas abiertos sobre el potencial hídrico del tallo y la conductancia de hoja en vid y durazno, y sobre la transpiración de árboles de durazno. Se utilizaron árboles de durazno (*Prunus persica* L. Batsch) cv. O Henry sobre patrón Montclar y plantas de vid (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) sobre portainjerto S04, las cuales se colocaron en sistemas abiertos, mientras que una tercera se dejó abierta al aire libre como testigo. Las variables evaluadas fueron: temperatura, conductancia estomática, potencial hídrico y transpiración. La temperatura en el interior de las cámaras fue consistentemente superior a las del ambiente externo. Los árboles de durazno colocados dentro de las cámaras presentaron un potencial hídrico del tallo más negativo que el testigo. La conductancia estomática de las plantas de vid que se colocaron en las cámaras fue mayor que en las plantas al aire libre. Se concluye que el emplazamiento de un sistema abierto, aumenta de forma importante la transpiración de las plantas que contiene. Posiblemente el aumento de la transpiración, detectada con el uso de un sistema abierto, pueda inducir un cierto nivel de estrés hídrico en el caso de plantas sensibles a la demanda evaporativa.

Palabras clave: *Prunus persica* L. Batsch, *Vitis vinifera* L., transpiración, lisímetro, estrés hídrico

ABSTRACT

By studying fruit tree transpiration in field-wide tree, it is necessary to consider the use of open systems for real estimate transpiration rates to provide reliable water consumption similar to that which would a lysimeter. The aim of this study was to evaluate the modifications induced by the installation of open systems on stem water potential and leaf conductance in vine and peach, and the peach tree transpiration. We used peach (*Prunus persica* L. Batsch) trees cv. O Henry on a rootstock Montclar and grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir) on S04 rootstock, which were placed in open systems, while a third was left open to air as a witness. The variables evaluated were: temperature, stomatal conductance, water potential and transpiration. The temperature inside the chamber was consistently superior to the external environment. Peach trees placed within chambers showed a stem water potential more negative than the control. Stomatal conductance of the vines were placed in the chambers showed higher values than outdoor plants. It is concluded that the location of an open system significantly increases the transpiration of the plants contained therein. Likely, the increase in transpiration, detected with the use of an open system can induce a certain level of water stress in the case of sensitive plants to evaporative demand.

Key words: *Prunus persica* L. Batsch, *Vitis vinifera* L., transpiration, lysimeter, water stress

Recibido: Diciembre, 2011 • Aprobado: Agosto, 2013

INTRODUCCIÓN

La necesidad de entender a fondo la transpiración de frutales en campo, a nivel de todo el árbol, ha provocado la evolución y mejora de la metodología utilizada por Heinicke y Childers (1937), quienes iniciaron los primeros trabajos sobre la colocación de un árbol frutal adulto en campo, en el interior de una cámara construida con materiales rígidos (micro invernadero).

En la actualidad, la aparición en el mercado de materiales más ligeros (plásticos transparentes en un 90% a la radiación fotosintéticamente activa), ha permitido diseñar sistemas abiertos fáciles de instalar y desinstalar, y que además, permiten la utilización de medidas de transpiración en campo a más bajo costo (Buwalda *et al.*, 1992; Corelli-Grappadelli y Magnanini, 1993).

Estos sistemas tienen ciertas ventajas: *a*) permiten hacer mediciones más precisas de la transpiración a nivel de todo el árbol; *b*) pueden adaptarse a tamaños muy diferentes de árboles; *c*) reducen las limitaciones que tienen las mediciones hechas a nivel de hoja. Sin embargo, presentan el inconveniente de modificar el ambiente (Long y Hällgren, 1985). En este sentido, uno de los factores ampliamente descrito y que ha merecido especial atención hasta el momento, es el efecto del incremento de la temperatura dentro de la cámara.

No obstante, la colocación de una barrera entre el árbol y el ambiente externo y la imposición de una ventilación agresiva para conseguir homogeneizar la difusión de gases dentro de la cámara, podría producir otro tipo de alteraciones. Por ejemplo, se podría afectar el espectro de radiación dentro de la cámara, y también se podrían incrementar, artificialmente, los niveles de transpiración de los árboles estudiados, e inducir algún tipo de estrés hídrico debido a la eliminación de la capa límite por el efecto de la ventilación y aumento de presión en el interior de la cámara.

Hasta el momento estos aspectos parecen haber sido pasados por alto y no están suficientemente estudiados. Parece por tanto necesario disponer de algún tipo de información que permita discutir la posibilidad de utilización de sistemas abiertos para la estimación real de tasas de transpiración, con el objetivo de aportar información fiable de consumos de agua de forma similar a la que se obtendría con un lisímetro.

El objetivo de este trabajo fue evaluar las modificaciones inducidas por la instalación de sistemas

abiertos sobre el potencial hídrico del tallo y la conductancia de hoja en vid y durazno (*Prunus persica* L. Batsch), y sobre la transpiración de árboles de durazno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en árboles de durazno de tres años de edad del cv. O Henry sobre un patrón Montclar plantados en contenedores de gran capacidad (120 L) y cultivados en condiciones de umbráculo, bajo malla sombra.

En vid, las pruebas se realizaron en los campos comerciales de las bodegas Raïmat, escogiendo dos cepas de 14 años del cv. Pinot Noir sobre portainjerto SO4, plantadas en campo a un marco de plantación de 1.70 x 3.10.

El riego tanto en durazno como en vid, se aplicó con el objetivo de mantener las plantas en condiciones de ausencia de estrés hídrico. Para el caso de la vid, la programación del riego se realizó de acuerdo con un protocolo para mantener la plantas bajo condiciones de no estrés hídrico, y según la metodología descrita por Girona *et al.* (2006). La cual consiste en mantener un valor de potencial de hoja (Ψ_h) superior a -0.8 MPa. Se realizaron dos mediciones por día del Ψ_h y se promediaron los dos valores, si los valores del Ψ_h sobrepasaban el límite fijado. El riego se aplicó mediante sistema por goteo utilizando dos emisores autocompensantes (2 L h⁻¹) por planta en un periodo de 3 a 4 h.

En durazno, el riego se programó para el mantenimiento de potenciales hídricos de tallo alrededor de -0.8 MPa. Este valor corresponde a lo descrito como condiciones de estado hídrico adecuadas para durazno (Shackel *et al.*, 1997). El riego se aplicó mediante sistema por goteo utilizando seis emisores autocompensantes (2 L h⁻¹) por árbol y aplicado el riego sobre una base diaria con un promedio de 15-20 min.

Para evaluar el efecto del sistema abierto sobre la transpiración del durazno se colocaron dos sistemas abiertos a dos de los tres árboles evaluados, mientras que el tercer árbol se dejó abierto al aire libre y sirvió como control. Todos los árboles estuvieron colocados sobre balanzas lisimétricas con plataformas de 80 x 80 cm utilizando células de carga de torsión (modelo Yide, Pesatge Industrial Aya S.L., Badalona, España) y conectadas a un registrador electrónico de datos (data logger) CR10X, Campbell Scientific, Ltd., Prosser, WA, USA) registrando los cambios

de peso con una precisión de ± 10 g cada 20 min. La superficie del sustrato del contenedor se cubrió con plástico negro para eliminar la componente de evaporación del suelo del consumo total de agua, de forma que los cambios de peso acontecidos en intervalos de tiempo específicos se atribuyeron en su totalidad a consumo por transpiración.

En un ciclo de 3 d adicionales se evaluó el efecto de reducir la velocidad de entrada del aire en la cámara de 2.5 a 1.5 m s⁻¹ durante un intervalo de 4 h al mediodía. Antes y después de este periodo la velocidad se mantuvo a 2.5 m s⁻¹.

En la vid se colocó un sistema abierto en una cepa y se comparó su comportamiento, con otra cepa contigua al aire libre a modo de testigo. Las evaluaciones se realizaron los días 5, 12 y 19 de agosto de 2004.

VARIABLES EVALUADAS

Temperatura. Las lecturas de la temperatura se realizaron con un termo-anemómetro (Modelo Testo 425; Testo, Lenzkirch, Germany) se tomaron mediciones de la temperatura en el interior de las cámaras de los sistemas abiertos tanto en vid como en durazno, así como en el exterior (temperatura ambiente), y éstas se realizaron cada 15 min en un lapso de 1 h y se promediaron para obtener una media horaria.

Conductancia estomática (g_s). Las mediciones de la conductancia estomática g_s se determinaron con un porómetro Steady State (LI-COR, modelo Li -1600, Lincoln, NE, USA). Dichas mediciones se realizaron sobre hojas maduras del tercio superior de ramas que se encontraban dentro de la cámara o en el exterior en el caso de plantas testigo. Las mediciones se realizaron en cinco hojas de cada planta (vid y durazno) y se promediaron para obtener la media de cada hora.

Potencial hídrico del tallo (Ψ_{tallo}). Se determinó mediante una cámara de presión (Soil Moisture Equipment, modelo 3005, CA, USA). Las determinaciones se realizaron sobre hojas que se encontraban en la zona más próxima al tallo principal, previamente embolsadas una hora antes de la lectura para asegurar un equilibrio en la hoja con el resto del árbol (Shackel *et al.*, 1997). Se realizaron dos lecturas por planta en cada una de las cepas y duraznos, y se compararon los valores promedio por planta entre las situaciones planta en el interior de la cámara y planta al aire libre. En durazno las medidas se realizaron en cuatro momentos del día (a las 6:00, 10:00,

11:00 y 16:00, hora solar) y en vid según un intervalo parecido (a las 7:00, 10:00, 11:00 y 14:00, hora solar).

Transpiración (T). Esta variable sólo se evaluó en el durazno y se calculó como la diferencia de peso en el momento inmediatamente anterior a la colocación del sistema abierto, y el posterior a la retirada del mismo del conjunto balanza-contenedor-planta. La prueba se repitió durante 3 d (23 y 29 de julio y 5 de agosto).

Los efectos de colocar el sistema abierto sobre la transpiración del durazno, se evaluaron comparando los cambios relativos en valores de transpiración respecto a los de los árboles testigo, y utilizando como referencia los valores relativos entre árboles con sistema abierto y árboles al aire libre, los días inmediatamente anteriores y posteriores a los de la colocación del sistema abierto.

La prueba del efecto de la velocidad de entrada del aire se realizó el 12 de agosto de 2004. En el último caso se compararon los efectos de reducir y recuperar la velocidad de 2.5 a 1.5 m s⁻¹ y viceversa con los valores de transpiración de otro durazno al que se le había mantenido constante la velocidad estándar (2.5 m s⁻¹).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura

En las evaluaciones que se realizaron en las cámaras colocadas en los duraznos, se observaron diferencias de temperatura entre el interior y el exterior de las cámaras. Las temperaturas en el interior de las cámaras fueron consistentemente superiores a las del ambiente externo. Las diferencias, aunque muy reducidas (inferiores a 1 °C) fueron apreciables desde el inicio del ciclo de medidas diurno. Las diferencias en promedios diarios se cifraron en 0.9, 1.3 y 1.4 °C superiores en el interior de la cámara durante la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente. En las evaluaciones realizadas en vid, las diferencias en temperatura entre el exterior y el interior de la cámara fueron también de poco más de un grado; las diferencias promedio diarias registradas fueron de 1.0, 1.3 y 1.2 °C en el primero, segundo y tercer día evaluado, respectivamente (Figura 1).

La introducción de un árbol entero en el interior de una gran bolsa de plástico traslúcida en la que todo su volumen es atravesado desde su extremo inferior a su extremo superior por aire forzado, a

priori' debería de producir una serie de alteraciones en el ambiente que rodea el árbol y que de hecho se han descrito en la literatura, al menos, en cuanto a temperatura. Por ejemplo, son de esperar incrementos de temperatura de hasta 2-3 °C en el interior de la bolsa (Miller *et al.*, 1996). En el caso de las comprobaciones realizadas en las dos especies (vid y durazno) los incrementos máximos de temperatura respecto al exterior no superaron nunca los 1.5 °C (Figura 1).

Potencial hídrico del tallo (Ψ_{tallo})

En las evaluaciones realizadas en los duraznos, se observó una tendencia clara en los árboles colocados dentro de la cámara a registrar valores de Ψ_{tallo} más negativos que los árboles expuestos al aire libre. Las diferencias diarias promedio entre las dos situaciones fueron de 0.21, 0.17 y 0.20 -MPa para el primero, segundo y tercer día evaluado, respectivamente. En las evaluaciones realizadas en vid se

obtuvieron tendencias muy similares a las observadas en durazno. Los valores de Ψ_{tallo} fueron más negativos en las cepas colocadas en el interior de las cámaras. Las diferencias diarias promedio fueron de 0.17, 0.21 y 0.20 -MPa más negativos en el interior de las cámaras durante el primero, segundo y tercer día de evaluación, respectivamente (Figura 2).

Sin embargo, y a pesar de lo reducido en los incrementos en temperatura, los valores de Ψ_{stem} descendieron de forma muy importante tanto en durazno como en vid (Figura 2). Aunque dichas reducciones en valor absoluto fueron similares entre ambas especies, la reducción en 0.2 MPa podrían tener una mayor implicación sobre el nivel de estrés inducido en la vid que en el caso del durazno. De hecho, en vid, pasar de valores de Ψ_{tallo} considerados como óptimos de -0.8 MPa (Ojeda *et al.*, 2002; Girona *et al.*, 2005), a valores de -1.0 MPa al mediodía, pueden llegar a representar una entrada a condiciones de estrés hídrico incipiente (Girona *et al.*, 2005).

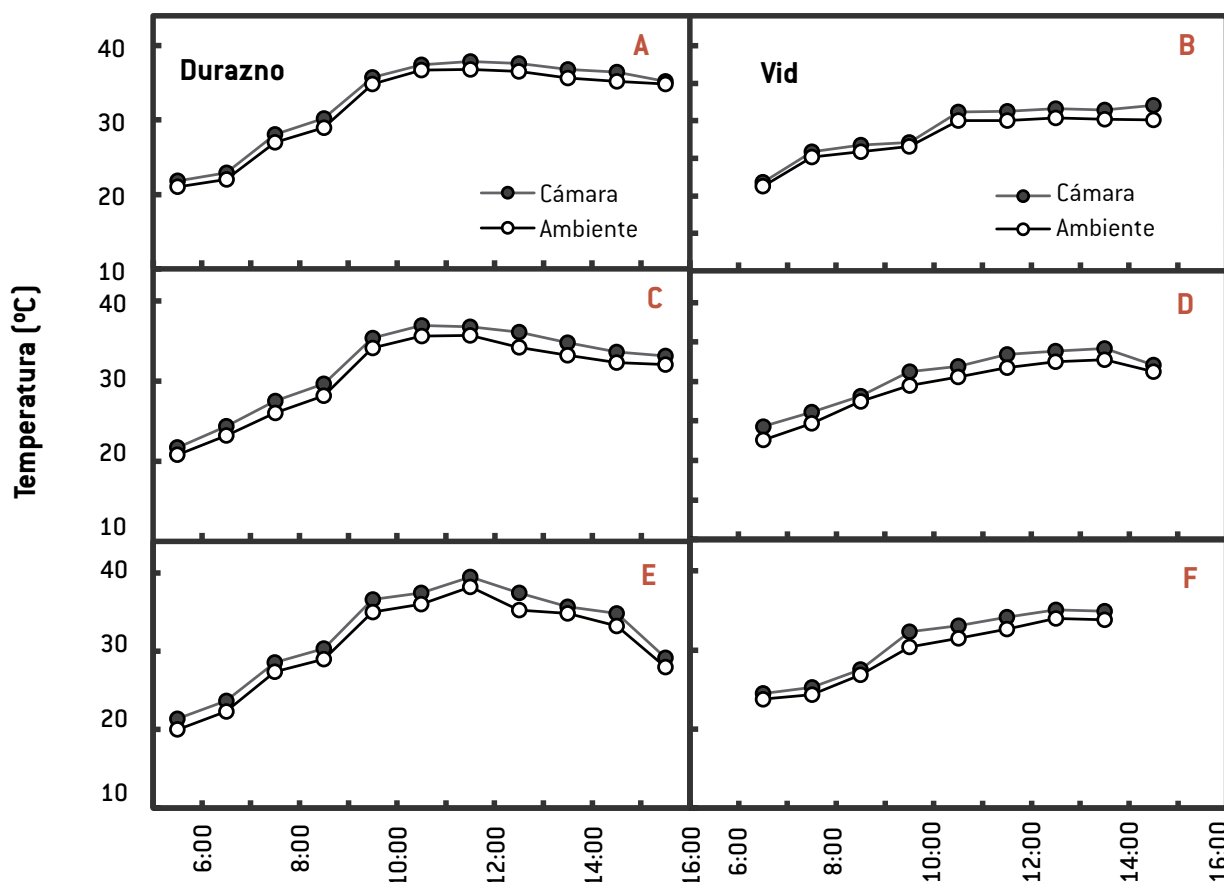


Figura 1. Evolución diaria de la temperatura ambiente y de la temperatura en el interior de la cámara del sistema abierto en durazno (A, C, E) y en vid (B, D, F) para los diferentes días de análisis.

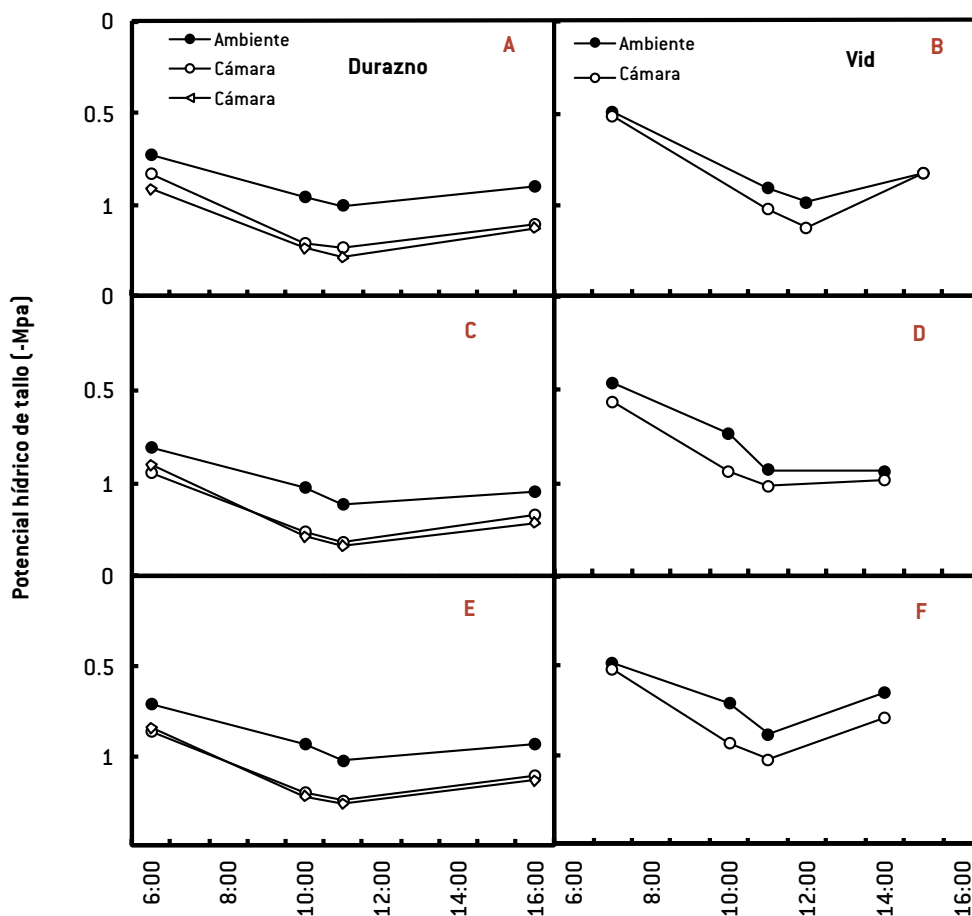


Figura 2. Evolución diurna del potencial hídrico de tallo (Ψ_{tallos}) en plantas expuestas al aire libre y plantas colocadas en el interior de las cámaras en tres días diferentes de análisis para durazno (A, C, E) y vid (B, D, F).

Conductancia estomática (g_s)

El efecto de colocar un árbol de durazno en el interior de una cámara de un sistema abierto, se tradujo en aumentos de g_s que se observaron de forma muy consistente y resultaron evidentes para cualquier día controlado y hora del día en cuestión. Las diferencias en g_s entre hojas de plantas del exterior y del interior de la cámara fueron de alrededor de $30 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ sobre la base de promedios diarios. En las evaluaciones en vid se encontraron tendencias similares a las del durazno. Las cepas a las que se le colocaron las cámaras mostraron valores más altos de g_s que las cepas al aire libre. Las diferencias entre las dos situaciones se observaron en un promedio total de $19 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Figura 3).

Por otro lado, si el emplazamiento de la bolsa de plástico pudo haber inducido algún estrés evidente en vid o en durazno, éste no se apreció con suficiente claridad a partir de los valores de g_s que por el con-

trario experimentaron incrementos de hasta un 9% en plantas funcionando con el sistema abierto (Figura 3).

Transpiración (T) en árboles de durazno

Las balanzas lisimétricas registraron las pérdidas de peso cada 15 min, y aportaron datos consistentes en cuanto a diferencias entre árboles durante los días anterior y posterior a los días de emplazamiento del sistema abierto. Durante el primer ciclo de medida (22 a 24 de julio) el árbol situado al aire libre (testigo) tendió a consumir más agua que cualquiera de los árboles que llevaron el sistema abierto durante el día intermedio. Resultados similares se encontraron en el segundo ciclo de medidas. Durante el día intermedio, quedó registrado a primera hora de la mañana en la forma de aumento de peso, el momento de la instalación del sistema abierto debido al apoyo del sistema sobre el conjunto balanza-contenedor. A

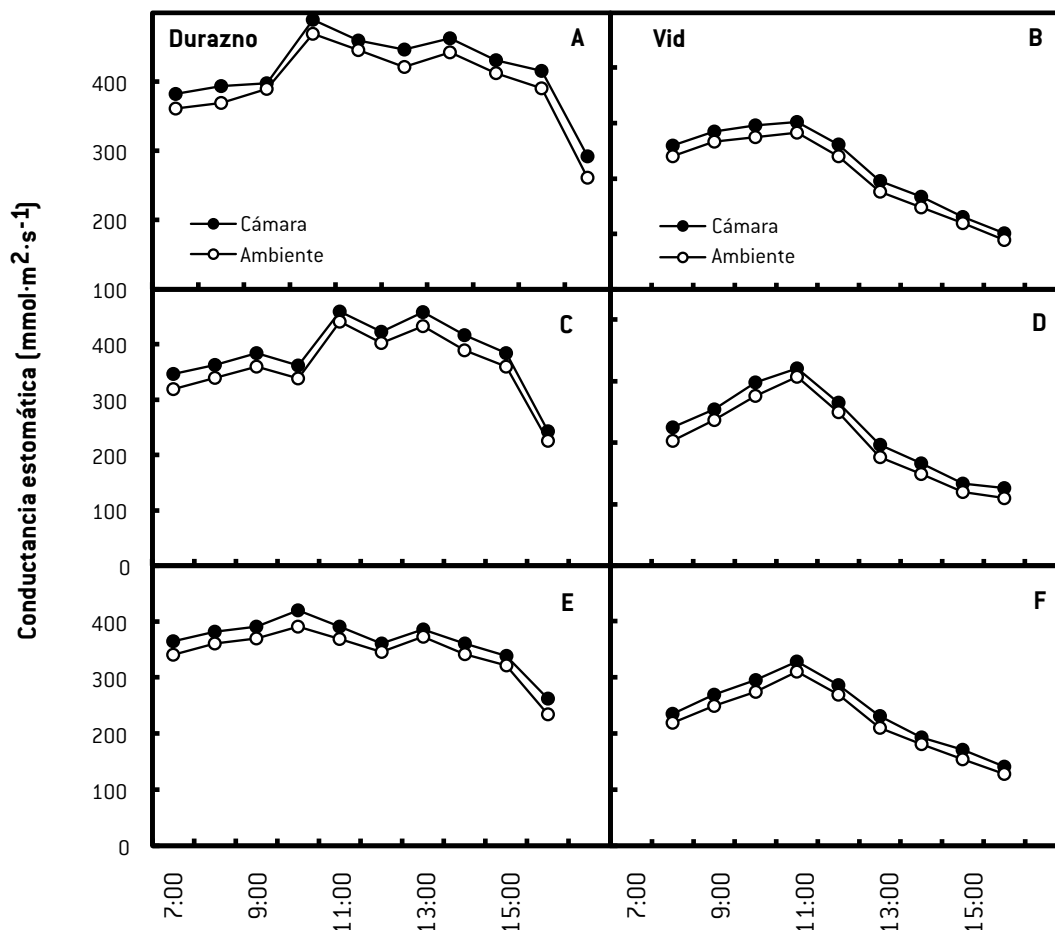


Figura 3. Evolución diurna de la conductancia de hoja [g_s] en plantas expuestas al aire libre y plantas colocados en el interior de las cámaras, en tres días diferentes de análisis para durazno (A, C, E) y vid (B, D, F).

partir de ese momento se observan las respuestas, en forma de pérdida de peso, a los tratamientos aplicados (Figura 4).

En general, las diferencias relativas en transpiración entre los dos árboles con el sistema abierto y al aire libre se mantuvieron de forma razonablemente constante entre el día antes, y el día después al emplazamiento de las cámaras.

El emplazamiento del sistema abierto respecto al día anterior, durante el primer ciclo, supuso un aumento en la transpiración promedio del 22%. En los dos ciclos consecutivos, los incrementos relativos supusieron un incremento de transpiración del 45 y 43%, segundo y tercer ciclo, respectivamente.

Congruente con los incrementos en g_s al introducir plantas enteras en un sistema abierto, fueron las evaluaciones de consumo de agua por transpiración en durazno. Los aumentos conjuntos de T y g_s han reforzado la idea de que el emplazamiento

de la cámara puede producir incrementos muy importantes en la transpiración relativa, respecto al árbol creciendo al aire libre, y que, de acuerdo con las estimaciones de este estudio pueden llegar a ser superiores de 22 a 45% (Cuadro 1).

Todo lo anterior parece indicar que el efecto del emplazamiento de la cámara y de la eliminación de la capa límite, por el aire circulando en su interior, ha inducido aumentos en la conductancia estomática, y como consecuencia de ello se ha alterado el equilibrio inicial entre suministro de agua a través de las raíces y el consumo desde la parte aérea, descendiendo consecuentemente los valores de Ψ_{tallo} , ya que los descensos en Ψ_{tallo} no han sido correlacionados con descensos en g_s .

Por todo ello queda la duda de si estos descensos en Ψ_{tallo} son indicativos de estrés hídrico real o tan solo muestran el efecto de un desequilibrio en el balance hídrico de la planta.

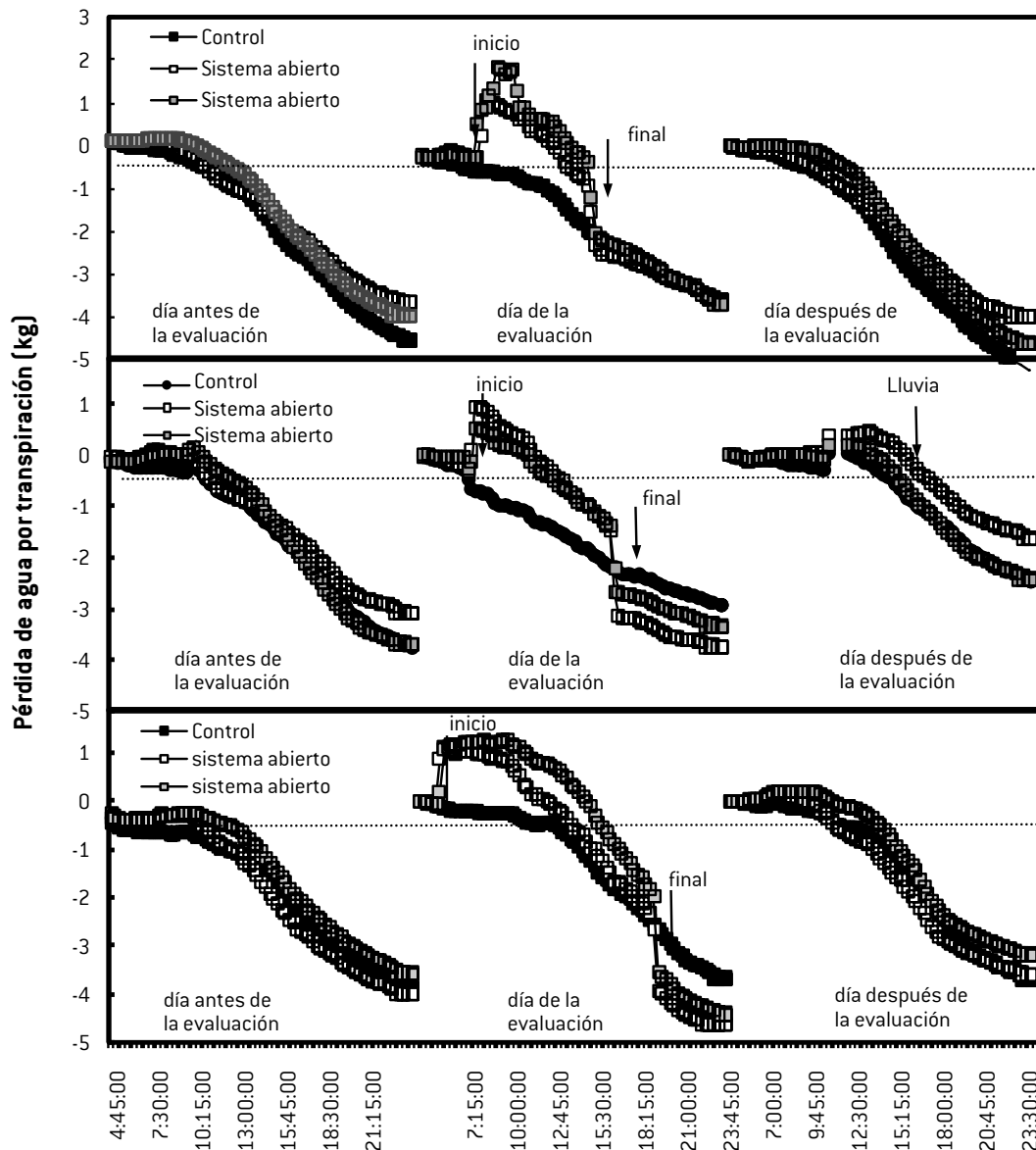


Figura 4. Evolución diaria de la transpiración (T) en dos árboles de durazno en sistemas abiertos, colocados en el interior de las cámaras y un árbol testigo sin cámara. Los indicativos “inicio” y “final” señalan el momento de instalación y desinstalación de los sistemas abiertos.

Transpiración (T) en árboles de durazno

El día anterior a la evaluación con el sistema abierto se apreció una tendencia en el árbol al aire libre y el árbol con velocidad de aire de 2.5 m s^{-1} a consumir agua de forma parecida, mientras que el árbol con velocidad de aire de $2.5\text{-}1.5 \text{ m s}^{-1}$ lo consumió un 19% más que el árbol al aire libre. Sin embargo, dichas proporciones no se mantuvieron el día después de la evaluación, ya que el árbol al aire libre consumió de 17 a 26% más agua que cualquiera de los demás árboles (Cuadro 2). El día de la evaluación, y con la instalación del sistema abierto, fue necesario

un periodo de transición de hora y media para que los valores de pérdida de peso empezaran a marcar un consumo de agua evidente (Figura 5).

En el análisis diario correspondiente al día de evaluación, el árbol con velocidad variable de $2.5\text{-}1.5 \text{ m s}^{-1}$ antes de la reducción de la velocidad del flujo de aire a 1.5 m s^{-1} , presentó valores de consumo de agua por transpiración superiores a los mostrados por el árbol a velocidad constante 2.5 m s^{-1} , tal y como sucedió el día anterior al de evaluación (Cuadro 2). Sin embargo, con la reducción de la velocidad de 2.5 a 1.5 m s^{-1} , los consumos del árbol con velocidad

Cuadro 1. Consumo de agua por transpiración en árboles de durazno en respuesta a la alteración por la instalación de dos sistemas abiertos considerando las diferencias relativas entre árboles del día antes, del día de colocación del sistema abierto y del día después de la evaluación.

Ciclo	Tratamiento	Consumo por transpiración					
		Día antes		Día evaluación ²		Día después	
		L h-1	Dif' (%)	L h-1	Dif (%)	L h-1	Dif (%)
Primero							
22 a 24 julio	Árbol aire libre	0.25	100	0.33	100	0.28	100
	Árbol cámara ¹	0.20	80	0.31	94	0.22	79
	Árbol cámara ²	0.22	88	0.39	118	0.25	89
	Promedio efecto cámara ^x		84		106		84
Segundo							
29 a 31 julio	Árbol aire libre	0.20	100	0.19	100	0.13	100
	Árbol cámara ¹	0.17	85	0.29	153	0.09	69
	Árbol cámara ²	0.20	100	0.23	121	0.13	100
	Promedio efecto cámara		92		137		85
Tercero							
4 a 6 agosto	Árbol aire libre	0.21	100	0.25	100	0.20	100
	Árbol cámara ¹	0.19	90	0.35	140	0.20	100
	Árbol cámara ²	0.22	104	0.35	140	0.17	85
	Promedio efecto cámara		97		140		93

² Cálculo de la transpiración durante el periodo de funcionamiento del sistema abierto sin incluir los momentos inestables de cambio de peso durante la colocación y desinstalación del sistema abierto. ^yDif = 100*(árbol cámara / árbol aire libre). ^x Promedio efecto cámara = (árbol cámara¹ + árbol cámara²)/2.

variable se redujeron en comparación a los observados en el árbol con velocidad constante a 2.5 m s⁻¹. De forma congruente, con el retorno de la velocidad de 1.5 a 2.5 m s⁻¹ el árbol con velocidad variable tendió a incrementar los valores de consumo de agua comparado con el árbol de velocidad constante a 2.5 m s⁻¹ (Figura 6).

El mantener la velocidad del aire a 2.5 m s⁻¹ suponía un índice de renovación del aire dentro de la cámara (volumen de 3.7 m³) de 1.3 veces por minuto mientras al reducir la velocidad a 1.5 m s⁻¹ esto suponía un índice de renovación de 0.7 veces por minuto.

No obstante, el árbol que sufrió el cambio de velocidad de flujo experimentó un descenso relativo, entre el día antes y después de la evaluación, muy importante en transpiración (de 119 a 74%) (Cuadro 2).

El suministro de un flujo constante de aire a una velocidad de 2.5 m s⁻¹ suponía un índice de

renovación en promedio de 1.3 veces cada minuto, mientras que al reducirlo a una velocidad de 1.5 m s⁻¹ el índice de renovación se reducía a 0.7.

La prueba de disminuir el flujo de aire a la entrada en cámara de 2.5 a 1.5 m s⁻¹ durante unas 4 h se realizó con el objetivo de comprobar si reduciendo el flujo de aire se podría reducir la inducción a un mayor consumo de agua. Aunque esta prueba se realizó solamente durante un día, los resultados parecieron indicar de forma consistente, mediante la comparación de los consumos antes y después de la reducción de la velocidad del flujo, que los consumos relativos (respecto a un árbol con sistema abierto a velocidad constante a 2.5 m s⁻¹) disminuyeron con la reducción de la velocidad del flujo de aire a la entrada (Figura 6).

Las condiciones experimentales ligadas al emplazamiento de sistemas abiertos durante un plazo corto de tiempo hacen difícil el controlar parámetros

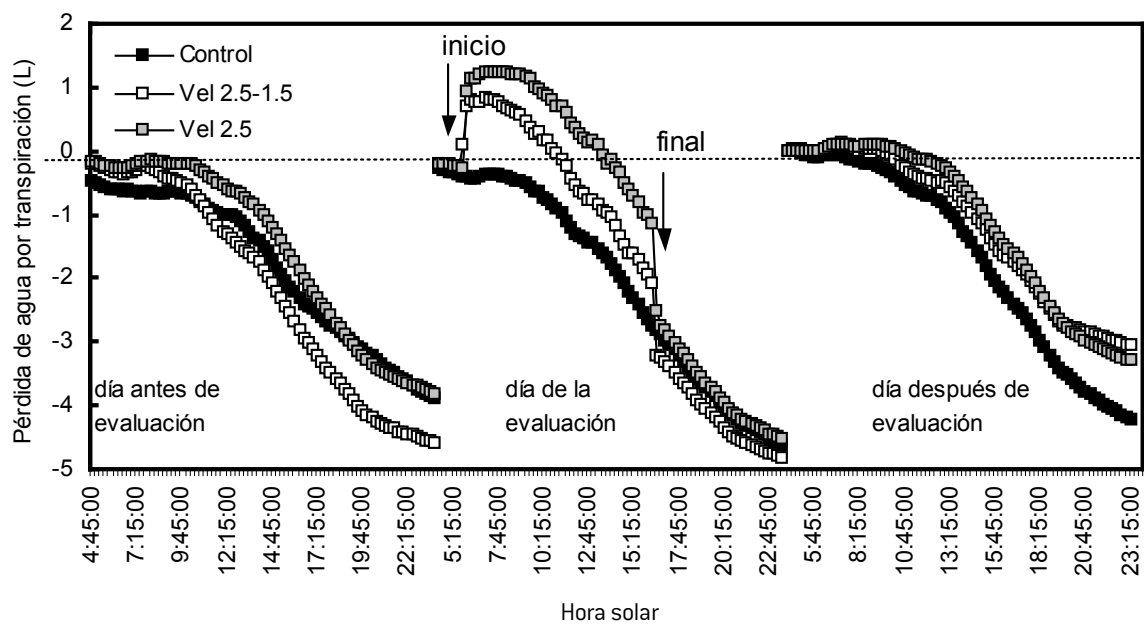


Figura 5. Evolución diaria de la pérdida de agua por transpiración, en durazno, en respuesta a cambios en la velocidad de flujo de aire a la entrada en cámara comparando dos sistemas abiertos (árbol con velocidad constante a 2.5 m s^{-1} "Vel-2.5" y árbol con velocidad variable "Vel 2 0.5-1.5") el consumo de un árbol al aire libre (Testigo). Los indicativos en el gráfico "inicio" y "final" señalan el momento de instalación y desinstalación de los sistemas abiertos.

Cuadro 2. Consumo de agua por transpiración en respuesta a cambios en la velocidad de flujo de aire a la entrada en cámara en durazno comparando dos sistemas abiertos y considerando las diferencias relativas entre árboles el día antes y el día de colocación del sistema abierto y el día después de la evaluación.

Ciclo	Tratamiento	Consumo por transpiración					
		Día antes		Día evaluación ²		Día después	
		L h-1	Dif' (%)	L h-1	Dif (%)	L h-1	Dif (%)
Periodo del 11 al 13 de agosto	Árbol aire libre	0.21	100	0.34	100	0.23	100
	Árbol con velocidad de aire de 2.5 m s^{-1}	0.21	100	0.35	103	0.19	83
	Árbol con velocidad de aire de $2.5-1.5 \text{ m s}^{-1}$	0.25	119	0.39	115	0.17	74

² Cálculo de la transpiración incluye solamente el periodo de funcionamiento del sistema abierto eliminando el ruido inicial introducido por la instalación del sistema. En el caso del árbol con velocidad de aire de $2.5-1.5 \text{ m s}^{-1}$ incluye ambos periodos con velocidades diferentes.

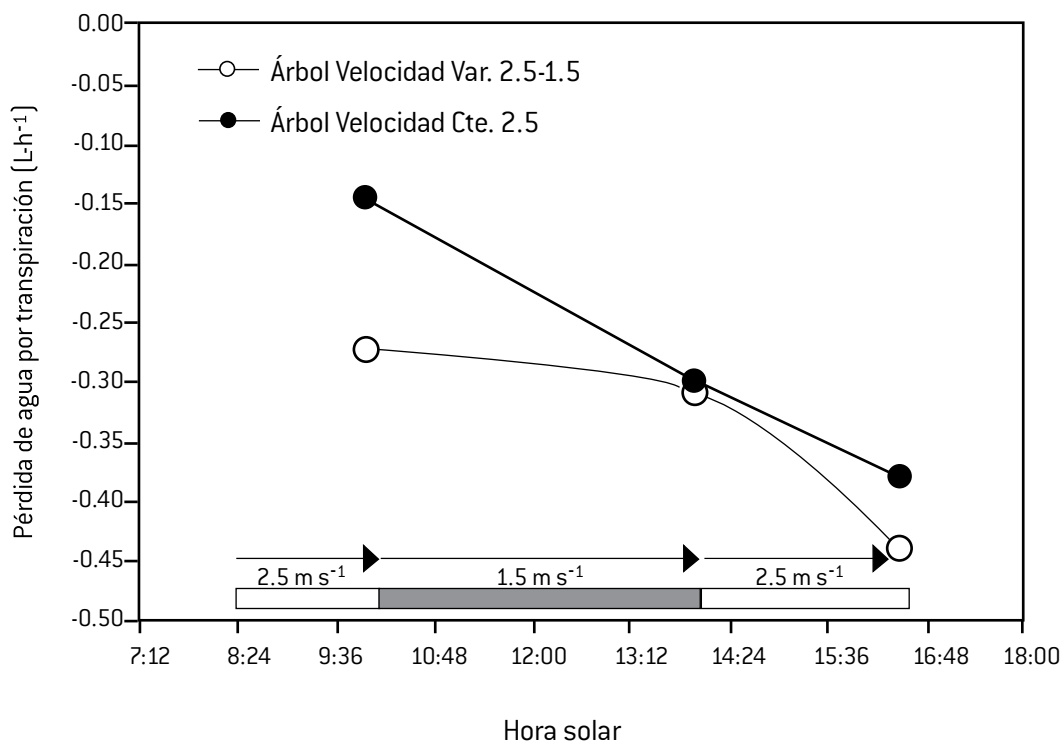


Figura 6. Evolución diaria de la pérdida de agua por transpiración en duraznos en respuesta a cambios en la velocidad de flujo de aire a la entrada en cámara comparando dos sistemas abiertos (sistema en árbol con velocidad constante a 2.5 ms^{-1} "Vel-2.5" y sistema en árbol con velocidad variable de $2.5\text{-}1.5\text{-}2.5 \text{ ms}^{-1}$ "Vel 2.5-1.5").

de crecimiento que pudieran ser útiles para indicar algún signo de estrés hídrico. Sin embargo, parece haber una tendencia a la reducción de los consumos relativos por transpiración respecto al árbol situado siempre al aire libre, algunos días después de retirar la cámara de los árboles estudiados (Figura 7). Esta tendencia a la reducción de transpiración podría ser debida a que el aumento en consumo de agua por el emplazamiento de la cámara puede haber inducido algún tipo de déficit hídrico quizás, por una insuficiente restitución de agua de riego en el contenedor. A pesar de todo ello, la existencia de esta tendencia podría no ser un factor determinante para dictaminar la posible inducción al estrés hídrico derivada del emplazamiento de un sistema abierto en un árbol entero, ya que ello puede ser debido, tan solo, a un factor transitorio de aclimatación al volver este árbol otra vez al aire libre.

No se dispone de una explicación clara del porqué esta inhibición sucedió de forma tan clara en el árbol de velocidad variable, pero ello pudiera haber sido debido a un incremento acusado de la temperatura como consecuencia de reducirse la circu-

lación del aire en el interior de la cámara. Desafortunadamente, para este día no se controlaron las temperaturas del aire en el interior de la misma.

CONCLUSIONES

El emplazamiento de un sistema abierto aumenta de forma importante la transpiración de las plantas que contiene. El aumento en la transpiración parece ir ligado a la alteración inducida por la entrada de aire forzado en el interior de la cámara y por el ligero aumento de temperatura en su interior. No se puede descartar que el aumento en transpiración detectado con el uso de un sistema abierto pueda inducir un cierto nivel de estrés hídrico en el caso de plantas sensibles a la demanda evaporativa.

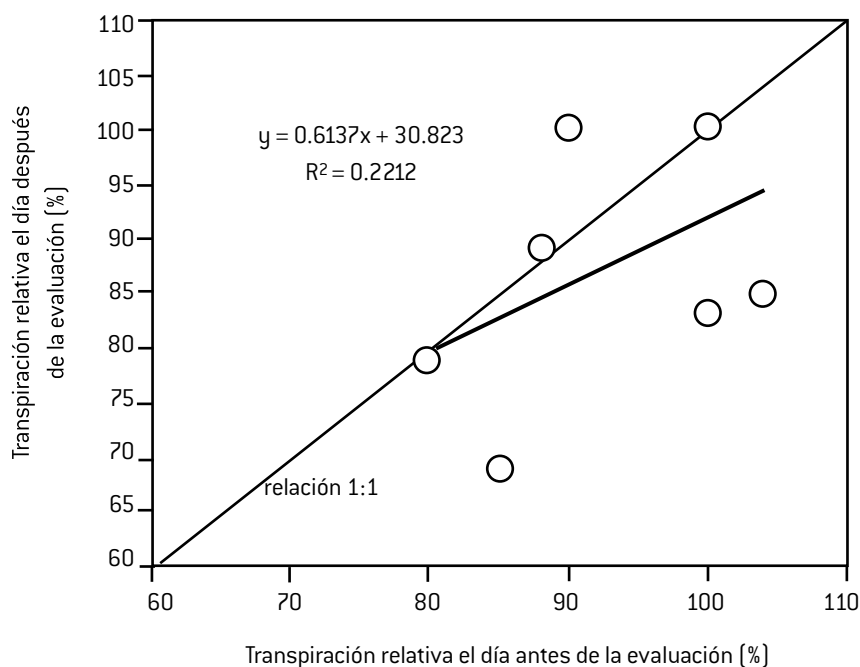


Figura 7. Relación de la pérdida de agua por transpiración en relación al árbol testigo entre el día antes y después del emplazamiento de sistemas abiertos en durazno. En la relación se consideran solamente observaciones obtenidas de sistemas abiertos funcionando a velocidad constante de 2.5 m s^{-1} .

LITERATURA CITADA

- BUWALDA, J.G., T.G.A. Green, J.S. Meekings, and D.J. Coneybear. 1992. Measurements of canopy gas exchange of kiwi fruit vines using a suite of whole-canopy cuvettes. *Environ. Expt. Bot.* 4: 425-438.
- CORELLI-Grappadelli, L., y E. Magnanini. 1993. A whole tree system for gas exchange studies. *HortScience* 28: 41-45.
- GIRONA, J., M. Mata, A. Vall-Llebrada, V. Carrasco, J. Marsal. 2005. Respuesta del crecimiento vegetativo y productivo en duraznos (*Prunus persica* L. Batsch) sometidos a diferentes estrategias de riego deficitario controlado. XIII Jornadas Técnicas Sobre Riegos Tene-rife.
- GIRONA, J., M. Mata, J. del Campo, A. Arbonés, E. Bartra, J. Marsal. 2006. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards. *Irrig. Sci.* 24: 115-127.
- HEINICKE, A.J., and N.F. Childers. 1937. The daily rate of photosynthesis, during the growing season of 1935, of a young apple tree of bearing age. *Cornell Univ. Exp. Sta. Mem.* 201. New York. EE. VV.
- LONG, S.P. and J-E. Hällgren. 1985. Measurement of CO_2 assimilation by plants in the field and the laboratory. In: J. Coombs, D.O. Hall, S.P. Long y J.M. O Scurlock eds, *Techniques in Bioproductivity and Photosynthesis*. 2nd Edition. Pergamon Press: 62-94.
- MILLER, D.P., G.S. Howell and J.A. Flore. 1996. A whole-plant, open gas-exchange system for measuring net photosynthesis of potted woody plants. *Hort Science* 31(6): 944-946.
- OJEDA, H., C. Andary, E. Kraeva, A. Carbonneau and A. Deloire. 2002. Influence of Pre- and Postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *Am. J. Enol. Vitic.* 53(4): 261-267.
- SAHACKEL, K.A., H. Ahmadi, W. Biasi, R. Buchner, D.A. Goldhamer, S. Gurusingham, J. Hasey, D. Kester, B. Kruger, F. Lampine, G. McGourty, W. Micke, E. Mitcham, B. Olson, K. Pelletrany, H. Philips, D. Ramos, L. Schwankl, S. Sibbet, R. Snyder, S. Southwick, M. Stevenson, M. Thorpe, S. Weinbaum and J. Yaeger. 1997. Plant Water estatus as an index of irrigation needs in deciduous fruit trees. *HortTechnology* 7(1): 23-28.